

SATINIT

Antonio Bernardon - LU4AKC - Octubre 93/Octubre 95

Esta versión de SATINIT es una versión compactada. Es una revisión que reúne partes de versiones anteriores del SATINIT 2.49 y del SATINIT 2.5 E, que hasta la fecha se encuentra detenido al final del capítulo 3... Es por eso que aquí solo se dará el contenido de los capítulos seleccionados como figuran en el índice. Se han modificado algunos textos del capítulo 3 para hacerlos más entendibles, especialmente sobre lo referido a modulación de fase y algo sobre FM compatible

INTRODUCCION

La aparición de SATINIT en 1993 se debió a la necesidad de entregar un resumen de informaciones sobre satélites como para interesar a alumnos de escuelas técnicas de Buenos Aires. Este resumen debería ser fácilmente copiable y distribuido entre los alumnos por lo que pensé que el mejor medio era aprovechar el espacio libre que quedaba en el disquete del programa de rastreo SATAR2 que debía ser la parte práctica más llamativa e interesante sobre el uso de los satélites. Las primeras versiones resultaron breves pero un poco desordenadas, y mostraron que hacía falta algo más. Le siguieron estas nuevas versiones con mejoras en la información, y correcciones necesarias, donde los temas son tratados a un nivel de información razonable como para inducir al lector a un estudio más detallado.

En SATINIT se incorporan textos sobre satélites o temas relacionados difundidos por la red de packet... Su inclusión requiere que tales escritos sean interesantes y lo suficientemente breves como para formar parte de un capítulo SATINIT. Los artículos se agregaron tal cual han sido difundidos y con las identificaciones dadas por sus autores o sus traductores.. Toda otra redacción es mi trabajo personal que constituye la mayor parte de SATINIT y no indica origen pues resulta de la elaboración de lecturas de libros tales como el HANDBOOK de ARRL(1991) SATELITES y SATELITES2 de Carlos Huertas (editorial HASA), THE WEATHER SATELLITE HANDBOOK de Ralph Taggard (edición ARRL), RADIOTRANSMISORES (Gray & Graham), y revistas como ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES (de edición argentina), NUEVA ELECTRONICA (edición española), y muchas revistas de electrónica. No desmerezco mi propia experiencia en radiocomunicaciones y con transmisores de broadcasting de radio y TV, y también con los de radioaficionado. Una parte importante de mi formación en satélites la debo al curso dictado por AMSAT ARGENTINA en 1991....

Dejo en claro mi total independencia con respecto a los autores, editoriales, y de AMSAT ARGENTINA, en cuanto a la redacción o conceptos vertidos en SATINIT...

Si el lector recién se inicia, hallará menciones a programas o métodos que no conoce. No se desanime, con el tiempo esta información le resultará más clara. Para los más experimentados tendrá la utilidad de ahorrarles respuestas, cuando alguien recién interesado les pida una explicación global sobre los satélites..

Antonio Bernardon, LU4AKC -- 1995

Los textos están redactados con vocales acentuadas y algunos símbolos gráficos. Si su computadora no los reproduce correctamente suele ser porque en ella se ha definido un "código de página" diferente. SATINIT está escrito con código de página 437; el código 850, que es muy parecido, le dará algunas diferencias. Ase-sórese para cambiarlo, por lo menos mientras lee o imprime los textos SATINIT.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1

Generalidades sobre satélites

¿Ciencia Ficción?

Como se ponen en órbita los satélites de aficionados

La organización AMSAT

¿En órbita!

Las órbitas satelitales

Órbita ecuatorial y órbita geosincrónica

Órbita polar circular y órbita solsincrónica

Órbita polar elíptica

El Drag Factor o el Decay Rate

Velocidad y altura de órbita. ¿Una contradicción?

Altura y área de cubrimiento

Orientación y rotación del satélite

Duración de un satélite. La radiación en el espacio

Satélites que se ven desde tierra

Satélites de Radioaficionados. Satélites Oficiales, Tripulados, etc.

CAPITULO 2

El rastreo satelital

Elementos Keplerianos

Comprendiendo los parámetros satelitales

Elementos keplerianos en formato NASA

Formato AMSAT

Sobre el Epoch Time

Programas de rastreo satelital. EDNTRACK: Versión Basic

Otros programas de rastreo

CAPITULO 3a
Radiocomunicaciones
Ondas Radioeléctricas. Clasificación
Comunicaciones satelitales
El efecto Doppler en las comunicaciones
Modos de Transmisión y de Comunicación
Transmisión en CW, AM y BLU
Modulación de Frecuencia
Bandas laterales de la FM
Modulación de Fase
La modulación de fase y su FM
La FM compatible. Diferencias

CAPITULO 3b
Moduladores de FM
Nociones básicas de Ecualización
Esquemas de equipos de FM (explicados)

CAPITULO 3c
Televisión por FM
Gráficos del Espectro de FM
Otros usos de la FM
Uso de Subportadoras y de Tono Lateral
Modos de Frecuencias
Tipos de comunicación por satélites
Packet. El correo espacial por Packet
Transmisión originada por el satélite
Packet tipo Broadcasting
Comunicación por Transponder satelital
Corrección del efecto Doppler en Transponders

CAPITULO 4
Sin permiso ni Licencia
Telemetría de satélites
La tierra desde el cielo
Meteorológicos polares captados en enero de 1994
Sobre recepción WEFAX de satélites meteorológicos
Sistemas receptores de WEFAX

CAPITULO 5
Transmisión de datos.
Modos Asincrónico y Sincrónico
Códigos para Packet. La componente continua
Filtros FIR
FSK y AFSK
Manchester y Manchester 2
Scrambler y Descrambler
9600 bits/seg FSK en FM
PSK, BPSK o 2PSK
QPSK y QAM
DPSK
Filtrado Pasabanda y Pasabajos
Frecuencias usadas para Multifase
La Terminal y el TNC
La computadora como Terminal y TNC

CAPITULO 6
El equipo necesario
Algunos precios
Sobre construcción de equipos
Modificación de equipos comerciales
Otras partes del equipo

CAPITULO 7
Trabajando con satélites
Sobre RS-10 a RS-13
Tabla de frecuencias de RS-10/11
Tabla de frecuencias de RS-12/13
Preparativos
Grabando
Decodificando lo grabado con el HAMCOMM
La telemetría de RS-10/11
Usando los transponders y el Robot
Comunicación con los Robots de RS-10 a RS-13
Comunicando con otros Radioaficionados
Uso de los transponders de RS-10 en modo A
Comentario sobre tarjetas confirmatorias
Final de la práctica

CAPITULO 8
Datos de otros satélites
Muestras de otras Telemetrías
El proyecto del LUSAT-1 (sus módulos y funciones)
Actualidad del LUSAT-1
Comunicando con los PACSAT
Aprender, siempre aprender
Información del Radioclub MORON

FIN DEL INDICE

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE SATELITES

Los satélites destinados al uso por radioaficionados existen desde la década de 1960; los primeros funcionaron días, los actuales duran años. Desde enero de 1990 giran en torno a la Tierra: el satélite argentino LO-19, conocido por nosotros como LUSAT-1, acompañado por el satélite brasileño DO-17 o DOVE (que habla hacia la Tierra y sus palabras se oyen con un simple transceptor de mano) junto con otros 4 satélites que fueron lanzados en ese momento por el mismo lanzador.

Estos satélites fueron puestos en órbita por la Agencia Espacial Europea con un cohete ARIANE, en la inolvidable medianoche del 21 al 22 de enero de 1990 en la que todos seguimos las alternativas del lanzamiento pegados a los receptores. Fue muy emocionante cuando, en la primer pasada del LUSAT-1, viniendo desde el sur de ARGENTINA, un radioaficionado, tal vez cruzando los dedos, le envió las órdenes desde tierra para que, allá arriba, conecte los equipos que permitirían el uso por todos nosotros... El "pipiripipí" de su baliza en código Morse fue la música celestial que todos esperábamos y nos comenzó a llegar, transmitiéndonos la perfecta salud de sus equipos de a bordo, energía de sus paneles solares, potencia de sus transmisores, carga de sus baterías, temperaturas internas, etc.

El LUSAT-1, el DOVE y sus similares, son pequeños cubos de aluminio de solo 23 cm de lado equipados para radiocomunicaciones. Particulares como usted y yo en todo el mundo, desde instituciones poco conocidas, consiguen día a día poner en órbita más y más de estos ingeniosos dispositivos, cada uno de ellos dedicado a las comunicaciones o al estudio técnico de variadas disciplinas científicas; algunos toman imágenes de tierra, otros como el LUSAT-1, llevan comunicaciones digitales escritas por computadoras (en el sistema PACKET), hacia y desde todas partes del planeta. El LUSAT-1 trabaja como BUZON en órbita que carga mensajes al pasar por un país, mensajes que luego podrán bajarse desde el otro lado del mundo desde donde subirán la respuesta para ser leída por el primero, etc, etc.

¿ CIENCIA FICCION ?

La falta de interés de la juventud técnica del país parece radicar en que la ciencia ficción ha hecho pensar que para comunicaciones espaciales hacen falta sofisticados equipos y estaciones rastreadoras para seguir los satélites. Todo esto es falso. Esas gigantescas parábolas de las series televisivas obedecen al uso de frecuencias especiales de microrondas. Si en cambio utilizamos frecuencias bajas de radioaficionados deberemos usar justamente antenas que corresponden a esas frecuencias. Los techos de Buenos Aires están llenos de antenas trabajando con satélites y ni siquiera se diferencian de las de comunicaciones terrestres! Y los equipos de comunicaciones de los aficionados son muy pequeños y consumen como un televisor moderno y sólo cuando transmiten brevemente, ya que en recepción el consumo es insignificante. Por su tamaño cabrían sobre la mesita de luz.

En cuanto al rastreo o al conocimiento de cuándo y por donde pasará un satélite, se realiza por computadora, con un simple disquete de distribución gratuita como el que se deja de muestra con esta nota. No hay nada secreto o prohibido en el rastreo de TODOS los satélites que existen. Aún más, los datos de actualización de órbitas son difundidos por las Agencias Espaciales. Nosotros utilizamos habitualmente los de la NASA de Estados Unidos que a su vez los obtiene del NORAD, organismo de alerta temprana de presencia de objetos espaciales.

Otras de las ficciones es que para poner satélites en órbita se necesitan millones de dólares. Esto es verdad para los grandes satélites geoestacionarios de comunicaciones pero no lo es para pequeños y livianos satélites de aficionados que giran de polo a polo de la tierra. Aquí el ingenio y las ganas de hacer las cosas solucionan casi todos los problemas como se indica a continuación.

COMO SE PONEN EN ORBITA LOS SATELITES DE AFICIONADOS

Las Agencias Espaciales (NASA, ESA (europea), o la japonesa) construyen lanzadores espaciales o cohetes para pesos fijos. Así tienen cohetes para cargas de hasta 1000 Kg, luego otro para carga útil de hasta 2000 Kgs, otro mayor para hasta 3000 Kgs, etc. Estos cohetes están perfectamente estudiados y balanceados y NO FUNCIONARÁN BIEN con cargas diferentes. Por eso es que cuando, por ejemplo, un consorcio de comunicaciones contrata la puesta en órbita de un satélite de comunicaciones que pesa 1800 Kgs, usarán el lanzador de 2000 Kgs y los 200 Kgs faltantes serán compensados con peso inútil o de lastre.

Aquí es donde intervino la "diplomacia" de las agrupaciones de aficionados, solicitando que se les permitiera usar como lastre útil alguno de los satélites que ahora giran alrededor del globo terrestre. Las Agencias han aceptado siempre tales requerimientos a condición de que estos satélites sirvan para la enseñanza y el desarrollo de estudios técnicos relacionados, y de que se paguen los gastos extras que determinarán su inclusión en el proyecto, controles de calidad y seguridad, etc. Además los aficionados utilizan los laboratorios espaciales para probar en la NASA por ejemplo, la resistencia de los circuitos electrónicos a las vibraciones del lanzamiento y a las temperaturas espaciales, radiaciones, etc. Estos gastos de miles de dólares, incluyendo los materiales especiales para uso satelital, son otra de las tareas de la "diplomacia" de los grupos de aficionados que tratan de interesar a empresas y comerciantes pudientes.

LA ORGANIZACION AMSAT

Este trabajo diplomático y de búsqueda de recursos para lanzar satélites se inició en los Estados Unidos desde hace muchísimos años... Un grupo de aficionados trabajó duramente para poner en órbita los satélites OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) y finalmente crearon a AMSAT (Amateur Satellite) en 1969. En ARGENTINA también se trabajaba con interés en los satélites formando un "Club del Satélite" que posteriormente se constituyó en AMSAT ARGENTINA. Y así ocurre en otras partes del mundo formándose clubes o agrupaciones que terminan asociándose.

dose bajo el nombre AMSAT cuya sigla a pasado a internacionalizarse representan do ante la opinión pública mundial a todos los aficionados que lanzan satélites

Las distintas AMSAT son independientes entre sí pero mantienen un buen contacto Están formadas por aficionados interesados en las comunicaciones espaciales, pero también por ingenieros, técnicos y científicos, capaces de diseñar satélites y de organizar su puesta en órbita únicamente por vocación de radioaficionados. En general todas las AMSAT colaboran económicamente para proyectos interesantes

AMSAT ARGENTINA dá charlas de iniciación al conocimiento y uso de los satélites para radioaficionados y público en general. Gran parte de lo que escribo en los capítulos sobre satélites lo recuerdo del curso AMSAT setiembre/diciembre 1991. Los fondos con que cuenta AMSAT ARGENTINA son escasos.. Se necesitan donaciones de empresas y entidades oficiales para cada proyecto de puesta en órbita. Paralelamente se recibe una cuota/donación de los aficionados asociados a AMSAT... Como pequeño ingreso adicional AMSAT distribuye programas y publicaciones sobre satélites a precios reducidos y cuyos autores los han donado para ese fin....

Hoy es muy difícil y costoso lanzar satélites y se necesita más apoyo económico Para nuestro LUSAT-1 ayudaron ALUAR, IBM ARGENTINA y particulares como ARTURO H CAROU, quien aportó alrededor del 80% del dinero necesario, haciendo posible el lanzamiento. AMSAT ARGENTINA presidida por C.HUERTAS organizó todo lo necesario La promoción aseguraba la presencia del corazón de una PC IBM controlando el satélite y por el material de su caja: "ALUAR, aluminio argentino en el espacio"

EN ORBITA !!!

Un satélite para uso oficial, el SPOT-2, dedicado al estudio de los recursos terrestres, fué la base del lanzamiento de los seis satélites en enero de 1990.

Fué lanzado desde KOUROU, Guayana francesa, y estabilizado en una órbita de unos 820 Km de altura sobre la superficie terrestre, se lo mantuvo con motores apagados girando alrededor de la Tierra. En su momento, desde el control terrestre se lo orientó hacia el Polo Norte, en un ángulo con el ecuador ya convenido previamente con quienes los utilizarían. Ya puesto en posición lanzó los satélites ordenadamente siendo realineado para cada órbita pactada. El primero en ser liberado fué el principal, el SPOT-2, luego siguieron los 6 de radioaficionados

Los satélites de aficionados deben tener desconectado todo consumo al entregarlos para su lanzamiento, para evitar descargar su batería mientras se espera su puesta en órbita sin recarga solar.. Los receptores se conectan al ser expulsado el satélite de su portador, pero por imposición de la operatoria satelital ningún transmisor puede conectarse hasta luego de cierto tiempo de la expulsión Esto es muy riesgoso, ya que los transmisores deben ser conectados desde tierra justamente con órdenes enviadas al satélite a través de sus receptores. Así, no se sabrá que todo funciona bien hasta no recibir la respuesta desde el satélite

Los satélites de aficionados son bastante livianos y a veces se lanzan varios Van adosados a las secciones superiores del vehículo lanzador contra la fuerza de resortes especiales y sujetados con" tornillos explosivos". Al llegar el momento explotan los tornillos (o las tuercas) y el resorte impulsa al satélite lejos de la sección del cohete que seguirá su misión. Cuando son varios se usan resortes de diferente fuerza para que con aceleración diferente no se amontonen entre sí. Esto hace que pasen uno tras otro sobre el mismo punto terrestre como los lanzados en enero de 1990 al poner en órbita polar al satélite SPOT 2, con el que se lanzaron cuatro satélites de tipo PACSAT más dos tipo UOSAT. Todos se alinearon espaciados por pocos minutos pero el tiempo los ha separando bastante

LAS ORBITAS SATELITALES

Todo satélite se mantiene girando alrededor de la Tierra sin la necesidad de tener encendido ningún motor.Lo que mantiene el giro permanente es la velocidad o empuje inicial que recibió en su momento, y como no hay aire como para frenar por roce mantendría esa velocidad de giro, que poco a poco lo llevaría a girar cada vez más lejos de tierra por la fuerza centrífuga que genera ese giro. Pero la Tierra ejerce la fuerza de atracción de la gravedad, que trata de atraer al satélite a estrellarse contra ella.De la resultante de estas dos fuerzas contrarias se logra un equilibrio que es precisamente la órbita en la que permanecerá

En concreto: la altura a la que se estabiliza una órbita dependerá de la velocidad regular del satélite y de la fuerza de gravedad.. Para mayor altura de la órbita la velocidad del satélite debería ser mayor como para obtener una fuerza centrífuga mayor que lo haga subir; pero ya a mayor altura la gravedad es menor y se necesita menos fuerza centrífuga (menos velocidad) para mantener la órbita

Todo lo anterior se refiere a órbitas circulares o similares, pero no son las únicas posibles pues hay órbitas de otro tipo.. Se selecciona el tipo de órbita para que los satélites puedan cumplir plenamente su misión. Estas órbitas son:

ORBITA ECUATORIAL: Es una órbita en la cual el satélite gira sobre el ecuador terrestre. Si la velocidad del satélite es la apropiada se puede conseguir que mantenga el ángulo de giro de la Tierra por lo que girará manteniéndose siempre sobre el mismo punto terrestre, aparentando estar fijo en el espacio. Este tipo de órbita, llamada GEOSINCRONICA, es la que usan los satélites de comunicaciones para que en tierra las antenas apunten siempre a un punto fijo en el espacio.La órbita se encuentra a unos 35.786 Km sobre el ecuador terrestre que es la única línea sobre la que puede lograrse la órbita geosincrónica. El satélite girará a una revolución por día, acompañando al mismo punto terrestre, pero aunque lo ve mos siempre en la misma posición respecto a nosotros su velocidad es enorme !!! Los satélites que giran hacia el Este en órbitas de alturas menores a 35.786 Km se adelantan al giro de la Tierra; los que giran a más altura se atrasan (Luna)

ORBITA POLAR CIRCULAR: Es una órbita en la cual el giro satelital va de polo a polo de la Tierra, es decir que corta al ecuador terrestre. Generalmente estas órbitas no pasan exactamente sobre los polos sino que tienen cierta inclinación que se menciona considerando el plano de la órbita con respecto al del ecuador. Mientras el satélite gira en órbita polar la Tierra gira sobre su eje, y la combinación de ambos movimientos provoca que el satélite vaya recorriendo paulatinamente la superficie terrestre. Es decir, que aunque el satélite gira siempre por el mismo "camino" en el espacio, cada vez que vuelve a pasar por el mismo punto de su órbita, la Tierra ya habrá girado, y bajo ese mismo punto espacial ahora habrá otro lugar de la superficie terrestre. Por su facilidad para cubrir todo el mundo los satélites polares se utilizan en estudios de recursos terrestres (áreas sembradas, cosechas mundiales, minería, vegetación, etc), para estudio de la atmósfera terrestre (predicción del clima, lluvias, etc), para fines militares (espionaje militar) y para comunicaciones de radioaficionados.

Si el satélite pasa por el mismo lugar todos los días a la misma hora, la órbita se denomina "órbita SOLSINCRÓNICA" como la de algunos satélites meteorológicos. Una mejor definición de órbita solsincrónica se halla en el libro WEATHER SATELLITE HANDBOOK del Dr. Ralph E. TAGGART (4ta. edición de la ARRL) donde explica "Los satélites americanos TIROS/NOAA están orientados muy precisamente en el espacio en lo que se conoce como órbita solsincrónica. Esto significa que durante el transcurso del año, la relación entre el recorrido orbital del satélite y la posición del sol permanece relativamente constante de modo que el satélite pasa a la misma hora solar cada día. Generalmente, los satélites soviéticos no están en órbitas solsincrónicas así que la hora de paso óptimo cambia durante el año"

Las órbitas circulares se obtienen lanzando los satélites paralelos a la Tierra con los resortes desde el cohete. Órbitas bajas (LEO) están de 700 a 1000 km de altura y permiten usar el satélite desde tierra de 15 a 20 minutos por pasada. Y cada casi dos horas darán la vuelta al planeta. Como la Tierra seguirá girando, cada nueva pasada será más alejada del punto anterior. A esas alturas se pueden captar unas tres pasadas consecutivas, la primera a nuestro ESTE, la segunda sobre nosotros y la tercera a nuestro OESTE. A veces quedamos entre dos pasadas a media altura (ninguna sobre nosotros). Luego de 12 horas habrá otras tres pasadas, pero en sentido contrario porque la Tierra giró 180 grados y toma el otro lado de la órbita, con 12 a 15 órbitas por día (vea MEAN MOTION en keplerianos). Cada pasada por el ecuador dará siempre un mismo ángulo respecto de la anterior. Este ángulo se denomina INCREMENTO; su conocimiento permite el rastreo sin PC..

LAS ORBITAS POLARES CONCURREN HACIA LOS POLOS Y TENDREMOS MAS PASOS DE SATELITE POR LAS ZONAS MAS CERCANAS A ELLOS QUE LOS QUE OCURREN POR ZONAS ECUATORIALES !

ORBITA POLAR ELIPTICA: Es también una órbita polar pero tiene la diferencia que al estar sobre determinado lugar la órbita "se extiende" mucho más que sobre el resto de su recorrido. Este alargamiento convierte a la órbita en una elipse y si ese alargamiento es importante se consigue que el satélite permanezca mucho más tiempo en la parte alargada que en el resto de la órbita. Si este alargamiento se produce sobre el hemisferio norte toda la zona norte terrestre tendrá más tiempo de satélite a su alcance mientras éste está subiendo y luego bajando de su parte alargada. Además al alargarse aumenta tanto su altura que puede ser visto desde mayor distancia que cuando está en la parte más cercana a la Tierra

Una órbita elíptica se obtiene lanzando al satélite en ángulo que lo aleje de la Tierra. El satélite tratará de alejarse y la gravedad terrestre de atraerlo hasta que lo detiene en un punto alejado. Como ya no se aleja, la atracción será muy fuerte y el retorno hacia tierra se hace cada vez a mayor velocidad. Pero a pesar de todo, el ángulo de regreso es tal que el satélite pasará a altísima velocidad paralelo a tierra, entrando en órbita circular pero aumentando tanto su velocidad, que al dar la vuelta a la Tierra no puede mantenerse en esa órbita y será lanzado otra vez lejos de ella, hasta que vuelve al punto de frenado anterior y se repite todo de nuevo indefinidamente. El punto del máximo alejamiento depende del empuje inicial dado al satélite. Si se lanza con resortes no estará muy alejado del resto de la órbita. Por eso llevan motor-cohete de un solo uso.

La órbita elíptica es usada por satélites "caros" de radioaficionados y favorece a las zonas que aportaron más para su puesta en órbita, los países del norte. Estos satélites llevan un pequeño motor de empuje... Primero son puestos en una órbita provisoria o DE TRANSFERENCIA... Ya en órbita, y en su momento justo, se enciende desde tierra el cohete o KICK MOTOR, para alcanzar la órbita final. El KICK MOTOR funcionará hasta consumir su combustible.; No puede apagarse antes!. Los últimos satélites llevaban un motor más complejo que sí permite su apagado, con lo que es posible dar un empuje inicial, apagarlo y luego corregir otra vez la parte más alta de la órbita se llama APOGEO; la más cercana a tierra PERIGEO. La órbita elíptica del AO-13 era: apogeo de 38.074 Km y perigeo de sólo 735 Km. Un satélite es más veloz en el perigeo pues la Tierra es el foco de la elipse y en ella se deben recorrer áreas iguales en tiempos iguales (2da. ley de KEPLER). El alcance desde tierra durante la subida y bajada del apogeo dura muchas horas pero en perigeo dura muy poco. En elípticas comunes hay de 1.5 a 2 órbitas/día.

EN REALIDAD TODAS LAS ORBITAS SON MAS O MENOS ELIPTICAS POR LO QUE TODAS TIENEN UN APOGEO Y UN PERIGEO.; LLAMAMOS CIRCULARES A LAS QUE SON MUY POCO ELIPTICAS !

EL DRAG FACTOR o EL DECAY RATE

Aunque se menciona que la velocidad del satélite se mantiene porque no hay atmósfera, en realidad no hay vacío total y algo va frenando casi imperceptiblemente la velocidad del mismo. Como la velocidad disminuye, la fuerza de la gravedad va bajando la órbita poquito a poco, y cada vez más abajo va apareciendo, de a poco, la atmósfera terrestre que se opone más y más a la velocidad de giro. Esta acción, casi imperceptible, se repite permanentemente y tras mucho tiempo el satélite terminará cayendo a tierra. El tiempo que permanecerá en órbita depende de la altura de la órbita pues a mayor altura habrá menos atmósfera y me-

nos atracción de la gravedad y a menor altura se refuerzan mucho estos efectos.

Para el cálculo de las órbitas futuras se usa una corrección, el DRAG o factor de frenado, que es lo mismo que el ritmo de decaimiento de órbita, conocido como el DECAY RATE. Sus valores dependen de la órbita y del tamaño, forma y masa del satélite. Es un valor NO EXACTO pues el satélite está sujeto a fuerzas difíciles de predecir: distintas atracciones terrestres según por donde pase, la influencia lunar variable según su posición respecto de la Luna, etc. Este factor de frenado se da por observación del período entre actualizaciones de posición. Usar el factor de frenado alarga en el tiempo la validez de los datos de órbita

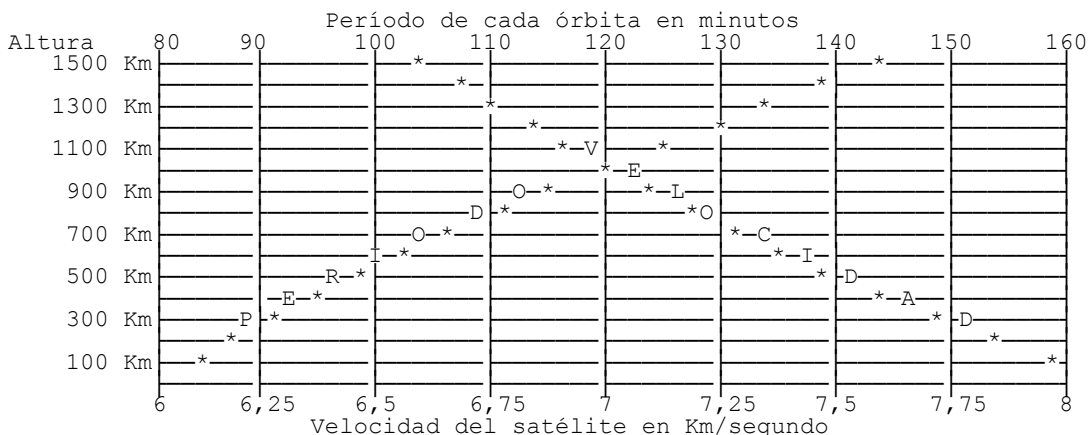
VELOCIDAD Y ALTURA DE ORBITA

Esta cuestión de la velocidad de satélite con respecto a la altura de su órbita se puede prestar a algunas confusiones como se verá en cuanto nos hagamos algunas preguntas sencillas; por ej: si un satélite está en órbita circular a una altura que requiera una velocidad de 26.400 Km/hr. y le damos un empuje que lleve su velocidad a 28.000 Km/hr, ¿qué pasará?.. Es evidente que el satélite tratará de alejarse más de tierra debido a una mayor fuerza centrífuga, y que a medida que se aleje la gravedad será menor y su alejamiento más fácil. Entonces ¿dónde se estabilizará la órbita nuevamente?, ¿varía el efecto si aumentamos la velocidad lentamente o si lo hacemos de un golpe?, ¿se convertiría la órbita circular en una órbita elíptica?, ¿existe una velocidad para fijar un satélite en órbita ecuatorial tal que, a menos de 35786 Km de altura tenga giro inverso a la Luna?

¿UNA CONTRADICCION ?

Sabemos que los satélites caen a causa del frenado y también sabemos que para alejarse de la Tierra la velocidad de un satélite debe ser mayor que la que lo mantiene en órbita terrestre. Podríamos pensar que para órbitas más altas necesitaremos mayor velocidad... Pero no debemos apurarnos a sacar conclusiones...

Los gráficos y fórmulas sencillas de " difusión general " suelen ser inexactos. Una fórmula de programa de rastreo da: $Km/hora = 36000 \times \sqrt{3986 / (h + 6378)}$ donde: $\sqrt{}$ significa la raíz cuadrada de todo el paréntesis, y h es la altura. En un gráfico del HANDBOOK ARRL, edición ARBO 1979, que ha desaparecido de las ediciones actuales, vemos que a 100 Km de altura la velocidad será de 28.440 Km por hora y a 1000 Km de altura la velocidad es de 25.200 Km/h; ¿cómo puede ser?



Lo que habitualmente repetimos es que la altura de la órbita depende del equilibrio entre la fuerza de atracción de la gravedad terrestre y la fuerza centrífuga ocasionada por la velocidad del giro orbital del satélite. Si el satélite se frena un poco disminuye la centrífuga y la atracción terrestre la supera; entonces la composición de las nuevas fuerzas cambia el ángulo de la resultante, que ahora apunta un poquitito más abajo y con mayor intensidad. Por todo esto el satélite desciende un poquitito y a la vez aumenta un poquitito su velocidad.. La fuerza centrífuga que responde a este aumento de velocidad no alcanza a compensar la mayor atracción de la gravedad porque el satélite está ahora más abajo y el equilibrio será ahora para esa menor altura únicamente.. El proceso es continuo, hay dos acciones hacia abajo que aumentan: el frenado y la atracción terrestre, y una sola hacia arriba: la fuerza centrífuga, que no las equilibra nunca. Cuando decimos que el satélite cae por ser lento queremos decir que es lento para mantener su órbita anterior pues en realidad al caer va más rápido que antes ¿Qué extraño nos parece que al frenar más al satélite aumente más su velocidad! Lo entenderá mejor si piensa que frenándolo de golpe el satélite caerá a plomo.

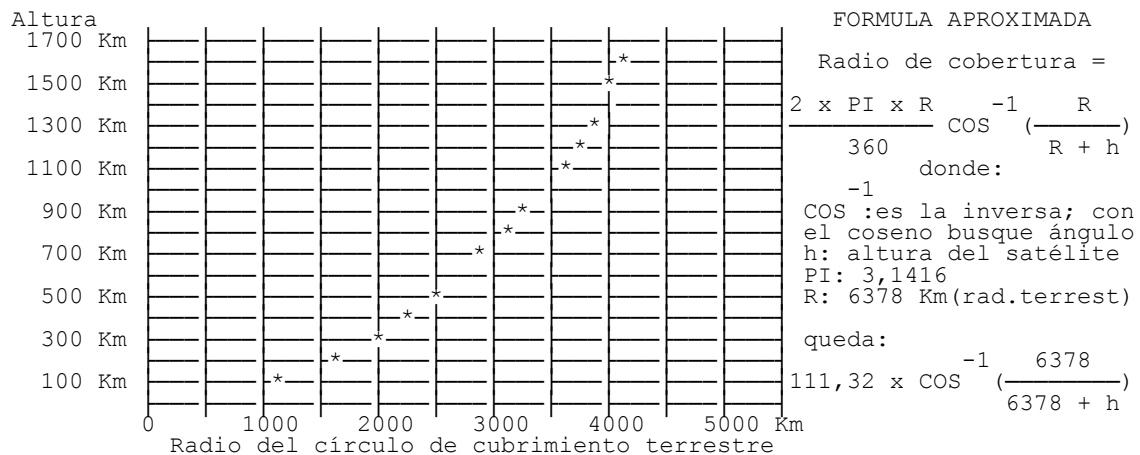
Y para el caso inverso de dar empuje a un satélite: aumenta su velocidad en su órbita lo que aumenta la fuerza centrífuga que vence la atracción terrestre paulatinamente; el satélite sube, y al hacerlo encuentra menor efecto de gravedad. Con fuerza centrífuga mayor, encuentra menor atracción terrestre a mayor altura y como no hay equilibrio seguirá subiendo hasta que se reduce la velocidad y se estabiliza en su nueva órbita. Esto nos hace suponer que para llevar un satélite a órbita superior hay que acelerarlo y luego frenarlo.. La velocidad en órbitas más altas debe ser menor pues la atracción terrestre es menor y se equilibraría con centrífuga menor (menor velocidad). De lo contrario el satélite seguiría subiendo y subiendo continuamente mientras no se frene hasta un nuevo equilibrio. A cierto ángulo y aceleración el satélite subirá tan rápido que sale de órbita circular y al frenarse regresa completando una órbita elíptica que se mantendrá. En órbitas circulares de ascenso suave, el frenado se produce gradualmente originando órbitas más elevadas donde se establezca un nuevo equilibrio, pero a determinadas velocidades no alcanza para mantener al satélite en órbita terrestre

Debe saber que para SALIR de tierra existen velocidades a las cuales los satélites cambian de comportamiento: a 28.440 Km/hr. entra en órbita terrestre, si no los alcanza la nave describirá una especie de parábola y regresará a la Tierra. A 40.320 Km/h no puede retenerse en órbitas terrestres y pasa a órbita solar, y a unos 151.200 Km/hr. el satélite se escapará de nuestro sistema solar. Esto es saliendo de la Tierra, pero es habitual ponerlos en una órbita de transferencia y luego darles el empuje necesario.. Como ejemplos: el PIONEER 10 (en 1972) con 52.200 Km/hora entró en órbita solar, después de 639 días se aproximó a Júpiter y luego de 15 años dejó el sistema solar; el PIONEER 11 (1973) llegó a Júpiter a unos 198.000 Km/hora; la APOLO 8 modificó su órbita terrestre hacia la Luna a 38.948 Km/hr y la APOLO 10 lo hizo a 39.200 Km/hr desde órbita de transferencia. También sabemos que APOLO 8 reingresó a la atmósfera terrestre a 39.512 Km/hora como una bola de fuego, ya que el roce con ella provocó una temperatura de 2790 grados y un frenado tal, que a los 10 minutos su velocidad bajó hasta 32 Km/hr.

Estas no son las únicas preguntas que puede hacerse y hacernos un radioaficionado. Responder a todas ellas convertiría a la radioafición en afición a la astro nautica. A nosotros nos interesan las comunicaciones, por eso vemos lo práctico y resulta más común medir el desplazamiento en revoluciones u órbitas por día..

ALTURA Y AREA DE CUBRIMIENTO

Enseguida nos damos cuenta que cuánto más alto pase el satélite mayor será el círculo terrestre visible desde él. Y como éste está relacionado también con el cubrimiento radial, es necesario conocerlo para saber hasta donde alcanzará una comunicación vía satélite.. En el gráfico siguiente y que ya no se publica (del HANDBOOK 1979, editado por ARBO Argentina), se da el radio del área circular cubierta sobre tierra por un satélite según la altura de su órbita.. El centro corresponde al punto de superficie terrestre que está justo debajo del satélite.. Las fórmulas simplificadas suelen ser inexactas pero nos dan idea de la medida.



El círculo obtenido tiene dos usos: en el rastreo gráfico sobre mapa, se representa al satélite con el círculo obtenido, lo que indicará que todos los puntos dentro de su superficie quedarán comunicados por el satélite.. Otro uso es centrar el círculo obtenido sobre las localidades de interés de la misma zona; así se obtendrán áreas comunes al encimarse los círculos cercanos.. La comunicación vía satélite será posible mientras el satélite pase sobre esas áreas comunes... La distancia máxima cubierta será el doble del radio del círculo, lo que significa que el satélite está justo en medio de ambas localidades y en breve contacto.

ORIENTACION Y ROTACION DEL SATELITE

En su órbita, el satélite no se encuentra afectado por la resistencia del aire como en la tierra y la atracción de la gravedad está equilibrada. Eso es lo que hace posible su permanencia sin caer a la Tierra.... Otro efecto es que fuerzas muy pequeñas pueden alterar la posición del satélite con facilidad. Se le ponen livianos imanes cerámicos para que las líneas del campo terrestre, lo mantengan en una determinada posición mientras viaja, controlando así la posición a donde apuntan sus antenas. Hay un sistema "por gradiente de gravedad" que consiste en desplegar una especie de ancla o saliente alargada del satélite que, como la cola de un barrilete, apuntará hacia tierra por efecto de la atracción terrestre.

Un efecto negativo es que la falta de atmósfera impide la regulación del calor y el frío. Las partes expuestas al sol se calentarán excesivamente y la parte a la sombra se enfriará bajo cero. Estas diferencias exageradas entre lados opuestos terminará destruyendo el equipo de a bordo. La forma más barata de evitarle esos problemas es hacerlo girar sobre sí mismo. Una vez dado el envión inicial el giro se mantiene. A veces el cohete lanzador los lanza girando. Otras veces pequeños solenoides se activan desde tierra cuando el satélite pasa sobre algún polo terrestre (de fuerte magnetismo) hasta lograr una velocidad de giro útil.

Otro importante resultado del giro sobre sí mismo es el aumento de estabilidad del satélite aunque algunos se estabilizan y regulan temperaturas sin girar.

En el LUSAT-1 se utilizó el llamado viento solar sobre cuatro antenas de cinta metálica de su transmisor, puestas alrededor de su eje de giro, y pintadas cada una con un lado blanco y el otro negro en forma correlativa. El sol dá sobre todas ellas. Los fotones solares se absorben en los lados negros y rebotan en los blancos. En estos, por reacción, se produce un empuje, que sumándose una y otra vez produce un giro continuo del satélite, sobre el eje central de sus antenas, regulado a 0,1 rpm por histéresis magnética en varillas ante el campo terrestre. En todos, el giro sobre sí mismo es: o sobre el eje de traslado (órbita) o sobre un eje que apunta hacia tierra, o paralelo al eje terrestre, dependiendo de la posición necesaria de antenas o de otros giros necesarios como en los meteorológicos geoestacionarios que lo aprovechan para "leer" la superficie terrestre.

LA DURACION DE UN SATELITE

El satélite como artefacto espacial durará mientras no caiga a tierra y esto depende de la altura de su órbita original ya que irá descendiendo con el tiempo. Pero la vida útil del satélite está ligada al buen funcionamiento de su equipo de comunicaciones. En general, antes de que el satélite caiga a tierra se inutilizan los equipos debido a las fallas de sus componentes electrónicos, o al fin de la vida útil de sus baterías, o por destrucción de componentes por radiación. Para evitar fallas prematuras los componentes son testeados rígidamente antes de armar el satélite, pero ha habido casos desgraciados en que los circuitos fallaron al poco tiempo de estar girando en el espacio, inutilizando al satélite sin que los aficionados pudieran aprovecharse del esfuerzo de ponerlo en órbita.

LA RADIACION EN EL ESPACIO

La radiación formada por partículas atómicas pesadas inutilizaría todo gradualmente. Se trata de partículas de alta velocidad, y aunque son de tamaño atómico tienen masa suficiente como para destruir todo lo que atraviesan.. En la Tierra estamos protegidos por la atmósfera terrestre, pero en el espacio se deben colocar protecciones que no las dejen pasar. Si los astronautas no tuvieran esa protección en su nave y en sus trajes espaciales morirían por destrucción celular. Otro tipo de radiación, el de rayos X, gamma, etc., destruye por contaminación. Los metales livianos de los satélites no protegen de la radiación, el plomo sí, pero su uso a conciencia aumenta tanto el peso satelital que encarece lanzarlo. Las fuentes de origen de esa radiación son: el sol, principalmente durante las tormentas o erupciones solares, y el CINTURON DE VAN ALLEN, cinturón radiactivo que rodea la Tierra a unos 1500 Km de altura y que afecta a satélites de órbita elíptica, y todos los que pasen por él. Las órbitas circulares comunes de hasta 1000 Km no sufren de excesiva radiación pero igual hay que proteger circuitos..

En el LUSAT-1 se utilizó protección de la EPROM y CPU con plaquitas de TANTALIO de 1mm. Para proteger datos de la MEMORIA RAM DE PROGRAMA se utiliza un sistema llamado EDAC (Error Detection And Correction) que restaura los datos dañados por las partículas que atraviesan las paredes y alcancen a partes de esa RAM, alterando los bits sin provocar otra destrucción. El fallo es detectado, el bit reemplazado y se guarda registro de fallas con un contador. Consultando estos datos del EDAC se ubica la parte de la órbita donde se han producido y se confecciona un mapa de lugares donde ocurren fallas más a menudo que son zonas de mayor radiación.. Así se ha podido demarcar la zona llamada Anomalía del Atlántico Sur.

La vida útil del LUSAT-1 se calculó en 6 años. En enero de 1995 cumplió 5 años.

SATELITES QUE SE VEN DESDE TIERRA

Allá por 1957/60 casi todos los satélites eran visibles desde tierra; ¡hoy no! La visibilidad depende del tamaño y forma del satélite y de que no esté cubierto por células solares que absorben la luz para producir electricidad. Pero aún quedan algunos de gran tamaño o con grandes partes expuestas al sol cuyo brillo es de tal MAGNITUD que pueden verse antes del amanecer o después del anochecer.

La MAGNITUD es una medida del brillo o la luminosidad y se usa para estrellas. En las grandes ciudades se dificulta la visión debido al reflejo de la iluminación de calles en partículas de la atmósfera. Esto hace que los ojos se regulen para una iluminación mayor y disminuyan su sensibilidad a pequeñas magnitudes.

SATELITES VISTOS SOBRE CANADA, por N5IST (año 1993 - traduc. LU4AKC)

Esta es una lista de magnitudes teóricas de satélites, derivada de datos del archivo de N2L, Ted Molczan, quien a su vez los tomó de las dimensiones físicas listadas en la tabla RAE de satélites terrestres.

Tenga en cuenta que es una lista en bruto. Por una u otra razón no figuran algunos satélites de brillo moderado, muy a menudo por estar en órbitas de ángulo menor a 28 grados y que no se vieron por Canadá por lo cual Molczan no los anotó. Al fin de la lista hay un grupo sin datos de magnitud. Son satélites de los que hay datos de órbita pero no de estimación de su magnitud. Los dos últimos parecen haber caído pero esto no ha podido ser confirmado.

Estas magnitudes son muy teóricas porque las dimensiones no incluyen a paneles solares, reflectividad ni posicionamiento del satélite. Tómelas con un amplio margen de error pues los satélites podrán verse más brillantes o más apagados.

Lista editada por N5IST (año 1993)

Las distancias se dan en Km. IMAG es una magnitud intrínseca (50% iluminado a 1000 Km); PMAG, la magnitud en Perigeo y AMAG en el apogeo, si brilla el 50% del satélite. La clasificación es por la magnitud durante el perigeo, figuran primos los que tienen menor número de magnitud durante el perigeo.

| NORAD | SATELLITE | INT-DESIG | PERI | APOG | INCL | PERIOD | IMAG | PMAG | AMAG |
|-------|-------------|-----------|------|-------|------|--------|------|------|------|
| 4966 | Cosmos 398 | 71 016 A | 185 | 2306 | 51.5 | 110.41 | 4.4 | 0.0 | 5.5 |
| 16609 | Mir Complex | 86 017 A | 390 | 391 | 51.6 | 92.37 | 3.4 | 0.6 | 0.6 |
| 19625 | KH 11-8 | 88 099 A | 273 | 1014 | 97.9 | 97.60 | 4.6 | 1.0 | 3.9 |
| 12069 | FltSat 4 RB | 80 087 B | 263 | 7823 | 26.1 | 176.46 | 5.1 | 1.5 | 8.8 |
| 21225 | Compton GRO | 91 027 B | 301 | 413 | 28.5 | 91.68 | 4.9 | 1.5 | 2.2 |
| 13007 | Intel 5-3 R | 81 119 B | 275 | 10999 | 23.6 | 218.44 | 5.1 | 1.6 | 9.5 |
| 22585 | Cosmos 2238 | 93 018 A | 403 | 417 | 65.0 | 92.78 | 4.5 | 1.8 | 1.9 |
| 22643 | Cosmos 2244 | 93 029 A | 404 | 417 | 65.0 | 92.77 | 4.5 | 1.8 | 1.9 |
| 6073 | Cos 482 (E) | 72 023 E | 214 | 6255 | 52.1 | 156.33 | 6.0 | 1.9 | 9.2 |
| 12497 | Intel 5-1 R | 81 050 B | 327 | 10838 | 23.9 | 216.97 | 5.1 | 1.9 | 9.5 |
| 12445 | Intel 5-2 R | 80 098 B | 373 | 11564 | 23.7 | 227.56 | 5.1 | 2.2 | 9.6 |
| 19671 | Lacrosse 1 | 88 106 B | 651 | 668 | 57.0 | 97.93 | 3.9 | 2.2 | 2.3 |
| 21148 | Lacros 2 RB | 91 017 B | 399 | 551 | 68.0 | 94.10 | 5.0 | 2.3 | 3.0 |
| 21147 | Lacrosse 2 | 91 017 A | 662 | 673 | 68.0 | 98.09 | 3.9 | 2.3 | 2.3 |
| 12054 | Cosmos 1220 | 80 089 A | 529 | 763 | 65.0 | 97.65 | 4.5 | 2.4 | 3.2 |
| 21701 | UARS | 91 063 B | 574 | 580 | 57.0 | 96.21 | 4.4 | 2.4 | 2.5 |
| 20580 | Hubble S.T. | 90 037 B | 586 | 593 | 28.5 | 96.47 | 4.3 | 2.4 | 2.4 |
| 5282 | Cos 426 RB | 71 052 B | 360 | 1224 | 74.0 | 100.71 | 5.5 | 2.5 | 5.2 |
| 15423 | KH 11-6 | 84 122 A | 544 | 721 | 97.7 | 97.37 | 4.6 | 2.5 | 3.1 |
| 8745 | Cos 807 rb | 76 022 B | 368 | 1256 | 82.9 | 101.12 | 5.5 | 2.6 | 5.2 |
| 14484 | Cos 1508 rb | 83 111 B | 370 | 1587 | 82.9 | 104.66 | 5.5 | 2.6 | 5.7 |
| 12389 | Cos 1263 r | 81 033 B | 374 | 1491 | 82.9 | 103.68 | 5.5 | 2.6 | 5.6 |
| 20775 | Cos 2098 RB | 90 078 B | 379 | 1836 | 83.0 | 107.42 | 5.5 | 2.6 | 6.1 |
| 8063 | COS-B RB | 75 072 B | 318 | 3028 | 89.2 | 119.82 | 5.9 | 2.7 | 7.5 |
| 7004 | Aureole 2 R | 73 107 B | 381 | 1396 | 74.0 | 102.75 | 5.5 | 2.7 | 5.5 |
| 7338 | Cos 660 RB | 74 044 B | 385 | 1284 | 83.0 | 101.60 | 5.5 | 2.7 | 5.3 |
| 5730 | Aureole 1 R | 71 119 B | 387 | 1898 | 73.9 | 108.18 | 5.5 | 2.7 | 6.1 |
| 12139 | Cos 1238 rb | 81 003 B | 395 | 1576 | 83.0 | 104.82 | 5.5 | 2.7 | 5.7 |
| 694 | Centaur 2 | 63 047 A | 466 | 1477 | 30.4 | 104.51 | 5.1 | 2.7 | 5.2 |
| 12849 | Aureole 3 R | 81 094 B | 401 | 1880 | 82.5 | 108.13 | 5.5 | 2.8 | 6.1 |
| 20516 | USA 53 145 | 90 019 B | 804 | 818 | 65.0 | 101.12 | 4.1 | 2.9 | 2.9 |
| 20322 | COBE | 89 089 A | 875 | 889 | 99.0 | 102.61 | 3.9 | 2.9 | 2.9 |
| 11286 | InCos 19 RB | 79 020 B | 457 | 737 | 74.0 | 96.63 | 5.5 | 3.1 | 4.1 |
| 19764 | Cos 1985 RB | 88 113 H | 469 | 479 | 73.5 | 94.08 | 5.5 | 3.1 | 3.2 |
| 4622 | Cos 375 RB | 70 091 B | 499 | 1240 | 62.8 | 102.34 | 5.4 | 3.1 | 5.1 |
| 20261 | Interkos 24 | 89 080 A | 500 | 2455 | 82.6 | 115.48 | 5.4 | 3.1 | 6.6 |
| 6212 | Radcat | 72 076 A | 632 | 642 | 98.6 | 97.46 | 4.8 | 3.1 | 3.1 |
| 10113 | Meteor 1-28 | 77 057 A | 313 | 324 | 97.4 | 90.89 | 6.5 | 3.2 | 3.3 |
| 5853 | Cos 476 RB | 72 011 B | 401 | 433 | 81.2 | 92.91 | 5.9 | 3.2 | 3.3 |
| 20453 | GPS 2-6RB | 90 008 B | 445 | 1205 | 35.6 | 101.40 | 5.7 | 3.2 | 5.4 |
| 20390 | Cos 2053 RB | 89 100 B | 484 | 502 | 73.5 | 94.47 | 5.5 | 3.2 | 3.3 |
| 20967 | Cos 2106 RB | 90 104 B | 493 | 514 | 82.5 | 94.69 | 5.5 | 3.2 | 3. |
| 20262 | InCos 24 RB | 89 080 C | 499 | 2474 | 82.6 | 115.68 | 5.5 | 3.2 | 6.7 |
| 4597 | Cos 374 RB | 70 089 B | 515 | 2069 | 62.9 | 111.43 | 5.4 | 3.2 | 6.2 |
| 20638 | Rosat | 90 049 A | 540 | 555 | 53.0 | 95.61 | 5.3 | 3.2 | 3.3 |
| 21868 | JERS 1 RB | 92 007 B | 404 | 477 | 97.7 | 93.39 | 6.0 | 3.3 | 3.6 |
| 3019 | Cos 185 RB | 67 104 B | 427 | 657 | 64.1 | 95.49 | 5.9 | 3.3 | 4.2 |
| 4120 | Met 1-2 RB | 69 084 B | 432 | 502 | 81.2 | 93.94 | 5.9 | 3.3 | 3.7 |
| 14693 | Palapa PAM | 84 011 E | 257 | 815 | 28.1 | 95.37 | 7.1 | 3.4 | 5.9 |
| 21190 | Cosmos 2137 | 91 021 A | 367 | 400 | 65.8 | 92.23 | 6.3 | 3.4 | 3.6 |
| 20389 | Cosmos 2053 | 89 100 A | 418 | 427 | 73.5 | 93.03 | 6.0 | 3.4 | 3.4 |
| 8755 | Cos 808 RB | 76 024 B | 438 | 470 | 81.2 | 93.67 | 5.9 | 3.4 | 3.5 |
| 7418 | Cos 673 rb | 74 066 B | 442 | 472 | 81.2 | 93.73 | 5.9 | 3.4 | 3.5 |
| 9854 | Cos 895 RB | 77 015 B | 449 | 498 | 81.2 | 94.07 | 5.9 | 3.4 | 3.6 |
| 4584 | Met 1-6 RB | 70 085 B | 456 | 542 | 81.2 | 94.60 | 5.9 | 3.4 | 3.8 |
| 20362 | GPS 2-5 RB | 89 097 B | 480 | 879 | 35.6 | 98.35 | 5.7 | 3.4 | 4.7 |
| 20303 | GPS 2-4 RB | 89 085 B | 483 | 893 | 35.6 | 98.52 | 5.7 | 3.4 | 4.7 |
| 17528 | MOS 1-A RB | 87 018 B | 628 | 873 | 97.4 | 99.83 | 5.2 | 3.4 | 4.2 |
| 19120 | Cos 1943 RB | 88 039 B | 816 | 850 | 71.0 | 101.57 | 4.6 | 3.4 | 3.5 |
| 17974 | Cos 1844 RB | 87 041 B | 828 | 849 | 71.0 | 101.69 | 4.6 | 3.4 | 3.5 |

Notas:

? significa dato orbital del año pasado; los demás son de los últimos dos meses.

! significa dato reservado y que no ha podido conseguirse desde la Fuerza Aerea de EE.UU

significa que el satélite tiene una curva inestable de brillo debido a su bailoteo aunque algunos están estabilizados por rotación.

--- Fin del mensaje de N5IST ---

Nota de LU4AKC: La nave MIR es lo suficientemente grande como para ver el reflejo solar en ella al anochecer o amanecer, cuando Ud está en oscuridad y a la MIR la ilumina el sol plenamente. Recuerde que la MIR cambia de órbita a menudo!!!

SATELITES DE RADIOAFICIONADOS

Las aplicaciones de los satélites varían de acuerdo al interés de los grupos que los construyeron y lograron ponerlos en órbita. Hay muy conocidos como el UO-11 de la Universidad de SURREY (Inglaterra), o el WO-18 de la Universidad de WEBER, o los rusos RS10/11 o RS12/13, el DOVE o DO-17 de Brasil y además los AO-16 PACSAT de USA y nuestro LUSAT-1, LO-19. Así el WO-18 mide impactos de micro meteoritos (aparte de otros estudios científicos), y toma imágenes de tierra con TV cámara, el UO-11 con transmisión de mediciones de radiaciones, el DOVE con un dispositivo que transmite mensajes hablados en inglés y portugués, etc; los rusos interesados en probar las comunicaciones en frecuencias de onda corta común, en 21 MHz y 29 MHz con ROBOT en vuelo que responde automáticamente al Morse, y los PACSAT como nuestro LUSAT-1 que son como BÚZONES para textos y programas.

SATELITES OFICIALES, TRIPULADOS, ETC

Varios países ponen en órbita satélites para su uso exclusivo, militares, científicos, etc. Sin embargo algunos de ellos pueden ser usados por todos. Son por ejemplo, los satélites meteorológicos que emiten imágenes de la nubosidad, etc, y tal cual las muestran algunos canales de TV al dar el informe meteorológico diario a sus televidentes. Otras veces algunos satélites tripulados como los SHUTTLE de la NASA o los MIR de RUSIA llevan radioaficionados que tienen permitido comunicarse con los aficionados de la Tierra y charlar en los descansos de su misión. Por tal razón en los programas de rastreo de los aficionados figuran tales satélites. Hay que actualizar más a menudo sus órbitas ya que por necesidades de su trabajo, pueden cambiar de órbita con sólo reactivar brevemente los impulsores de su vehículo espacial. Además estos satélites son de órbitas muy bajas y si no se dieran impulsos frecuentes, caerían a tierra en pocos meses. La comunicación es generalmente en inglés y tanto es hablada como por textos...

Los vuelos norteamericanos que para el público tienen nombres como: COLUMBIA, CHALLENGER, DISCOVERY, ENDEAVOUR, o el genérico SHUTTLE, figuran en los datos de aficionados con el número de misión como STS-55, STS-56, etc, (del Transbordador Espacial Shuttle). En los últimos meses de 1993 se lanzó el STS-58 cuyos astronautas comunicaron con 17 escuelas. Los alumnos les preguntaron sobre los vuelos espaciales.. También comunicaron con algunos radioaficionados en todo el mundo. Estas comunicaciones forman parte del experimento educativo SAREX en el que intervienen varias instituciones interesadas. Hallará detalles en el capítulo 10.

Escribiendo a esta dirección
obtendrá una confirmación de
recuerdo, de la conversación -->
con astronautas del STS-58.

ARRL STS-58 QSL
225 Main Street
Newington, CT 06111
Estados Unidos de América

Debe dar los datos del comunicado o escucha: fecha, hora, frecuencia, y modo. Debe enviar dentro del pedido 1 sobre grande con su dirección más 2 cupones IRC de respuesta internacional (bono que comprará en el correo). Si Ud es un radioaficionado, debe mandar además su propia tarjeta QSL. Demorará de 6 a 10 meses.

CAPITULO 2

EL RASTREO SATELITAL

La mayoría de nosotros solo usa el rastreo por computadora sin interesarnos en qué es lo que pasa; solo nos interesa saber a que hora estará a nuestro alcance el satélite buscado.. Puede resultar difícil aprender como es que los programas de rastreo satelital calculan con tanta precisión la posición de los satélites, pero si se procede sin apuros, se puede ir aprendiendo desde lo básico a lo más complejo paulatinamente hasta llegar a poseer sólidos conocimientos de rastreo. En este capítulo mostramos lo básico y queda a su cargo profundizar el estudio. Hallará muchos programas listados en Basic en el libro SATELITES 2 de C.Huertas explicados en castellano, además de dibujos sobre los elementos de las órbitas.

En una primera aproximación debe considerar que la órbita satelital está fija en el espacio con respecto a la esfera terrestre y que es la Tierra la que gira en el centro de esta órbita, que el satélite recorre independiente de la Tierra. En general el rastreo satelital comprende dos cálculos fundamentales: el cálculo de la posición del satélite en su órbita, y el cálculo de su pasada sobre un punto terrestre elegido, todo ello a una hora determinada... Para el primero se utilizan los datos de órbita llamados Elementos Keplerianos, y para el segundo se utilizan datos de posicionamiento terrestre como latitud, longitud, radio de la Tierra, etc; ambos se vinculan en programas como el que se lista más adelante

ELEMENTOS KEPLERIANOS

Elementos Keplerianos y parámetros (Qué son las órbitas?)...

=====

Difundido en packet por Eduardo Sweet, LU7AKC

Los elementos Keplerianos son números que nos permiten calcular las órbitas de los satélites.

Entendiendo los elementos Keplerianos

Se necesitan 7 números para definir la órbita de un satélite. Este conjunto de números se denomina elementos orbitales o "Keplerianos" (por Johann Kepler [1571-1630]), o simplemente elementos. Estos números definen una elipse, la orientan con respecto a la Tierra, y ubican al satélite en la elipse a un cierto tiempo determinado. En el modelo Kepleriano, las órbitas satelitales son modelos de forma y orientación constantes.

En realidad las cosas son un poco más complejas que en el modelo Kepleriano, por lo que los programas de seguimiento que calculan las órbitas de los satélites suelen introducir correcciones menores al modelo Kepleriano. Estas correcciones se conocen como perturbaciones.

Los elementos orbitales o "Keplerianos" siguen siendo un misterio para la mayoría de la gente. Esto se debe a que la gente es sumamente reacia a tener que pensar en 3 dimensiones, y al vocabulario empleado en la mecánica celeste.

Los elementos orbitales básicos son...

1. Epoch
 2. Orbital Inclination
 3. Right Ascension of Ascending Node
 4. Argument of Perigee
 5. Eccentricity
 6. Mean Motion
 7. Mean Anomaly
- Y opcionalmente...
8. Drag
-
1. "Epoch" [o "Epoch Time" o "T0"]
Un conjunto de elementos orbitales es una muestra, a un tiempo determinado, de la órbita de un satélite. Epoch es simplemente un número que especifica el momento en que fue tomada la muestra.
 2. "Orbital Inclination" [o "Inclination" o "I0"]
La elipse de la órbita se proyecta en un plano conocido como plano orbital. El plano orbital siempre pasa por el centro de la Tierra, pero puede estar relativamente inclinado en cualquier ángulo con respecto al ecuador. Inclínación es el ángulo entre el plano orbital y el plano ecuatorial. Por convención, inclinación es un número entre 0 y 180 grados.

Un poco de vocabulario: Las órbitas con inclinación cercana a los 0 grados se denominan órbitas "ecuatoriales". Las órbitas con inclinación cercana a los 90 grados se denominan órbitas "polares". La intersección entre el plano ecuatorial y el plano orbital es una línea que se denomina "línea de nodos".
 3. "Right Ascension of Ascending Node" [o "RAAN" o "RA of Node" o "O0"
y ocasionalmente llamado "Longitude of Ascending Node"]
Dos números orientan el plano orbital en el espacio. El primer número es la inclinación. Este es el segundo número. Luego de haber especificado inclinación, siguen existiendo un infinito número de planos orbitales posibles. "Line of nodes" o la línea de nodos se puede proyectar desde cualquier punto sobre el ecuador. Si especificamos dicho punto sobre el ecuador, obtendremos un plano orbital totalmente definido. La línea de nodos se proyecta desde 2 puntos, pero solamente necesitamos especificar uno de ellos. Uno es denominado "ascending node" o nodo ascendente (donde el satélite cruza el ecuador yendo desde el norte hacia el sur). Por

convención, especificamos el nodo ascendente.

Ahora bien, la Tierra gira. Esto significa que no podemos utilizar el sistema de coordenadas convencional (Latitud/Longitud) para especificar en qué punto se proyecta la línea de nodos ascendente. En vez, utilizamos un sistema astronómico de coordenadas, conocido como sistema de coordenadas de ascensión recta/declinación, que no gira con la Tierra. Ascensión recta es otra forma de decir ángulo, en este caso, un ángulo medido en el plano ecuatorial desde un punto de referencia en el cielo donde la ascensión recta se define como 0. Los astrónomos llaman a este punto el equinocio vernal.

Finalmente, "right ascension of ascending node" o ascensión recta de un nodo ascendente, es un ángulo medido en el centro de la Tierra, desde el equinocio vernal hacia el nodo ascendente.

Ya que esto es un poco complicado, aquí doy un ejemplo: Proyecte una línea desde el centro de la Tierra hasta el punto donde el satélite cruza el ecuador (yendo de sur a norte). Si esta línea apunta directamente al equinocio vernal, entonces el RAAN = 0 grados. Por convención, RAAN es un número comprendido entre 0 y 360 grados.

4. "Argument of Perigee" [o "ARGP" o "W0"]
Argument en este caso significa ángulo. Ahora que hemos orientado el plano orbital en el espacio, necesitamos orientar la elipse orbital en el plano orbital. Hacemos esto especificando un ángulo sencillo conocido como argument of perigee o argumento de perigeo.

Unas breves palabras sobre órbitas elípticas.. El punto donde el satélite se encuentra más cercano a la Tierra se denomina perigeo, a pesar de que a veces se lo llama periápsis o perifoco. El punto donde el satélite se encuentra más distante de la Tierra se denomina apogeo (o apoápsis, o apifoco). Si proyectamos una línea desde el perigeo hasta el apogeo, esta línea se denomina line-of-apsides o línea de ápsides. Algunas veces también se la llama axis mayor de la elipse. Es tan solo una línea trazada a través de la elipse entre sus extremos más distantes.

La línea de ápsides pasa a través del centro de la Tierra. Anteriormente habíamos definido otra línea que pasa por el centro de la Tierra. Esa línea era la línea de nodos. El ángulo entre estas 2 líneas se denomina argumento de perigeo. Donde 2 líneas cualesquiera se intersectan, forman 2 ángulos complementarios, para ser específicos, podemos decir que el argumento de perigeo es el ángulo (medido en el centro de la Tierra) desde el nodo ascendente hasta el perigeo.

Ejemplo: Cuando ARGP = 0, el perigeo ocurrirá en el mismo lugar que el nodo ascendente. Eso significa que el satélite pasará por el punto más cercano a la Tierra cuando apenas haya cruzado el ecuador. Cuando ARGP = 180 grados, el apogeo ocurrirá en el mismo lugar que el nodo ascendente. Esto significa que el satélite pasará por el punto más distante de la Tierra cuando apenas haya cruzado el ecuador. Por convención, ARGP es un ángulo entre 0 y 360 grados.

5. "Eccentricity" [o "ecce" o "E0" o "e"]
En el modelo orbital Kepleriano, la órbita satelital es una elipse. Eccentricity o excentricidad nos indica la forma de la elipse. Cuando $e = 0$, la elipse es un círculo. Cuando e es cercana a 1, la elipse es extremadamente larga y angosta.

(Para ser más precisos, la órbita Kepleriana es una sección cónica, que puede ser tanto una elipse, incluyendo círculos, una parábola, una hipérbola o una línea recta! Pero aquí solo estamos interesados en órbitas elípticas. Los otros tipos de órbitas no se aplican a los satélites.)
Para nuestros propósitos, la excentricidad deberá situarse dentro del rango $0 \leq e < 1$.

6. "Mean Motion" [o "N0"]
(relativo al "orbit period" o periodo orbital y al "semimajor-axis" o eje semimayor)
Hasta ahora hemos visto la orientación del plano orbital, la orientación de la elipse orbital en el plano orbital, y la forma de la elipse orbital. Ahora nos falta saber el tamaño de la elipse orbital. En otras palabras, ¿cuán lejos está el satélite?

La tercera ley de Kepler sobre movimiento orbital da una relación precisa entre la velocidad del satélite y su distancia desde la Tierra. Los satélites que están más cercanos a la Tierra orbitan más rápido. Los satélites que se encuentran más distantes orbitan más lentamente. Esto significa que podemos lograr lo mismo especificando la velocidad a la que se mueve el satélite o su distancia desde la Tierra!

Los satélites con órbitas circulares orbitan a una velocidad constante. Los satélites que poseen órbitas no circulares (excentricidad > 0) se mueven más rápido cuando están más cerca de la Tierra, y más lento cuando están más lejos de ella. La práctica más común es la de promediar estas velocidades. Podemos llamarla "velocidad promedio", pero los astrónomos la llaman "Mean Motion". La unidad más común es revoluciones por día. En este contexto, revolución o periodo se define como el tiempo que transcurre desde un perigeo hasta el siguiente.

Periodo es simplemente lo recíproco de Mean Motion. Un satélite con Mean Motion de 2 revoluciones por día, por ejemplo, tiene un periodo de 12 horas. Típicamente, los satélites tienen Mean Motions en el rango comprendido entre 1 rev/día y aproximadamente 16 rev/día.

7. "Mean Anomaly" [o "M0" o "MA" o "Phase"]
 Ahora que ya tenemos el tamaño, y la orientación de la órbita firmemente establecidos, la única cosa que nos falta hacer es especificar exactamente donde se encuentra ubicado el satélite en la elipse orbital en un momento determinado. Nuestro primer elemento orbital (Epoch) especificaba un momento particular, así es que solamente debemos especificar exactamente en qué parte de la elipse estaba el satélite en el momento que nos indica el "Epoch".
- "Anomaly" también significa ángulo. Mean anomaly es simplemente el ángulo que se proyecta uniformemente en el tiempo, entre 0 y 360 grados durante una revolución. Se define como 0 grados en el perigeo y 180 grados en el apogeo.
- Es común entre los radioaficionados usar el Mean Anomaly para establecer operaciones satelitales. Los satélites normalmente cambian los modos de operación de sus transpondedores o se apagan o encienden en puntos específicos de sus órbitas, especificados por el Mean Anomaly. Desafortunadamente, cuando se usa de esta forma, es común especificar MA en 256-avos de círculo en vez de hacerlo en grados! Para minimizar la confusión, generalmente cuando se utiliza el MA en 256-avos de círculo, se lo suele llamar "Phase" en vez de "Mean Anomaly". Mean Anomaly, como elemento orbital debe especificarse en grados, entre 0 y 360!
8. "Drag" [o "N1"]
 La atracción causada por la atmósfera terrestre hace que los satélites se acerquen a la Tierra. A medida que esto ocurre, los satélites comienzan a orbitar más velozmente. El elemento orbital Drag simplemente nos indica el ritmo al cual Mean Motion cambia debido a la atracción u otros efectos relacionados. Precisamente, Drag es la mitad de la primer derivada de Mean Motion.
- Su unidad es revoluciones por día por día. Es típicamente un número *MUY* pequeño. Los valores comunes para los satélites de órbita baja están en el orden de 10^{-4} . Los valores comunes para los satélites de órbita alta están en el orden de 10^{-7} o menor.

Comprendiendo los parámetros satelitales

Schedule

Muchos satélites poseen varios modos de operación, y cambian de un modo a otro en puntos predefinidos de sus órbitas. El Schedule es el organigrama de cambio de modos.

Por ejemplo, un Schedule del OSCAR-13 decía...

| | |
|---------|---------|
| Phase | Mode |
| 000-002 | Off |
| 003-099 | mode-B |
| 100-149 | mode-JL |
| 150-239 | mode-B |
| 240-255 | Off |

Attitude

Attitude o actitud es una medición sobre como está orientado el satélite en el espacio. Según lo que se desea, está orientado de tal forma que sus antenas apuntan hacia la Tierra. Se utilizan varios esquemas de orientación en los satélites. La mayoría de los satélites, pero no todos, mantienen una orientación inercial constante, por ejemplo sus antenas apuntan hacia una dirección fija en el espacio. Dichos satélites a veces son llamados spin-stabilized o estabilizados por rotación.

Attitude está determinada por 2 ángulos, usualmente denominados Latitud Bahn y Longitud Bahn.

Estos 2 números describen una dirección en un sistema esférico de coordenadas, a similitud de la Latitud y Longitud geográficas describe una dirección desde el centro de la Tierra. De cualquier forma, en este caso, el eje principal está en el vector desde el satélite hasta el centro de la Tierra cuando el satélite está en el perigeo.

Elementos Keplerianos en Formato NASA

Los datos para cada satélite figuran en 3 líneas en el siguiente formato:

AAAAAAAAAA

1 NNNNNN NNNNNAAA NNNNN.NNNNNNNN +.NNNNNNNN +NNNNN-N +NNNNN-N N NNNNN
 2 NNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NNNNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NN.NNNNNNNNNNNNN

La primer línea es un nombre de hasta 11 caracteres.
 Las líneas 1 y 2 contienen los datos:

Línea 1

Columna Descripción

| | |
|-------|--|
| 01-01 | Número de línea de datos |
| 03-07 | Número de satélite |
| 10-11 | Últimos 2 dígitos del año de lanzamiento |
| 12-14 | Número de lanzamiento en el año |
| 15-17 | Pieza de lanzamiento |
| 19-20 | Epoch (últimos 2 dígitos del año) |

21-32 Epoch (día Juliano y porción fraccional del día)
 34-43 Primera derivada de Mean Motion dividido 2, o Coeficiente balístico
 (dependiendo del tipo de efemeris)
 45-52 Segunda derivada de Mean Motion dividido 6. (en blanco si no está
 disponible)
 54-61 Término BSTAR de Drag si se utilizó la teoría general de
 perturbación GP4, o coeficiente de presión de la radiación.
 63-63 Tipo de efemeris
 65-68 Número de elemento
 69-69 Suma de verificación (Check sum en módulo 10)
 (Letras, espacios, puntos = 0; signo menos = 1; signo más = 2)

Línea 2

Columna Descripción

01-01 Número de línea de datos
 03-07 Número de satélite
 09-16 Inclinación [grados]
 18-25 Ascensión recta del nodo ascendente [grados]
 27-33 Excentricidad (punto decimal asumido)
 35-42 Argumento de Perigeo [grados]
 44-51 Mean Anomaly [grados]
 53-63 Mean Motion [Revoluciones por día]
 64-68 Número de revolución en la Epoch [Revoluciones]
 69-69 Suma de verificación (Check sum en módulo 10)

Todas las demás columnas son fijas o están en blanco.

Formato AMSAT

Primer ejemplo del formato AMSAT, según lo distribuye W5BWF..

Satellite: AO-10

Int'l Object Number: 14129
 NASA Designation: 1983-058B
 Epoch Time, T0: 88239.30510271
 Fri Aug 26, 1988.
 Epoch Rev, K0: 1114
 Mean Anomaly, M0: 6.0030 deg
 Mean Motion, N0: 2.05882335 rev/day
 Inclination, I0: 27.1492 deg
 Eccentricity, E0: 0.6027104
 Arg Perigee, W0: 331.5568 deg
 RAAN, O0: 307.6972 deg
 Period: 699.428632 min/rev
 Increment: 174.857158 deg/rev
 Beacon, F1: 145.8100 MHz
 Decay, N1: -1.38E-06 rev/day^2
 Element Set: 352

Segundo ejemplo del formato AMSAT, más conocido

Satellite: UO-14

Catalog number: 20437
 Epoch time: 93085.21562446
 Element set: 733
 Inclination: 98.6207 deg
 RA of node: 170.4110 deg
 Eccentricity: 0.0011616
 Arg of perigee: 67.1709 deg
 Mean anomaly: 293.0700 deg
 Mean motion: 14.29752105 rev/day
 Decay rate: 1.97e-06 rev/day^2
 Epoch rev: 16557
 Checksum: 288

Espero les hayan sido de utilidad.

Salu2 cordiales y 73's, Eduardo - LU7AKC @ LU7AKC.#COL.CF.ARG.SA

@ UO22

@ KO23

-- fin del boletin de LU7AKC --

+++++

SOBRE EL " EPOCH TIME ": Boletín difundido en packet por Raul, LU6AW

A raíz de un mensaje de una estación de Luxemburgo consultando sobre que significado tenían las cifras de la época (EPOCH TIME) que aparecen en los elementos keplerianos de los satélites, especialmente en el formato de 2 líneas de la NASA pensé que quizás haya otros colegas con una inquietud similar, por lo que pasaré a explicarlo. Tomemos como ejemplo la cifra que dan para la época (EPOCH TIME) los elementos keplerianos de la estación orbital MIR, tomados en enero de 1995.

EPOCH TIME: 95019.25234873

Las dos primeras cifras corresponden al año 95. Las tres siguientes (en algunos programas se sustituye el cero por un espacio) corresponden al número ordinal del día, en este caso, el día decimonono o sea el 19 de enero. En algunas agendas, ese número está indicado, en otras (como la que tengo yo) no lo está, así es que me tomé el trabajo de poner el número ordinal a todos los días sábado...

Por ej.: 28, al 28 de enero; 35, al 4 de febrero; 42, al 11 de febrero; 301, al 28 de octubre, etc., etc. Este número ordinal varía solamente en el caso de los años bisiestos. Tampoco es necesario comprar una agenda especialmente para poner este número; a nadie le debe faltar un almanaque de pared donde también puede hacerlo. Hasta aquí la cosa es bien sencilla. Pero ¿qué significa el número que sigue a la fecha?.... Es nada más que la fracción del día en que se ha hecho la medición.. Para pasarla al formato HORA : MINUTO : SEGUNDO, se debe multiplicar ese número por 24 (ATENCIÓN: NO OLVIDAR LA COMA - O PUNTO - DECIMAL) y se obtendrá la hora (en números enteros) del acontecimiento. De modo que .25234873 multiplicado por 24, da: 6.0563688, o sea 6 horas y una fracción.. Dicha fracción, .0563688 se multiplica por 60 para obtener los minutos, o sea .0563688 multiplicado por 60, da 3.383128 que es 3 minutos y fracción; y finalmente, esta última fracción .383128 se multiplica por 60 para obtener los segundos, y da 22.92768 lo que en segundos y redondeando es 22.93.. De esta manera, la cifra final para la época sería, según la costumbre de los norteamericanos:

95JAN19 06:03:22.93 o 95JAN19.06032293

La explicación parece más complicada de lo que en realidad es este cálculo y una vez que Uds lo hayan practicado un par de veces, con papel, lápiz y calculadora en mano, verán que es bastante sencillo.

Espero les sirva. Saludos cordiales. 73 es DX. Raul - LU6AW @ LU7ABF.
-- fin del boletín de LU6AW --

PROGRAMAS DE RASTREO SATELITAL

Hay varios programas de rastreo satelital, pero prácticamente todos se ocupan de lo mismo: a) dar al usuario la posición en el mundo y en ese momento, de uno o varios satélites elegidos; se hace a tiempo real o sea con el reloj de la PC, b) dar al usuario el horario de paso sobre su residencia de uno o más satélites elegidos.. Las diferencias entre los distintos programas radica en los gráficos y mapas mostrados (¡los hay con animación del movimiento del globo terrestre!), en el formato en que dan los datos en lista, y si listan satélites todos juntos. Los programas calculan a los intervalos pedidos Y DURANTE TODAS LAS ORBITAS aun que la mayoría solo imprime datos cuando el satélite está al alcance de su residencia. Eso se nota en una demora importante en la impresión de cada pasada siguiente (según velocidad de la PC) porque sigue calculando aunque no se imprime. En cambio la primera pasada se vé en seguida pues calcula a partir de hora dada

Por si le interesa saber como se tratan los datos, aquí le presento un programa educativo en versión BASIC, que traduje de boletines packet de EDUCATION NEWS.

EDNTRACK: VERSION BASIC, traducido y adaptado por LU4AKC

Este Rastreador de Satélites de EDUCATION NEWS fué escrito y compilado exitosamente en QBASIC de MicroSoft. Debería trabajar bien con la mayoría de intérpretes y compiladores BASIC y con muy pocos cambios. Su nombre es EDNTRACK.BAS

```
-----Start of BASIC Program-----
10 REM =====
20 REM Programa de Rastreo de Satélites en QBASIC de Education News
30 REM Se permite el uso no comercial a Educadores y Radioaficionados
40 REM Versión de fecha 28/2/94
50 REM =====
60 DEFDBL T: PI = 3.141592654#: DIM SAT(50, 9), CFG$(4), SN$(50)
70 DEF FN RAD (F) = PI * F / 180: DEF FN DEG (F) = F * 180 / PI
80 REM lee el fichero de configuración "EDNTRACK.CFG" y asigna las variables
90 REM de la estación terrena
100 GOSUB 1010
110 GOSUB 910: REM traza la pantalla
120 GOSUB 1220: REM carga los elementos orbitales
130 GOSUB 1420: IF SEL = -1 THEN END: REM lista los satélites disponibles
140 REM muestra la tabla de satélites
150 SEL = VAL(SEL$): IF SEL = 0 THEN GOSUB 910: GOSUB 360: GOTO 130
160 GOSUB 1090: REM carga elementos del satélite elegido
170 GOSUB 190: REM datos de rastreo para un satélite
180 GOTO 130
190 REM presentación de datos de paso para el satélite elegido
200 INPUT "¿ Cuántos minutos entre cada cálculo de posición"; A$
210 IF VAL(A$) = 0 THEN 200
220 DT = 1440 / VAL(A$): GOSUB 620
230 REM traza pantalla y encabezado para un satélite
240 COUNT = 1: GOSUB 910: GOSUB 780
250 U = 24 * (T - INT(T)) + .000138888#
260 REM le sumó 0.000138... para salir en segunda vuelta
270 GOSUB 830: REM cambia hora (U) a formato de cadena de tiempo (T$)
280 GOSUB 1550: REM cálculo de los parámetros orbitales
290 PRINT T$; TAB(13); RA; TAB(24); AZ; TAB(33); EL; TAB(47); LO;
300 PRINT TAB(60); LA; TAB(70); MA
310 T = T + 1 / DT: COUNT = COUNT + 1: IF COUNT = 20 THEN GOSUB 970
320 IF (A$ = "Q") OR (A$ = "q") THEN 350
330 IF COUNT = 20 THEN 240
340 GOTO 250
350 RETURN
360 REM muestra la tabla de satélites disponibles
370 REM traza pantalla y encabezado para lista de satélites
380 GOSUB 910: GOSUB 570: FOR SEL = 1 TO SN
390 GOSUB 1090: GOSUB 620: REM toma tiempo actual y asigna variables
400 REM calcula la posición actual
410 U = 24 * (T - INT(T)) + .000138888#: GOSUB 1550
420 T1 = T: LOS = 0: IF EL > 0 THEN LOS = 1
```

```

430 PRINT SN$(SEL); TAB(12); RA; TAB(22); AZ; TAB(32); EL; TAB(43); LO;
440 PRINT TAB(53); LA; TAB(61); MA; " ";
450 DT = 2880: GOSUB 700: T2 = (T - T1) * 24: REM calcula tiempo hasta AOS/LOS
460 PRINT TAB(71);
470 PRINT RIGHT$( "00" + RIGHT$(STR$(INT(T2)), LEN(STR$(INT(T2))) - 1), 2);
480 XX$ = STR$(INT((T2 - INT(T2)) * 60)): PRINT " ";
490 PRINT RIGHT$( "00" + RIGHT$(XX$, LEN(XX$) - 1), 2)
500 IF (SEL MOD 19) = 0 THEN GOSUB 970
510 IF (A$ = "Q") OR (A$ = "q") THEN SEL = SN + 1: GOTO 560
520 IF (SEL MOD 19) = 0 THEN GOSUB 910: GOSUB 570
530 NEXT SEL
540 GOSUB 970: IF (A$ = "Q") OR (A$ = "q") THEN 560
550 GOTO 380
560 RETURN
570 REM traza encabezado
580 PRINT "Satélite Distancia Acimut Elevación Long.Esté Latitud ";
590 PRINT " Fase AOS o LOS "
600 FOR X = 1 TO 79: PRINT "="; : NEXT X: PRINT
610 RETURN
620 REM lectura del reloj-calendario de la PC y asignación de variables
630 Y = VAL(RIGHT$(DATE$, 2)): D = VAL(MID$(DATE$, 4, 2))
640 M = VAL(LEFT$(DATE$, 2))
650 M = M + 1: IF M < 4 THEN Y = Y - 1: M = M + 12
660 D = D + INT(Y * 365.25) + INT(M * 30.6) - 28553
670 T = (VAL(LEFT$(TIME$, 2)) + VAL(CFG$(4)) + VAL(MID$(TIME$, 4, 2)) / 60)
680 T = (T + VAL(MID$(TIME$, 7, 2)) / 3600) / 24 + D
690 RETURN
700 REM calcula AOS o LOS futuros más cercanos
710 EL1 = EL: T = T + 1 / DT: U = 24 * (T - INT(T)) + .000138888#
720 GOSUB 1550: REM Calcula nueva posición
730 IF SGN(EL1) <> SGN(EL) THEN 770
740 IF (ABS(EL) > 10) THEN DT = 360
750 IF (ABS(EL1 - EL) > 5) THEN DT = 5600
760 GOTO 710
770 RETURN
780 REM traza el encabezado
790 PRINT "Hora UTC Distancia Acimut Elevación Longitud Este ";
800 PRINT " Latitud Fase"
810 FOR X = 1 TO 79: PRINT "="; : NEXT X: PRINT
820 RETURN
830 REM cambia la hora (U) a formato de cadena de tiempo (T$)
840 XX = 60 * (U - INT(U)): TH$ = STR$(INT(U)): TM$ = STR$(INT(XX))
850 TS$ = STR$(INT(60 * (XX - INT(XX))))
860 TH$ = RIGHT$( "00" + RIGHT$(TH$, LEN(TH$) - 1), 2)
870 TM$ = RIGHT$( "00" + RIGHT$(TM$, LEN(TM$) - 1), 2)
880 TS$ = RIGHT$( "00" + RIGHT$(TS$, LEN(TS$) - 1), 2)
890 T$ = TH$ + ":" + TM$ + ":" + TS$
900 RETURN
910 REM trazado de pantalla
920 CLS : PRINT "LICENCIA: "; CFG$(1);
930 PRINT SPC(45 - (LEN(CFG$(1)) + LEN(CFG$(2)) + LEN(CFG$(3))));
940 PRINT "Latitud: "; CFG$(2); "° Longitud: "; CFG$(3); "°"
950 FOR X = 1 TO 79: PRINT "="; : NEXT X: PRINT
960 RETURN
970 REM aguarda la pulsación de una tecla
980 PRINT "Pulse Q para salir u otra tecla para continuar";
990 A$ = INKEY$: IF A$ = "" THEN 990
1000 RETURN
1010 REM lectura del fichero de configuración "EDNTRACK.CFG"
1020 X = 1
1030 OPEN "EDNTRACK.CFG" FOR INPUT AS #1
1040 A$ = INPUT$(1, 1): IF A$ <> "=" THEN 1040
1050 A$ = INPUT$(1, 1): IF A$ <> CHR$(13) THEN TEMP$ = TEMP$ + A$: GOTO 1050
1060 CFG$(X) = TEMP$: X = X + 1: TEMP$ = "": IF X < 5 THEN 1040
1070 B = FNRAD(VAL(CFG$(2))): L = FNRAD(VAL(CFG$(3)))
1080 CLOSE #1: RETURN
1090 REM datos para el satélite elegido
1100 Y = SAT(SEL, 1): G = SAT(SEL, 2): I = SAT(SEL, 4): O = SAT(SEL, 5)
1110 E = SAT(SEL, 6): REM AO-13 Smoothed
1120 W = SAT(SEL, 7): M = SAT(SEL, 8): N = SAT(SEL, 9)
1130 PD = 1440 / N: G = INT(365.25 * (Y - 1)) - 28125 + G - M / N / 360
1140 N = N * 2 * PI
1150 REM calcula el eje Semi-mayor en número de radios terrestres
1160 A = 331.25 * (PD) ^ .666666667# / 6378
1170 REM calcula relación de cambio del RAAN
1180 V = 4.97 * A ^ -3.5 * (5 * COS(FNRAD(I)) ^ 2 - 1) / (1 - E ^ 2) ^ 2
1190 REM calcula relación de cambio del Argumento de Perigeo
1200 Q = -9.95 * A ^ -3.5 * COS(FNRAD(I)) / (1 - E ^ 2) ^ 2
1210 RETURN
1220 REM abre el fichero de elementos orbitales y extrae los datos de satélites
1230 SN = 1: INPUT "Nombre del fichero de datos tipo NASA de 2 líneas: "; N$
1240 IF N$ = "" THEN 1230
1250 OPEN N$ FOR INPUT AS #1
1260 A$ = INPUT$(1, 1): IF A$ <> "B" THEN 1260
1270 A$ = INPUT$(1, 1): IF A$ <> "T" THEN 1260
1280 A$ = INPUT$(4, 1)
1290 A$ = INPUT$(3, 1): SN$(SN) = A$: IF A$ = "FIN" THEN SN = SN - 1: GOTO 1410
1300 A$ = INPUT$(1, 1): IF A$ <> CHR$(13) THEN SN$(SN) = SN$(SN) + A$: GOTO 1300
1310 SN$(SN) = LEFT$(SN$(SN) + " ", 8): A$ = INPUT$(1, 1)
1320 L1$ = INPUT$(69, 1): A$ = INPUT$(2, 1): L2$ = INPUT$(69, 1)
1330 A$ = INPUT$(2, 1): REM carga líneas 1 y 2 hasta CR+LF

```



```

1340 SAT(SN, 1) = VAL(MID$(L1$, 19, 2)): SAT(SN, 2) = VAL(MID$(L1$, 21, 12))
1350 SAT(SN, 3) = VAL(MID$(L1$, 35, 9)): SAT(SN, 4) = VAL(MID$(L2$, 10, 7))
1360 SAT(SN, 5) = VAL(MID$(L2$, 18, 8))
1370 SAT(SN, 6) = VAL("." + MID$(L2$, 27, 7))
1380 SAT(SN, 7) = VAL(MID$(L2$, 35, 8)): SAT(SN, 8) = VAL(MID$(L2$, 44, 8))
1390 SAT(SN, 9) = VAL(MID$(L2$, 53, 10))
1400 SN = SN + 1: GOTO 1290
1410 CLOSE #1: RETURN
1420 REM selección de satélites
1430 GOSUB 910: PRINT : PRINT SPC(23); "*** Satélites disponibles ***": PRINT
1440 FOR X = 1 TO SN
1450 PRINT RIGHT$(" " + STR$(X) + " ", 3); SN$(X); SPC(5);
1460 IF (X MOD 5) = 0 THEN PRINT
1470 NEXT X: PRINT : PRINT
1480 PRINT " Con < Q > sale, con cero o calcula TODOS, uno por uno"
1490 INPUT " ¿ Qué número de Satélite "; SEL$
1500 IF (SEL$ = "Q") OR (SEL$ = "q") THEN SEL = -1: GOTO 1540
1510 SEL = VAL(SEL$): IF (SEL >= 0) AND (SEL <= SN) THEN 1540
1520 PRINT "          ** ERROR -- Elección no válida"
1530 FOR X = 1 TO 50000!: NEXT X: GOTO 1430
1540 RETURN
1550 REM -----
1560 REM Basado en algoritmos para SHARP PC1246 por Karl Meinzer (DJ4ZC)
1570 REM -----
1580 REM con cambios menores por James Miller G3RUH 1989-1993
1590 REM -----
1600 D = T - G: K = FNRAD(D * Q + O - 100.29 - T * 360.985647#) - L
1610 M = D * N: R = E: P = M
1620 GOSUB 1870: H = (M - P + Y) / (1 - X): P = P + H
1630 IF ABS(H) > .001 THEN 1620
1640 R = 1: GOSUB 1870: Y = Y * SQR(1 - E * E): X = X - E
1650 GOSUB 1810: R = A * R: P = P + FNRAD(W + D * V)
1660 GOSUB 1870: H = X: R = Y: P = FNRAD(I)
1670 GOSUB 1870: S = Y: Y = X: X = H
1680 GOSUB 1810: P = P + K: K = P + L: U = R
1690 GOSUB 1870: Z = S - SIN(B): X = X - COS(B)
1700 H = Y: Y = Z: GOSUB 1810: P = P - B + PI / 2
1710 GOSUB 1870: J = Y: Y = H: GOSUB 1810
1720 C = PI - P: X = R: Y = J: GOSUB 1810
1730 M = M / (2 * PI): M = 256 * (M - INT(M))
1740 H = T: RA = INT(R * 6378): AZ = INT(FNDEG(C) + .5)
1750 EL = INT(FNDEG(P) + .5): MA = INT(M + .5)
1760 K = K / 2 / PI: K = (K - INT(K)) * 2 * PI
1770 X = U: Y = S: GOSUB 1810
1780 LA = INT(FNDEG(P) + .5): LO = INT(FNDEG(K) + .5)
1790 REM T = T + 1 / DT
1800 RETURN
1810 REM DEF PROCrtp
1820 R = SQR(X * X + Y * Y): IF X = 0 THEN P = PI / 2 * SGN(Y): GOTO 1860
1830 P = ATN(Y / X): IF X > 0 THEN 1860
1840 IF Y > 0 THEN P = P + PI: GOTO 1860
1850 P = P - PI
1860 RETURN
1870 REM DEF PROCptr
1880 Y = R * SIN(P): X = R * COS(P)
1890 RETURN
1900 REM -----
1910 IF ERL = 1250 AND ERR = 53 THEN PRINT "*** Fichero o path no hallados ***"
1920 RESUME 1230
1930 IF ERL = 1310 AND ERR = 62 THEN RESUME 1410
1940 PRINT "***Error Número "; ERR; " en Línea Número "; ERL; "***": STOP
1950 END
-----End of BASIC program-----

```

Con procesador de texto copie las partes de los listados de las páginas consecutivas en uno solo que contenga desde la línea 10 a la línea 1950 en un fichero con nombre EDNTRACK.BAS.; Asegúrese que estén todas las líneas sin separación ! Ejecútelo con GWBASIC presente en el mismo directorio con: GWBASIC EDNTRACK. Si usa QBASIC debe cargarlo y ejecutarlo.. Recuerde que al concluir su uso GWBASIC retorna al DOS con la orden SYSTEM... Para ejecutar EDNTRACK.BAS se necesita un fichero de configuración EDNTRACK.CFG que esté junto a él y que sea como éste:

```

LICENCIA=IK3WVJ
LATITUD=45.6
LONGITUD=11.5
DIFERENCIA con UTC=-1

```

Confeccione su propio EDNTRACK.CFG con los datos de su zona. El programa trata de hallar el signo = antes de tomar los datos. ¡No altere el orden de los datos!

Note que Diferencia c/UTC va con signo negativo al Este de Greenwich, ej: Italia

El programa tomará la hora de su PC como la LOCAL pero usará la UTC equivalente La latitud se dará hasta 90 grados al norte del ecuador y con un signo negativo hasta 90 grd. sur. La longitud al Este de Greenwich se da hasta los 360 grados, pero si Ud. está acostumbrado a Longitud Oeste colóquele el signo negativo y el programa la considerará directamente en valor correspondiente a Longitud Este. Para Buenos Aires con Longitud 58.26 W (Oeste) sería:

```

Licencia=LU4AKC
Latitud=-34.79          (el signo indica que está al sur del ecuador terrestre)

```

Longitud=-58.26 (vea el signo negativo, dará 360-58.26= 302.74 grd. ESTE)
Diferencia con UTC=3 (sin signo, por estar al Oeste de Greenwich)

; EDNTRACK imprime 302 grados ESTE como posición terrena aunque aceptó -58.26 !
PONGA ATENCION PUES EN OTROS PROGRAMAS HABRA DIFERENCIAS EN LOS SIGNOS DE DATOS

También debe haber junto a estos dos ficheros otro con elementos keplerianos de los satélites en formato NASA, o de 2 líneas.. Estos datos se hallan en los BBS de radioaficionados o en algunos BBS telefónicos... Póngale el nombre que guste pero evite que le queden líneas de separación entre satélites. Un ejemplo:

HR AMSAT ORBITAL ELEMENTS FOR AMATEUR SATELLITES IN NASA FORMAT
FROM WA5QGD FORT WORTH,TX March 4, 1995
BID: \$ORBS-062.N

DECODE 2-LINE ELSETS WITH THE FOLLOWING KEY:
1 AAAAAU 00 0 0 BBBB.BBBBBB.CCCCCC 00000-0 00000-0 0 DDDZ
2 AAAAA EEE.EEEE FFF.FFFF GGGGGG HHH.HHHH III.IIII JJ.JJJJJJ KKKKKZ
KEY: A-CATALOGNUM B-EPOCHTIME C-DECAY D-ELSETNUM E-INCLINATION F-RAAN
G-ECCENTRICITY H-ARGPERIGEE I-MNANOM J-MNMOTION K-ORBITNUM Z-CHECKSUM

TO ALL RADIO AMATEURS BT

AO-16
1 20439U 90005D 95060.22584539 -.00000002 00000-0 16260-4 0 8766
2 20439 98.5846 147.8479 0011154 152.6624 207.5151 14.29930284266331
UO-11
1 14781U 84021B 95059.49927932 .00000175 00000-0 37484-4 0 7787
2 14781 97.7814 67.1495 0011661 164.1703 195.9861 14.69310036587943
AO-13
1 19216U 88051B 95058.34859605 -.00000324 00000-0 10000-4 0 185
2 19216 57.6296 201.5042 7266743 3.1509 359.3994 2.09722635 51355
FO-20
1 20480U 90013C 95060.81704751 -.00000033 00000-0 -91605-5 0 7734
2 20480 99.0677 169.4017 0540957 116.2001 249.5737 12.83229606237179
RS-10/11
1 18129U 87054A 95058.25149792 .00000050 00000-0 37725-4 0 243
2 18129 82.9272 140.3341 0013088 40.9203 319.2930 13.72348915384899
RS-12/13
1 21089U 91007A 95054.82614381 .00000028 00000-0 13642-4 0 7788
2 21089 82.9215 184.8298 0030075 125.4781 234.9187 13.74054216203206
RS-15
1 23439U 94085A 95060.38445279 -.00000039 00000-0 10000-3 0 324
2 23439 64.8154 69.3345 0168035 280.6816 77.5228 11.27526333 7365
UO-14
1 20437U 90005B 95060.24996566 -.00000006 00000-0 14722-4 0 782
2 20437 98.5709 146.3396 0010744 151.4885 208.6882 14.29876291266328
DO-17
1 20440U 90005E 95060.78470427 .00000009 00000-0 20526-4 0 8765
2 20440 98.5858 148.8166 0011288 150.0425 210.1405 14.30071384266431
WO-18
1 20441U 90005F 95059.78529482 .00000007 00000-0 19636-4 0 8803
2 20441 98.5857 147.8133 0011867 153.7492 206.4294 14.30043049266296
LO-19
1 20442U 90005G 95060.72533593 .00000011 00000-0 21091-4 0 8766
2 20442 98.5831 149.0623 0012024 150.5162 209.6707 14.30143889266446
UO-22
1 21575U 91050B 95060.21922957 .00000023 00000-0 22199-4 0 5822
2 21575 98.4081 134.1607 0006758 245.8065 114.2411 14.36961586189999
KO-23
1 22077U 92052B 95060.20641427 -.00000037 00000-0 10000-3 0 4745
2 22077 66.0842 101.8535 0012247 225.4528 134.5488 12.86290269119844
AO-27
1 22825U 93061C 95061.22115412 -.00000013 00000-0 12400-4 0 3739
2 22825 98.6292 139.1032 0007935 170.5007 189.6321 14.27652867 74504
IO-26
1 22826U 93061D 95058.73031761 .00000014 00000-0 23394-4 0 3718
2 22826 98.6288 136.7223 0008612 179.3319 180.7868 14.27759734 74151
KO-25
1 22828U 93061F 95057.21066048 .00000005 00000-0 19449-4 0 3499
2 22828 98.6255 135.2510 0010094 168.6695 191.4705 14.28088231 42034
NOAA-10
1 16969U 86073A 95060.86413623 .00000049 00000-0 39291-4 0 675
2 16969 98.5089 66.9954 0012430 301.0462 58.9495 14.24923358439194
NOAA-11
1 19531U 88089A 95060.88809750 .00000043 00000-0 48206-4 0 9741
2 19531 99.1903 61.3697 0012320 126.0633 234.1691 14.13040213331533
MET-3/3
1 20305U 89086A 95060.56849686 .00000044 00000-0 10000-3 0 2639
2 20305 82.5533 92.0580 0007646 45.3606 314.8125 13.04426939256456
NOAA-14
1 23455U 94089A 95060.28445895 .00000074 00000-0 65356-4 0 850
2 23455 98.8910 3.7082 0009843 134.1071 226.0910 14.11493680 8585
POSAT
1 22829U 93061G 95060.72384729 .00000035 00000-0 31720-4 0 3656
2 22829 98.6257 138.7471 0009685 158.9932 201.1645 14.28066241 74451
MIR
1 16609U 86017A 95061.38774893 .00006884 00000-0 97270-4 0 9540
2 16609 51.6482 332.9197 0004988 182.1740 177.9236 15.57809112516215
FIN
Observe que debe cerrarse con "FIN" en mayúsculas ;sin espaciados o dará error!

EXPLICACIONES SOBRE EDNTRACK

El programa acepta hasta 50 satélites; para más cambie los n° 50 en la línea 60 La búsqueda se sincroniza ubicando las letras BT de la frase: TO ALL RADIO AMATEURS BT y luego una línea sin datos. Seguidamente toma un nombre de satélite y sus dos líneas de datos, cargando desde ellas los valores necesarios. Luego repite lo mismo con los satélites restantes hasta que se detiene al hallar "FIN" Si un satélite iniciado con FIN lo detiene cambie a "###" e igual en línea 1290 Yo preparé el fichero con todos los datos mostrados, puse FIN y lo nombré: ORBS Usted debe tratar de conseguir los datos actualizados.;; Consulte las fechas !! Recuerde que debe incorporar las letras BT o la frase: TO ALL RADIO AMATEURS BT

Si nunca utilizó programas de rastreo necesitará algunas explicaciones de datos El ACIMUT de un astro (o de satélite) es el ángulo entre el meridiano del lugar y el plano que contiene al observador y al astro (o al satélite) considerado... ACIMUT se hallará escrito en tablas como AZ, AZIMUT, o AZIMUTH en idioma inglés El ACIMUT nos señala donde interseca la línea del satélite sobre la horizontal terrestre. Nos indica un ángulo con respecto a nuestro norte que es 0 grados, y que aumenta hacia el ESTE que es 90 grados, SUR a 180 grados, OESTE 270 grados, y finalmente 360 grados=0 grados es el NORTE. ACIMUT se usa junto con ELEVACION

La ELEVACION nos permite conocer en qué ángulo vertical está el satélite sobre la horizontal de la superficie terrestre, considerado desde donde lo observamos ELEVACION son los grados entre la horizontal y la línea recta desde nosotros al satélite: 0 grados es el horizonte y a 90 grados el satélite está sobre nuestra cabeza (CENIT). El dato ELEVACION puede venir con un signo negativo o sin signo El signo negativo indica que el satélite está debajo del horizonte y que el ángulo determina que la línea desde nosotros hasta el satélite pasa bajo tierra. ELEVACION sin signo nos indica que el satélite ya está a nuestro alcance radial Si se pone práctico con ACIMUT y ELEVACION puede orientar antenas direccionales a mano siguiendo al satélite elegido a través de datos impresos del programa.

AOS es la hora de aparición del satélite sobre el horizonte, instante llamado Acquisition Of Signal. LOS es hora en que el satélite desaparece por debajo del horizonte y se pierde su señal, instante llamado Loss Of Signal... En AOS o LOS el valor anotado indica cuántas horas faltan para la próxima AOS de satélite si ya pasó por el lugar o cuánto falta para LOS si todavía está al alcance radial. Esto se define con la ELEVACION: si es negativa, la hora anotada será la de la próxima AOS. Si ELEVACION no tiene signo, la hora marca el tiempo hasta la LOS.

FASE se refiere a una forma de dividir la órbita en 256 sectores, comenzando en el PERIGEIO considerado fase cero. FASE indica a qué sector de órbita corresponden los datos listados. En algunos satélites como el AO-13, los modos de uso se cambian de acuerdo al dato de FASE que suele venir con otro nombre llamado MA. ;Ponga atención a que para algún boletín el MA (Mean Anomaly) podría considerar la órbita dividida en 360 grados y dar grados en lugar de 256 sectores de FASE! Es fácil darse cuenta porque se listan todas las partes de una órbita, de modo que si mencionan partes mayores que 255 sabrá que se trata de hasta 360 grados. En ese caso, los datos de FASE de 256 partes no sirven para ubicar directamente donde se cambia el modo del satélite y debe hacer una conversión grados a FASE.

Cuando seleccione un satélite le pedirá espaciado en minutos, ensaye con un 4 y le listará la posición del satélite con hora UTC actual, y luego cada 4 minutos Al pedir TODOS da cada satélite y su posición en el mundo a la hora actual (por reloj de la PC) convertida a UTC.. En AOS o LOS indica cuánto tiempo falta para que cada satélite llegue a su zona de residencia definida en el EDNTRACK.CFG, o si un satélite está pasando ahora cuánto tiempo de comunicación le queda con él Para hallar el dato AOS se debe calcular 1 o más órbitas; por eso aquí va lento En listado de TODOS puede hallar que en perigeo de satélites de órbita elíptica a veces indica que faltan muchas horas para AOS. Estos satélites pasan solo 1 ó 2 veces por día por hemisferio sur así que se debe contar hasta la coincidencia Al seleccionar TODOS debe saber que luego de apretar la tecla Q, el programa no le debe repetir los listados; lo devolverá al menú al hallar el primer AOS/LOS

MODIFICACIONES:Para paginarlo como un texto debí acortar líneas de más de 80 caracteres en líneas consecutivas, y donde no fué posible hacerlo por tratarse de expresión continua muy larga, simplifiqué términos (líneas 480 y 490).Todas las líneas están renumeradas y no se corresponden con las originales. Expandí pantallas de listados para más claridad, y cambié el dato de cierre del fichero de 2 líneas que era /EX por FIN (por problemas en packet), e igual en la línea 1290.

CORRECCIONES:Latitud y Longitud figuraban intercambiados entre sí. En la rutina de lectura del fichero tipo NASA un error de un solo número detenía el programa Otro error: la línea 730(original 660) era: IF EL=0 THEN 770 (699). Funciona como detector de horizonte de llegada (AOS) y también de horizonte de salida(LOS) Fallaba en perigeo de órbitas elípticas; el cero era "saltado" si la elevación pasaba de -1 a 1 en AOS y de 1 a -1 en LOS; entonces el programa seguía buscando el próximo AOS o LOS dando tiempo de 50 hs, etc. en columna AOS/LOS de TODOS Con solo repetir el arranque a veces encontraba el cero normal pues el reloj de la PC había variado. Expresiones como >= 0 funcionan para AOS pero dan LOS = 0 La que puse ahora: IF SGN(EL1) <> SGN(EL) THEN 770 es exacta, simple y efectiva Detecta 0 o PASO POR CERO comparando los signos de elevación anterior y actual.

; Aprenda a interpretar lo que hace el programa estudiando este listado BASIC ! La mayoría de estas ayudas surgen del listado porque el autor no explica todo..

OTROS PROGRAMAS DE RASTREO

Los programas más conocidos agregan el rastreo gráfico sobre mapa o globo con satélites en movimiento; otros agregan control automático de las antenas de seguimiento de satélites, etc; alguno dá datos de toda la pasada en 1 sola línea: inicio y fin con hora y acimut, la mayor elevación, y DOPPLER de solo el inicio. En general calculan todas las órbitas de cada satélite pero dan 2 opciones diferentes: a) como EDNTRACK, y b) imprimiendo solo las líneas con ELEVACION positiva. Los más completos permiten cambiar o crear órbitas modelo. Puede anular corrección del frenado (DECAY RATE = 0) para comparar con otro cálculo con corrección. Aunque el DOPPLER solo depende del cambio de distancia al satélite cada segundo su estudio permitirá aprender a efectuar ciertas mediciones de posición con él.

El programa SATAR 2 es de tipo educativo, en castellano, y permite estudiar un modelo de órbita creado artificialmente; También acepta monitores tipo HERCULES! PC-TRACK tiene excelente imagen del globo terrestre, sus gráficos son para EGA. El QUITRACK 4 fué muy usado hasta la llegada del popular INSTANTRACK, que efectúa rastreo gráfico sobre mapa o sobre globo terrestre a elección, y además tiene varias opciones de rastreo escrito a tiempo real y de listados de predicción. Sus modos gráficos: mapa, globo, elevación, y tipo de órbita son muy educativos.

Para rastreo sin PC está el OSCAR LOCATOR formado por un mapa centrado en un polo y donde el ecuador es la circunsferencia externa en grados. Sobre él puede girarse una transparencia con varias líneas curvas que representan a diferentes trayectorias (u órbitas ya combinadas con el giro terrestre) que están marcadas cada minuto. Cada curva nace en la circunsferencia externa (ecuador), pasa cerca del centro (polo) según su ángulo, y termina del otro lado (ecuador otra vez). La transparencia se gira hasta colocar el inicio de la curva correcta en el punto del ecuador por donde aparecerá el satélite, punto y hora obtenidos tras sumarle los INCREMENTOS y los PERIODOS desde su paso por una ORBITA DE REFERENCIA.

La introducción está dirigida a quienes teniendo conocimientos de electricidad y magnetismo no conocen de TRANSMISION. Si no entiende algo déjelo para el futuro

¿QUE SON LAS ONDAS RADIOELECTRICAS?

La energía eléctrica puede transmitirse sin cables al hacer "vibrar" corriente eléctrica mediante CAMBIOS REPETITIVOS de su intensidad o de su dirección. Cada cambio completo, desde su inicio hasta donde comienza a repetirse, es UN CICLO. Una CORRIENTE ALTERNADA tiene dos cambios de dirección por ciclo (ida y vuelta) La FORMA en que varía el nivel eléctrico durante un ciclo se denomina ONDA. Hay corrientes con ONDAS de forma cuadrada, senoidal, etc. 1 onda representa 1 ciclo La cantidad de ciclos que ocurren en un solo segundo se llama FRECUENCIA y esta cantidad se expresa en HERTZ (Hz) o ciclos por segundo. Como el total de ciclos de una FRECUENCIA tarda 1 segundo; 1 solo ciclo demora un PERIODO= $1/\text{FRECUENCIA}$

En frecuencias bajas se produce potencia con generadores rotativos ALTERNADORES Las líneas eléctricas domiciliarias tienen 50 o 60 Hz y en navíos son de 400 Hz Cuando "se traduce" sonido (que es una vibración del aire) en electricidad, usán do micrófono, las corrientes resultantes tienen frecuencias de 20Hz a 20.000 Hz Una potencia débil en la entrada de un transistor o válvula, controla la corriente mayor que los alimenta. Esa mayor corriente variará igual que la de entrada, pero su potencia es mayor, esto es la AMPLIFICACION.. Si unimos la salida de un amplificador a su entrada a través de elementos que trabajen a una sola FRECUENCIA tenemos un OSCILADOR, generador de ondas de hasta ¡miles de millones de Hz! Los elementos que trabajan a una sola frecuencia en estaciones de radiodifusión son cristales de cuarzo de altísima precisión y estabilidad. Los "cristales" no pueden variarse de frecuencia, así que para tener frecuencias variables se usan "dispositivos de sintonía" generalmente basados en bobinados de alambre y capacitores variables que son mucho menos estables en frecuencia que los cristales.

-La corriente en los conductores produce un campo magnético alrededor de ellos- En los transformadores la corriente alternada concentra este campo magnético en un núcleo de hierro, y este campo crea corriente alternada en otros conductores Es un encadenamiento de efectos eléctricos a magnéticos y de estos a eléctricos A medida que producimos frecuencias más altas las corrientes alternadas van produciendo otros efectos, parte de la energía "se desprende" de los conductores y se aleja de ellos. La energía no escapa como electricidad pues ha dejado el conductor; se desprende como campos magnéticos y eléctricos encadenados entre si.. Es por eso que a esa energía "viajera" se la denomina "ondas electromagnéticas" Las ondas viajan a la velocidad de la luz. Un transmisor tarda un cierto tiempo en terminar una onda, y mientras la vá completando la onda recorre un cierto espacio porque viaja a gran velocidad. Al hacer el final, el inicio de la onda ya habrá recorrido un espacio que dependerá de cuánto tiempo tardó el emisor en terminarla, ese tiempo es el PERIODO.. El espacio ocupado entre el inicio de la onda y su final se llama LONGITUD DE ONDA.. Esta es propia de cada frecuencia..

Para hallar el espacio recorrido por un móvil usamos la expresión: su VELOCIDAD multiplicada por el TIEMPO empleado; para ondas radiales la VELOCIDAD DE LA LUZ por el PERIODO (tiempo de 1 Hz). Como $\text{PERIODO} = 1/\text{FRECUENCIA}$, reemplazando queda $\text{LONGITUD DE ONDA} = \text{VELOCIDAD DE LA LUZ} / \text{FRECUENCIA}$.. Cambiando términos hallamos otra relación que nos muestra que: $\text{FRECUENCIA} = \text{VELOC. LUZ} / \text{LONG. ONDA}$.. Las frecuencias bajas tienen ONDAS LARGAS y las altas frecuencias ONDAS CORTAS. La práctica ha demostrado que puede favorecerse el desprendimiento de ondas si se dá a los conductores cierta forma y longitud relacionada con la LONGITUD DE ONDA. Esto es lo que llamamos ANTENA que será más pequeña para ondas más cortas En cambio para evitar ese desprendimiento, se coloca cerca de los conductores a otros metales con corriente contraria para que los campos contrarios se anulen. Esto puede hacerse con dos "líneas paralelas" o con láminas a modo de blindajes

Las ondas utilizadas en transmisión también se denominan ONDAS RADIOELECTRICAS. Cuando las frecuencias son de muchos Hz su escritura se abrevia con: K, M, o G: KHz= KiloHz miles de Hz, MHz= MegaHz millones de Hz y GHz= GigaHz miles de MHz.

Si Ud todavía no tiene conocimientos suficientes sobre radiotransmisión, por lo menos habrá notado que ciertas emisoras se captan a grandes distancias, y otras como las de FM y TV llegan como máximo a unos 150Km por más potencia que tengan. También sabrá que hay emisoras, "de onda corta", que se oyen en todo el mundo.. La transmisión por ondas radioeléctricas varía en alcance y rendimiento según la frecuencia utilizada. Las frecuencias han sido clasificadas en estas bandas:

CLASIFICACION DEL CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones)

| Número banda | Frecuencias incluidas | Designaciones | Sigla |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|-------|
| 4 | 3000 Hz a 30.000 Hz | Frecuencias muy bajas | VLF |
| 5 | 30 KHz a 300 KHz | Frecuencias bajas | LF |
| 6 | 300 KHz a 3000 KHz | Frecuencias medias | MF |
| 7 | 3 MHz a 30 MHz | Frecuencias altas | HF |
| 8 | 30 MHz a 300 MHz | Frecuencia muy altas | VHF |
| 9 | 300 MHz a 3000 MHz | Frecuencias ultraltas | UHF |
| 10 | 3 GHz a 30 GHz | Frecuencias superaltas | SHF |
| 11 | 30 GHz a 300 GHz | Frec.extremadamente altas | EHF |
| 12 | 300 GHz a 3000 GHz | Frecuencias sin nombre asignado | |

Las frecuencias superiores a 1 GHz se denominan habitualmente como MICRONDAS. También hay una clasificación menos conocida en bandas diferenciadas por letras

Banda P 225 MHz a 390 MHz
 Banda L 390 MHz a 1550 MHz, dividida en sub-bandas: p,c,l,y,t,s,x,k,f,z.
 Banda J 350 MHz a 530 MHz, toma parte de las bandas P y L
 Banda S 1,55 GHz a 5,2 GHz, sub-bandas: e,f,t,c,q,y,g,s,a,w,h,z,d.
 Banda X 5,2 GHz a 10,9 GHz, sub-bandas: a,q,y,d,b,r,c,l,s,x,f,k.
 Banda C 3,9 GHz a 6,2 GHz, toma parte de las dos anteriores: desde Sz a Xy
 Banda K 10,9 GHz a 36 GHz, sub-bandas: p,s,e,c,u,t,q,r,m,n,l,a.
 Banda Q 36 GHz a 46 GHz
 Banda V 46 MHz a 56 MHz

Ejemplos: Ku: 15,35 GHz a 17,25 GHz; Sc: 2 GHz a 2,4 GHz; Sq: 2,4 GHz a 2,6 GHz

Estamos acostumbrados a que las VLF provienen de sonidos; pero también irradian. Las ondas VLF son menos atenuadas que otras; tienen la característica de seguir la superficie terrestre..Hasta se han ensayado comunicaciones a distancias regulares enterrando electrodos en el suelo y utilizando amplificadores de audio! También se utiliza VLF por aire y bajo el mar. El sistema de localización OMEGA instaló estaciones de 10 KHz en : NORUEGA, TRINIDAD (Trinidad y Tobago), DAKOTA (EE.UU), HAWAI, Pto.MADRYN(Argentina), JAPON, AUSTRALIA, e Isla REUNION(Africa). Utiliza frecuencias de: 10,2 KHz, 11,333 KHz y 13,6 KHz, con longitudes de onda de unos 30 Km.. Cualquier navío pueda ubicar su posición comparando los tiempos entre las ondas (fases) ya que emiten en secuencia con pulsos de alrededor de 1 segundo.. Las potencias son del orden de 10 KW pero las antenas son enormes: un mástil de 370 metros de alto de cuya punta cuelgan 16 cables que están anclados alrededor del pie de la torre y a 730 metros de éste. Cada estación se capta en todo el mundo y hasta 10 o 15 metros bajo el mar. Hoy se reemplaza por radionavegación satelital en frecuencias muy altas.. De 14 KHz a 30 KHz habría emisión FSK de 50 Hz para submarinos (potencias de 1 Megavatio) bajo costas de América.

Las frecuencias de LF son buenas para comunicaciones más allá de la curvatura terrestre pero a mayor potencia. Hay muchas estaciones costeras para servicio a buques, otras que emiten partes meteorológicos, y señales LORAN de localización

En general las ondas radioeléctricas tienen tres modos de propagación: a) sobre la superficie, b) en línea directa entre antenas, y c) por rebote en ionósfera, zona que comienza a 70/80 Km de altura y que está cargada de IONES, partículas con carga eléctrica producidas por la acción solar. La ionósfera varía de altura estando más baja durante el día y alcanzando cientos de Km durante la noche.

Las frecuencias de MF se utilizan para radiodifusión con alcance muy superior al horizonte y superan los 50 KW.. La parte baja de esta banda se comporta como la anterior y sigue la superficie, pero a la parte alta la afecta la ionósfera. La onda de superficie se atenúa progresivamente al aumentar la frecuencia, y en onda directa de MF hay pérdidas por reflexión, difracción o absorción en tierra. Una señal que rebote en la ionósfera alcanzará mayor distancia que la que cubre una onda de alcance en línea recta o alcance visual.. Las frecuencias de HF son conocidas como "ondas cortas" y en ellas el rebote en la ionósfera es lo común. En general la señal que rebota vuelve a rebotar más lejos y así cubre el mundo. A medida que aumenta la frecuencia la señal radial penetra más alto en la ionósfera y rebota a mayor altura aumentando su cubrimiento. Pero se llega a frecuencias en que la penetración es total, la onda no rebota y se escapa al espacio.

Las VHF no rebotan en la ionósfera ni siguen la curvatura terrestre por lo que su alcance depende de que la antena emisora y la receptora estén en línea directa. Raras veces, una PROPAGACION ESPORADICA permite que las VHF cubran miles de Kms. Las VHF se utilizan para difusión de FM y Televisión, con potencias promedio de 10 KW a 200 KW para broadcasting, aunque hay de 200 W, 100 W y menos aún. La potencia indicada es la efectiva, por concentración de la antena, y no la de los emisores. Este poder concentrador de señal se llama GANANCIA DE ANTENA y es un número que indica cuánto más señal se recibe con ella que con otra simple. Una antena con ganancia de 8 veces irradia 200 KW efectivos con emisor de 25 KW. Finalmente el rango de UHF se comporta como VHF pero como sus antenas son pequeñas, pueden agruparse dando gran ganancia que permite emisores de baja potencia

Cabe señalar que en bandas inferiores a HF, las antenas no alcanzan las medidas correspondientes a su longitud de onda (serían enormes) e irradian sin ganancia por lo que los transmisores utilizan las potencias de 20 KW a 100 KW necesarias. Las Broadcastings utilizan grandes potencias pues la transmisión está destinada a receptores sencillos y poco sensibles.. Los radioaficionados utilizan antenas de gran ganancia, tanto en transmisión como en recepción, y utilizan receptores de gran sensibilidad por lo que necesitan una menor potencia para comunicarse. Los emisores más comunes de radioaficionados tienen potencias de unos 100 W en HF y de unos 50 W en VHF y UHF, aunque abundan los portátiles de 5W y menos aún. Las propiedades importantes de buenos receptores son: SENSIBILIDAD para recibir señales muy débiles, BAJO NUMERO DE RUIDO propio, para que éste no enmascare a las señales débiles, SELECTIVIDAD para recibir una sola señal sin que se mezcle con otras de frecuencia cercana, y resistencia a la INTERMODULACION, MODULACION CRUZADA, etc, que es una mezcla por señales potentes fuera del rango de entrada. Una característica primordial de los emisores y de los receptores es LA ESTABILIDAD EN FRECUENCIA, es decir que ésta no varíe durante la comunicación. Si las frecuencias varían se altera o dificulta la recuperación de lo que se transmite.

Los radioaficionados tienen frecuencias asignadas desde la parte media de MF en adelante, y en bandas que acostumbran a mencionar por longitud de onda de la frecuencia que dentro de ellas dé un valor "redondo". Así la banda de 160 metros vá de 1800 a 1850 KHz; la de 80 metros vá de 3,5 a 3,75 MHz; la de 40 metros vá desde 7 a 7,30 MHz; la de 30 metros vá de 10,11 a 10,1315 MHz; la de 20 metros vá de 14 a 14,350 MHz; la de 17 metros de 18,068 a 18,168 MHz; la de 15 metros de 21 a 21,45 MHz; 12 metros de 24,890 a 24,990 MHz; 10 metros de 28 a 29,7 MHz; 6 metros de 50 a 54 MHz; 2 metros de 144 a 148 MHz; 1,25 metros de 220 a 225 MHz; 70 cm de 430 a 440 MHz; de 23 cm de 1240 a 1300 MHz; y además en microndas de 3, 5, 10, 24, 47, 75, 142, y hasta 250 GHz, aunque solo se experimentó hasta 10GHz. Las frecuencias de los extremos de bandas pueden variar en los distintos países.

COMUNICACIONES SATELITALES

La comunicación por satélites tiene características diferentes a las terrestres. Hay ventajas en un mejor aprovechamiento de la potencia irradiada por los satélites pues el círculo de alcance directo es mayor que desde tierra y no hay superficie cercana al emisor satelital que moleste o atenúe las ondas de radio. La propagación de ondas entre satélite y tierra se encuentra más afectada por atenuaciones en la tropósfera, zona cercana al suelo y hasta 30 Km, y la atenuación en parte de la ionósfera en particular a una altura de unos 400 Km.. En la tropósfera la atenuación se debe a los gases y el vapor de agua y en la ionósfera se producen efectos de desvío de las ondas, etc. En general se considera que existe una primer "ventana de baja atenuación de frecuencias" de 20 MHz a 20 GHz. La lluvia atenúa mucho a la TV en frecuencias de Banda K pero poco a la Banda C. Hay otras "ventanas" pero sus altas frecuencias son difíciles de usar por ahora.

Los satélites de aficionados usan más las frecuencias inferiores a microndas: HF, VHF, y UHF; y los comerciales usan microndas: banda C, banda K, etc.; pero hay satélites oficiales que utilizan VHF, por ej.: los satélites meteorológicos. Algunas bandas altas son muy convenientes por abarcar muchas frecuencias, pero su uso con satélites polares ocasiona inconvenientes a causa del efecto DOPPLER que altera las frecuencias emitidas como ya veremos. La HF ha servido bien como iniciación a las comunicaciones satelitales por requerir equipo ya existente en la estación del radioaficionado, y las VHF y UHF son muy utilizadas actualmente. En satélites de aficionados se utilizan frecuencias altas o HF (High Frequency) de 21 y 29 MHz, frecuencias muy altas o VHF (Very High Frequency) de 137 MHz para recibir satélites meteorológicos (fuera de banda de radioaficionados pero se puede hacer pues solo se recibe) o de 145 MHz (banda de 2 m), frecuencias ultra altas o UHF (Ultra High Frequency) de 435 MHz, y de 1296 MHz y frecuencias superaltas o SHF (Super High Frequency) con pocas experiencias en estas microndas.

Los satélites de radioaficionados orbitan la Tierra a unos 800 ó 900 Km de altura y por su relativa cercanía no necesitan usar gran potencia para comunicación. Con potencias de 0,3 vatios desde 900 Km, se obtiene buena recepción en tierra, en cambio desde tierra al satélite se necesitan potencias desde 20 a 100 vatios dependiendo de que se usen antenas direccionales o no y de la ganancia de éstas. El rendimiento de la señal que baja favorece el ahorro de energía del satélite, energía eléctrica que se obtiene de baterías, que son recargadas por células fotovoltaicas sometidas a los rayos solares. Estas células se agrupan en PANELES SOLARES que generalmente rodean todo el satélite. En los satélites pequeños las baterías suelen ser la unión de pilas comunes de nickel-cadmio seleccionadas.

ES IMPORTANTISIMO QUE USTED SEPA COMO USAR EL SATELITE SIN AGOTAR SUS BATERIAS!

Para conservar la energía, los satélites usan solo la potencia necesaria para una comunicación segura. Los emisores de banda ancha, transponders, etc, que deben repartir su potencia entre una amplia banda de frecuencias, utilizan potencias de 4 a 8 vatios. En frecuencia única, balizas, PBBS, etc, la potencia será menor: 1 W o hasta centenas de milivatios. El RS-10/11 alterna su baliza de 1W a 300 mW, y el LUSAT-1 en modo BBS de packet (PBBS) entre 1,5 W y 4 W .-

EL EFECTO DOPPLER

Es un efecto que altera frecuencias debido al movimiento del emisor o receptor, y que se produce sólo con satélites en movimiento respecto a un punto terrestre o sea que es propio de los satélites polares y no ocurre con geoestacionarios. Esta continua variación de la frecuencia real transmitida es un gran problema para las comunicaciones con satélites polares porque altera también a la información transmitida, la sincronía de datos y la frecuencias de tonos o de la voz

Veamos lo que ocurre, paso a paso, recordando primero algunas definiciones ...

LONGITUD ONDA = VELOC. LUZ / FRECUENCIA y FRECUENCIA = VELOC. LUZ / LONG. ONDA

VELOC. LUZ es la velocidad con que viaja la onda.. La velocidad con que se mueve el satélite modifica esta expresión, pues se agrega o resta a la velocidad de la onda (de la luz), queda: Long.onda = (Veloc.luz + ó - veloc.satélite)/frecuencia

Sabemos que la onda radioeléctrica se aleja del emisor a la VELOCIDAD DE LA LUZ Si el emisor sigue a la onda, el espacio ocupado por esa onda será menor porque el extremo final de la misma se acerca al principio de ella a la velocidad del emisor, o mejor dicho, a la DIFERENCIA DE VELOCIDADES de la onda y del emisor ya que la primera aleja a la onda del emisor y la segunda acerca más el emisor.

$$\text{LONGITUD DE ONDA RESULTANTE} = \frac{(\text{VELOC. LUZ} - \text{VELOC. EMISOR})}{\text{FRECUENCIA ORIGINAL}}$$

El receptor recibe esta onda resultante que determina una frecuencia según:

$$\text{FRECUENCIA} = \frac{\text{VELOC. LUZ}}{\text{LONG. ONDA RESULTANTE}} \quad \begin{array}{l} \text{Para tener todo reducido a frecuencias} \\ \text{deberíamos utilizar el equivalente} \\ \text{de LONGITUD DE ONDA RESULTANTE anterior} \end{array}$$

Y entonces la fórmula se transforma en:

$$\text{FRECUENCIA RESULTANTE} = \frac{\text{VELOC. LUZ}}{\frac{(\text{VELOC. LUZ} - \text{VELOC. EMISOR})}{\text{FRECUENCIA ORIGINAL}}} \quad \begin{array}{l} \backslash \\ \text{Esta expresión es la} \\ \text{LONG. DE ONDA RESULTANTE} \end{array}$$

y operando queda:

$$\text{FRECUENCIA RESULTANTE} = \frac{\text{VELOC. LUZ} \times \text{FRECUENCIA ORIGINAL}}{(\text{VELOC. LUZ} - \text{VELOC. EMISOR})} \quad \begin{array}{l} \text{dará una frecuen-} \\ \text{cia MAYOR que la} \\ \text{original} \end{array}$$

Para el caso en que el emisor se mueva en contra de la dirección de la onda, el razonamiento es el mismo, salvo que ahora el emisor también se aleja de la onda y ésta resultará más alargada. Entonces deben sumarse los dos alejamientos:

$$\text{FRECUENCIA RESULTANTE} = \frac{\text{VELOC. LUZ} \times \text{FRECUENCIA ORIGINAL}}{(\text{VELOC. LUZ} + \text{VELOC. EMISOR})} \quad \begin{array}{l} \text{dará una frecuen-} \\ \text{cia MENOR que la} \\ \text{original} \end{array}$$

En el caso de que transmitamos ondas a un receptor que viene en un satélite, el efecto DOPPLER es igual, pero los hechos son diferentes y las fórmulas también. La onda que llega desde tierra ES NORMAL a su frecuencia pues el emisor no se mueve. Pero al llegar a un satélite que viene, éste recibe el inicio de la onda y se sigue acercando al final de la misma que le llega a la velocidad de la luz El receptor recibe ANTES de lo normal el final de esa onda debido a que ambos movimientos le acercan este fin de onda al satélite sumando las dos velocidades Ahora nos queda:

$$\text{FRECUENCIA} = \frac{\text{VELOC. LUZ}}{\text{LONGITUD DE ONDA}} \quad \text{FREC. RESULTANTE} = \frac{\text{VELOC. LUZ} + \text{VELOC. RECEPTOR}}{\text{LONGITUD DE ONDA}}$$

Para reducir todo a frecuencia:

$$\text{LONG. ONDA} = \frac{\text{VELOC. LUZ}}{\text{FRECUENCIA ORIGINAL}} \quad \text{FREC. RESULTANTE} = \frac{\text{VELOC. LUZ} + \text{VELOC. RECEPTOR}}{\text{VELOC. LUZ}} \quad \text{FRECUENCIA ORIGINAL}$$

Finalmente al simplificar nos queda:

$$\text{FRECUENCIA RESULTANTE} = \frac{(\text{VELOC. LUZ} + \text{VELOC. RECEPTOR}) \times \text{FREC. ORIGINAL}}{\text{VELOC. LUZ}} \quad \begin{array}{l} \text{(mayor que original)} \end{array}$$

Para el caso en que el satélite se aleja, la velocidad de la luz acerca la onda y la velocidad del satélite aleja al receptor. Las velocidades se restan ...

$$\text{FRECUENCIA RESULTANTE} = \frac{(\text{VELOC. LUZ} - \text{VELOC. RECEPTOR}) \times \text{FREC. ORIGINAL}}{\text{VELOC. LUZ}} \quad \begin{array}{l} \text{(menor que original)} \end{array}$$

Si Ud se fija en las fórmulas, todo se reduce a multiplicar la frecuencia original por una relación entre la velocidad del satélite y la de la onda (VELOC.LUZ). Esta relación de velocidades queda invertida según se trate de un emisor móvil o de un receptor móvil... Como ayuda memoria: la suma o diferencia vá arriba de la expresión matemática cuando el receptor se mueve, y abajo para emisor móvil. En cuanto al signo: será negativo cuando la onda y el satélite van en el mismo sentido y será positivo cuando ambas se opongan separándose o enfrentándose... Con un satélite en movimiento, la aplicación de las fórmulas para emisor o para receptor dan EXACTAMENTE el mismo resultado, el DOPPLER tendrá igual valor. Su transmisión hacia el satélite tendrá el mismo monto de efecto DOPPLER que su recepción si utiliza la misma frecuencia. En general el efecto de subir y bajar señales satelitales combina los efectos DOPPLER de transmisión y recepción.

Aunque en todo lo anterior se menciona la velocidad del satélite en realidad no se trata de la velocidad que lo mantiene en órbita sino de la velocidad con que se acerca o aleja de la estación terrena. Se trata de la variación de DISTANCIA desde el satélite HASTA NOSOTROS y el tiempo en segundos en que ésta se produce. Esto dá una variación en Km/seg. que se considerará como VELOCIDAD RESULTANTE para los cálculos.. La distancia varia porque la estación terrena no está en el centro de la órbita y vé al satélite como describiendo un arco achatado.

$$\begin{array}{c}
 \text{-----}> \\
 T1 * + * T2 \\
 \quad \quad \quad \cdot \\
 \quad \quad \quad D1.D2 \\
 T2 * \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad T1 * \\
 T1 * \quad \cdot \quad D2 \cdot \quad \quad \quad D1 \cdot \quad \cdot \quad T2 * \\
 \quad \quad \cdot \quad D1 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad D2 \quad \cdot \\
 \text{-----} \\
 D1 > D2 : + VRES \quad \quad \quad \text{LO MAS CERCA: } D1 = D2 \quad \quad \quad D1 < D2 : - VRES
 \end{array}
 \qquad
 VRES = \frac{D1 - D2}{T2 - T1}$$

Vea que las mayores variaciones de distancia (y mayor efecto DOPPLER) se producen al comienzo y fin del avistaje del satélite. Para órbitas circulares muy altas se vé al satélite describiendo un arco menos achatado y tendremos una menor variación de DISTANCIA que en órbitas de menor altura.. Y si estuviéramos en el centro de la Tierra y el satélite tuviera una órbita circular perfecta, no existiría efecto DOPPLER a ninguna frecuencia ni a ninguna velocidad orbital del satélite porque la DISTANCIA no cambiará, pues se trata del radio de la órbita!

En las fórmulas en estudio vemos que EL EFECTO DOPPLER ES MAYOR A MAYOR FRECUENCIA utilizada. Es que la pequeña variación del espacio ocupado por la onda debido a lo ya visto, representa una mayor variación en una onda más corta que en otra más larga. Una onda más corta es de una frecuencia mayor. También aumentará el efecto DOPPLER con el aumento de la velocidad del satélite, porque la variación de distancia por segundo será mayor. Esto ocurre en órbitas más bajas donde además de ese aumento hay mayor DOPPLER pues la órbita se vé más achatada.

El DOPPLER se notará como una continua disminución de la frecuencia: primero ésta será mayor, luego baja al acercarse el satélite, hasta que es la verdadera a la menor DISTANCIA de nosotros (porque a lados de ésta la DISTANCIA es igual), y por último, al alejarse baja la frecuencia desde la verdadera. ¡Siempre bajará! En los programas de rastreo se dá la DIFERENCIA de frecuencia con la original.. Se obtiene con: FRECUENCIA RESULTANTE - FRECUENCIA ORIGINAL que nos dá una frecuencia de audio, que al acercarse es positiva hasta cero, y luego es negativa.

CALCULO DEL EFECTO DOPPLER POR DIFERENCIA EN CANTIDAD DE ONDAS
Como el efecto DOPPLER puede calcularse según los otros parámetros, yo traté de hallar una forma más simple considerando la diferencia en la cantidad de ondas.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Cant.1} = \frac{D1}{\text{LONG.ONDA}} & \text{y} & \text{Cant.2} = \frac{D2}{\text{LONG.ONDA}} \qquad \text{DIFERENCIA} = \frac{D1 - D2}{\text{LONG.ONDA}} \\
 \text{como:} & & \\
 \text{LONG.ONDA} = \frac{\text{VELOC.LUZ}}{\text{FRECUENCIA}} & \text{reemplazando queda:} & \text{DIFERENCIA} = \frac{D1 - D2}{\frac{\text{VELOC.LUZ}}{\text{FRECUENCIA}}}
 \end{array}$$

Tenga en cuenta que esto le dará muchas ondas de diferencia. Para hallar las que ocurren por segundo (frecuencia) debe dividir todo por el tiempo usado (T2-T1):

$$\begin{array}{lcl}
 \frac{D1 - D2}{\frac{\text{VELOC.LUZ}}{\text{FRECUENCIA}} (T2 - T1)} & \text{queda:} & \frac{(D1 - D2) \times \text{FRECUENCIA}}{(T2 - T1) \times \text{VELOC.LUZ}} \quad \text{y como} \quad \frac{D1 - D2}{T2 - T1} = \text{VELOC.RESULT.} \\
 & & \text{DIFERENCIA (Hz)} = \frac{\text{VELOC.RESULT.} \times \text{FRECUENCIA}}{\text{VELOC.LUZ}}
 \end{array}$$

Esta expresión es mucho más simple que las anteriores pues dá directamente la diferencia en Hz, en cambio las anteriores dan frecuencias resultantes y habría que efectuar una operación de resta al final. Cuando creía haber descubierto algo bueno comprobé que POR LO MENOS un programa (el SATAR) usaba una fórmula "en

mascarada" que se basaba en estos cálculos ; y desde 1980 !. A pesar de haberla visto muchas veces a esta fórmula (había hecho varias modificaciones al SATAR, como SATAR 2 en castellano) no la reconocí hasta no haber "descubierto" la anterior. Esto porque no tenía que trabajar con ella y porque está disimulada entre líneas del programa SATUK que podrá consultar en libro SATELITES 2 (C.Huertas). En la página 489, la línea que halla la diferencia por DOPPLER (F9) dice:

```
7760 F9 = - F1(J) * 1000000! * R8/C      F1(J) es la frecuencia original; C es la
                                          velocidad de la luz = 299792.5Km/segundo
                                          1000000!convierte MHz a Hz, R8 viene de:
```

```
8220 IF T6<>T THEN R8 = ((R6-R5)/(T6-T))/86400! ELSE R8 = -9000000000#
8230 R6 = R5 : T6 = T
```

Sabiendo que R5 y R6 son las dos distancias y que T6 y T son los tiempos notará que la expresión es la misma que yo hallé. El 86400! es un conversor de tiempos EPOCH (fracciones de día como vió en EPOCH TIME del capítulo 2) a segundos... La línea 8230 intercambia los valores para el próximo cálculo... En algunos BBS hallará este listado con otros números de línea y con el nombre de SATDAT.BAS..

Preparé este programa para que pueda ensayar sobre efecto DOPPLER... Fíjese que no figura la diferencia de tiempos sino solo el tiempo total T en que se produce la variación de distancia.. Esto le obliga a efectuar un cálculo mental pero le ahorra entrada de datos, por ejemplo, si quiere comparar las fórmulas con la lista dada por un programa de rastreo como SATAR o INSTANTRACK a cada 4 minutos solo colocará 240 al pedirle T en segundos en lugar de poner la hora de T1 y T2 La frecuencia se debe entrar en MegaHertz, es decir que colocará un punto tras los MHz y luego todas las cifras que sigan sin más comas ni puntos adicionales.

```
5 CLS: PRINT " 5 CALCULOS DIFERENTES DEL EFECTO DOPPLER, por LU4AKC": PRINT
10 DEFDBL D, V : VL = 299792.5 :REM VL es la velocidad de la luz en Km/seg.
15 INPUT " Frecuencia original (. tras MHz) = ", FO
20 FO = FO * 1000000! : REM se convierte FO a Hz
25 INPUT " Primera distancia en Km          = ", D1
30 INPUT " Segunda distancia en Km         = ", D2
35 INPUT " Diferencia de tiempo en segundos = ", T
40 VRES = (D1 - D2) / T :REM VRES es la velocidad RESULTANTE (Km/seg)
45 VE = VRES :VR = VRES :REM VE velocidad del emisor, VR velocidad del receptor
50 DE1 = (VL / (VL - VE)) * FO :REM DE1 es el DOPPLER para emisor que viene
55 DE2 = (VL / (VL + VE)) * FO :REM DE2 es el DOPPLER para emisor que se vá
60 DR1 = ((VL + VR) / VL) * FO :REM DR1 es el DOPPLER para receptor que viene
65 DR2 = ((VL - VR) / VL) * FO :REM DR2 es el DOPPLER para receptor que se vá
70 DCO = VRES * FO / VL :REM DCO es DOPPLER por diferencia en cantidad de ondas
75 PRINT :REM los datos dan decimales. Con FIX se imprime solo parte entera.
80 PRINT " EMISOR QUE VIENE = "; FIX(DE1 - FO);" EMISOR QUE SE VA = ";
85 PRINT FIX(DE2 - FO) : PRINT
90 PRINT " RECEPTOR VIENE = "; FIX(DR1 - FO);" RECEPTOR SE VA = ";
95 PRINT FIX(DR2 - FO) : PRINT
100 PRINT " POR DIFERENCIA EN LA CANTIDAD DE ONDAS = "; FIX(DCO)
```

Puede comprobar las diferentes fórmulas ya dadas.. Un signo negativo nos indica que la fórmula empleada queda con valores de distancia invertidos.La convención aceptada es que al acercarse el satélite el DOPPLER será positivo (más Hz) y al alejarse será negativo (Hz que se restan a la frecuencia original).. Si desea colocar alguna de estas fórmulas en un programa, utilice las que son para satélite que viene, en caso contrario debe colocar un signo negativo delante del valor de frecuencia o del dato de velocidad de la luz. La fórmula por cantidad de ondas es para satélite que viene. El SATUK usa - F1(J) por inversion R6-R5 y T6-T Una vez elegida y adaptada, la fórmula dará el cambio de signo automáticamente.

Sin embargo debe saber que las expresiones matemáticas en las 4 primeras requieren muchas cifras de precisión y por eso la línea 10 da más precisión (más decimales) a todas las variables. La quinta no necesita tanto para dar su resultado Compruebe las diferencias al sacar FIX y paréntesis (líneas 80 a 100) y luego anular la expresión DEFDBL D,V de la línea 10, pero ; hágalo solo en una copia!

USO INCORRECTO EN INSTANTRACK, SATUK, SATAR, SATAR2 (hasta D), etc. Estos programas ahorran cálculos extrayendo distancias y tiempos de cada línea que imprimen.. Si Ud pide espaciado de 1 minuto o de 4 minutos ;hacen lo mismo! Esto es incorrecto pues la órbita vista desde tierra no se vé como de cambio lineal y ;no se debe promediar!. Al promediar 240 segundos(4 min.) y tomar uno solo (para frecuencia) promediamos un acercamiento irregular (velocidad variable) en un segundo.. El error será mayor cuanto más tiempo promediamos, o sea cuanto más espaciado haya entre líneas, y cuanto más varíe la órbita respecto a tierra Para comprobar esto en los listados preparemos el INSTANTRACK para hora LOCAL:

```
@ echo off          Estos datos deben estar en un archivo GO.BAT
SET TZ=LOC+3         LOC+3 (todo unido) significa horas de diferencia de la
ITNCP                LOCAL para obtener la hora UTC (para Buenos Aires es +3).
                     Inicie el programa con GO
```

Al aparecer el menú verá la hora UTC, apriete la tecla Z y la convierte a LOCAL Si la aprieta de nuevo aparecerá otra vez la hora UTC, y si repite, la LOCAL... Estos listados se obtuvieron seleccionando el número 3 del menú de entrada

**** Programa INSTANTRACK v 1 - Listado pedido con espaciado de 1 minuto ****

```

11. rs-10/11
Date/Time LOC Azim/Elev Range Lat Long Doppler Phs/M Offp
22MAR95 192425 171/ -0 3726 -64 -48 224
22MAR95 192525 167/ 3 3409 -61 -46 +518 227
22MAR95 192625 163/ 6 3104 -57 -45 +497 229
22MAR95 192725 157/ 9 2818 -54 -44 +466 232
22MAR95 192825 150/ 13 2559 -51 -43 +424 234
22MAR95 192925 142/ 16 2335 -47 -42 +364 237
22MAR95 193025 131/ 19 2161 -44 -42 +285 239
22MAR95 193125 119/ 21 2048 -41 -41 +184 242
22MAR95 193225 106/ 22 2008 -37 -41 +65 244
22MAR95 193325 93/ 21 2046 -34 -40 -62 246
22MAR95 193425 81/ 19 2157 -30 -40 -182 249
22MAR95 193525 70/ 16 2331 -27 -40 -284 251
22MAR95 193625 62/ 12 2555 -24 -39 -365 254
22MAR95 193725 55/ 9 2816 -20 -39 -426 0
22MAR95 193825 50/ 6 3105 -17 -39 -471 3
22MAR95 193925 45/ 2 3413 -13 -39 -502 5
-----end of pass-----

```

**** Programa INSTANTRACK v 1 - Todo igual pero con espaciado de 4 minutos ****

```

11. rs-10/11
Date/Time LOC Azim/Elev Range Lat Long Doppler Phs/M Offp
22MAR95 192425 171/ -0 3726 -64 -48 224
22MAR95 192825 150/ 13 2559 -51 -43 +476 234
22MAR95 193225 106/ 22 2008 -37 -41 +225 244
22MAR95 193625 62/ 12 2555 -24 -39 -223 254
-----end of pass-----

```

Busque las líneas del listado de 4 minutos en el listado de 1 minuto... Compare los datos y verá la gran diferencia en el valor DOPPLER, ¡el resto queda igual! El mismo error se produce en los programas SATUK, SATAUS, SATAR, SATAR2, etc.. Lo exacto es calcular 1 seg.antes SIN IMPRIMIR, e imprimir el cálculo siguiente Para ello SATAR necesita precisión en la distancia mayor que la actual de 1 Km, pues en un segundo dará un gran error si la distancia cambia sin fracción de Km Ensaye el DOPPLER con el programa BASIC entrando: 145 MHz, 1Km, 0 Km, y 1 seg.! El problema reside en que al SATAR2D ya no le queda posibilidad de aumentar la precisión de todas las variables que entran en el cálculo de las distancias por estar prácticamente completas todas las reservas de su antiguo compilador BASIC

A tiempo real INSTANTRACK no produciría error pues está calculando al instante, pero habría que saber que precisión (decimales) tiene el cálculo de distancia. El problema es complejo: promediando muchos segundos no se requiere gran precisión de distancia pues se reduce error de distancia al dividir todo para 1 seg. pero aparece un error por falta de constancia en la variación distancia/tiempo de las órbitas. En cambio si tomamos predicciones a cada segundo necesitamos la precisión de metros o centímetros en las distancias para evitar grandes errores Esto resulta poco claro para quien se inicia pero ya lo entenderá más adelante.

ALGUNOS USOS DEL EFECTO DOPPLER

El efecto DOPPLER nos hace "oir" como varía la órbita. Con la ayuda de la geometría y la trigonometría podríamos sacar importantes conclusiones sobre órbitas. El DOPPLER en sonidos se calcula con velocidad en el aire de unos 343 metr/seg. Mediante un RADAR DOPPLER se mide la velocidad de un vehículo en carretera. Para mejor "enfoque" se usan frecuencias de Banda X 10,55 GHz y Banda K 24,1 GHz.

MODOS DE TRANSMISION Y DE COMUNICACION

La palabra MODO se usa para muchas cosas en comunicaciones: tipo de modulación, conjunto de frecuencias usadas, tipo de transmisión digital, etc, así es que Ud. debe saber de que se está hablando al usar esta palabra. En modo BLU y modo FONE el primero es un modo de transmisión y el segundo un modo de comunicación...

TRANSMISION EN CW

Como el emisor genera la onda portadora siempre igual, para transmitir habrá que producir algún tipo de variación en esa onda que sea decodificable en recepción. Lo primero que se hizo fué interrumpir y reconectar la onda dando un código del significado según cantidad y duración de las conexiones y desconexiones. Esto es lo que se conoce como transmisión CW (Continuos Wave) u onda continua interrumpida. El código CW más popular o más universal es el código Morse de telegrafía

Una portadora de RF reaccionará A CUALQUIER CAMBIO a que la sometan, de acuerdo A LA VELOCIDAD DE ESE CAMBIO. Generalmente aparecerá una nueva frecuencia a cada lado de la portadora cuyo valor depende de LA VELOCIDAD DE CAMBIO. Con el Morse en CW la onda resultante de la manipulación de portadora (la conmutación ON/OFF) produce bandas laterales a ambos lados que dependen del tiempo que tarda en subir la potencia de la portadora desde cero (OFF) al 100% de su potencia máxima. Recibe el nombre de TIEMPO DE SUBIDA al que va desde el 10% al 90% del máximo y esto se aplica a todos los pulsos. Si al conectar, la subida es menor a 10 useg se producirán frecuencias cercanas a 100 KHz a cada lado de portadora. Algunos las llaman "espúreas" pero solo son el resultado natural de cada conmutación. Los FLANCOS de pulsos (subida y bajada) dan los componentes de mayor frecuencia. Para evitar una banda demasiado ancha al manipular, se deben hacer la subida y bajada con flancos más suaves o más lentos, por medio de un circuito de retardo. Cuando el manipulador es el que corta y conecta una etapa con RF se le aplicará en serie una inductancia adecuada para hacer lenta la subida, y un capacitor en paralelo para hacer lenta la desconexión. Cuando la manipulación se hace por pulsos de corte y conexión, generalmente se CONFORMAN con filtros pasabajos... No se debe exagerar el retardo, pues los pulsos pueden quedar irreconocibles al

demodular y esto produce errores de recepción. En morse CW el retardo recomienda do toma en cuenta la velocidad máxima de manipulación con un valor de 5 miliseq (70 Hz).. Valores mayores producen "manipulación blanda", difícil de descifrar. Esto daría un ancho de banda de 140 Hz (70 Hz a cada lado), pero podemos disminuirlo si CONFORMAMOS los flancos redondeándolos y acercando la subida a un crecimiento casi senoidal. Así 5 miliseq de subida se parecen a UN CUARTO DE ONDA senoidal cuyo período total será $5\text{mseg} \times 4 = 20\text{ mseg}$ y su frecuencia $1/20\text{mseg} = 50\text{ Hz}$. Ahora el ancho de banda será de solo 100 Hz (50 Hz a cada lado). En general las frecuencias generadas estarán entre las dos calculadas y según CONFORMACION

TRANSMISION EN AMPLITUD MODULADA (AM)

Para transmisión de música y voz el audio regula rítmicamente la POTENCIA de la onda lo que se conoce como MODULACION en este caso en AMPLITUD o modo AM . Esta modulación en amplitud produce además un proceso de mezcla o heterodinaje entre la portadora y la señal moduladora, lo que explica la aparición de frecuencias suma y resta con la portadora formando dos bandas laterales, una a cada lado de ella. Estas frecuencias laterales se apartan de la portadora en una diferencia igual a la frecuencia de la señal modulante. Por eso la AM ocupa una banda doble respecto al valor de frecuencia de esa señal moduladora. Las bandas laterales solo aparecen cuando se modula la onda, si no hay modulación solo queda la portadora. Para modular 100% se requiere una potencia modulante del 50% de la potencia de la portadora en el punto de modulación (modulación en alto nivel, en placa de la válvula de portadora). En colector del transistor, la modulación no es tan profunda, por lo que se la refuerza modulando un poco la etapa previa de RF llamada excitadora. El ancho de banda de una emisión en AM es de $2 \times$ frecuencia modulante máxima. Si modulamos de 200 a 3000 Hz el ancho es de $2 \times 3000 = 6000\text{ Hz}$.

Durante años se mostraban a los aficionados, gráficos de modulación basados en amplitud/tiempo como los exhibe un osciloscopio. Recién en la década del 70 los temas de modulación comenzaron a dar más importancia al Analizador de Espectro que muestra relación de amplitud/frecuencia. Y aún hoy se habla poco de las relaciones de fase que pueden observarse con un Vectorscopio (para vectores fase)

Habitualmente se explica la modulación con ondas senoidales. El desarrollo de una senoide pura es tal que no aparecerá ningún componente extraño a ella. Pero TODAS las demás formas de onda que vemos al osciloscopio, si las viéramos en un Analizador de Espectro adecuado mostrarían combinaciones de frecuencias de distinta amplitud. Matemáticamente se hallan los componentes senoidales de la onda (en frecuencia y amplitud) mediante análisis armónico (ej: análisis de FOURIER) Un simple pulso repetitivo nos muestra que lo compone la suma de varias frecuencias senoidales, que serán todas, armónicas de la de menor frecuencia hallada.

En el caso de utilizar un MODULADOR para aplicar a la portadora la señal a enviar, se acostumbra considerar la velocidad de cambio como el valor de frecuencia SENOIDAL que compone esa señal. Recuerde que una onda senoidal pura generará una frecuencia igual a su frecuencia sumada a la de portadora, y otra más que será igual a su resta con la portadora, quedando en total ambas y la portadora.

Las frecuencias producidas por una serie de pulsos (transmisiones digitales o manipuladas) serán la inversa de los tiempos de subida o bajada de los flancos. Más exactamente se considera que habrá frecuencias con un nivel significativo a valores dados por $0.35/t.\text{subida}$; pero si hay sobreimpulso cuyo pico es superior al 5% se utilizará la expresión $0.45/t.\text{subida}$. Cada vez que se modula una portadora CON PULSOS sus flancos se conforman o retardan adecuadamente. Si se desea mantener FORMA RECTANGULAR, retardar a TERCERA ARMONICA de la frecuencia DE PULSOS, o sea $0.35/\text{frec.3ra.armónica}$.. También se anulan frecuencias por pasabanda sintonizado que se coloca a salida del modulador, siempre que no sea FM o fase.

En binario serie la frecuencia máxima es LA MITAD del valor bits/seg (o bauds) A 9600 bits/seg la frecuencia mayor será 4800 Hz, y su 3ra.armónica es 14,4 KHz Al aplicar $0.35/14400$ dará un RETARDO de flancos de subida y bajada de 24 useq, necesarios para transmitir los pulsos con forma rectangular. Pero si solo se debe transmitir presencia de bits se pueden conformar dejando solo la fundamental Si insistimos en emitir pulsos rectangulares en FM, necesitaremos 36 KHz de una FM de banda ancha!.. Un ejemplo actual de mejor conformación a 9600 bits/seg es el modo FSK de G3RUH que usando "filtros FIR" usa FM de banda angosta. El filtro FIR (Finite Impulse Response) logra conformación tipo $(\sin x)/x$, que nos permite emitir en FM 9600bits/seg FSK, con un ancho total de RF de unos 16 KHz a 24 KHz

TRANSMISION A BANDA LATERAL UNICA (BLU)

Para más eficiencia que al modular AM, se anula una banda lateral y la portadora quedando UNA SOLA BANDA LATERAL ; y solo cuando se modula!. Este modo se conoce como transmisión a Banda Lateral Unica, BLU (o SSB en inglés) y según cual Banda Lateral se deje será Banda Lateral Superior, BLS (o USB) o Inferior, BLI (o LSB). Generalmente se obtiene a través del filtrado de frecuencias a la salida del modulador balanceado. El modulador balanceado genera una modulación de AM a Doble Banda Lateral (DBL) pero solo si hay audio; es decir que nunca habrá portadora! Por el filtro que le sigue (tipo a cristal) solo pasará la Banda Lateral elegida En los receptores habrá que inyectar la frecuencia portadora faltante ya que la BLU cambia fase 180 grados ante cambio de polaridad de la onda modulante y esto requiere demodulación sincrónica, como ocurre con las señales moduladas en fase

La BLU es muy eficiente.. Si no hay modulación el consumo de energía es mínimo, y durante la modulación se ahorra la energía que tomaban la portadora y la banda lateral suprimida. El ancho de banda en una emisión en BLU es: la frecuencia modulante mayor menos la frecuencia modulante menor. Si modulamos de 200 a 3000 Hz, el ancho de banda será $3000 - 200 = 2800\text{ Hz}$. Recuerde que en AM era de 6000 Hz! En los modos de modulación de amplitud de la portadora, haya una o ambas bandas laterales, NO debe multiplicarse frecuencia luego de la modulación. Si lo hace, multiplica frecuencia modulante y recuperará un audio deformado en frecuencias. Si desea cambiar la frecuencia de una emisión modulada en amplitud debe hetero-

dinarla(mezclarla) con otra radiofrecuencia no modulada para sumarla o restarla. Además si modula amplitud (AM, BLU) en bajo nivel y necesita mayor potencia, deberá amplificar con AMPLIFICADORES LINEALES que suelen ser de bajo rendimiento!

MODULACION DE FRECUENCIA (FM)

Modulación es el acto de variar la portadora para transmitir algo. Un método de modulación es variar LA FRECUENCIA de la onda al ritmo de la voz o la música. Se conoce como FM o Frecuencia Modulada.. La onda modulada mantiene siempre máxima potencia pero hay una gran variación de su frecuencia según el audio modulante. Si ciclos positivos del audio suben la frecuencia de esa onda, ciclos negativos disminuirán su frecuencia. Esto produce un "vaivén" de frecuencias con una frecuencia central igual a la portadora sin modular. Habrá simetría a cada lado de la frecuencia central si la onda modulante es simétrica en tensión con respecto a su eje de tensión cero, por ejemplo cuando se modula FM con ondas senoidales. La FM se obtiene generalmente variando la sintonía del oscilador de portadora y esto se hace por variación de reactancia de capacitor o reactancia electrónica.

Los equipos de FM son baratos pues se modula en bajo nivel y se ahorran partes. Hay menos etapas amplificadoras pues funcionan a pleno y con alto rendimiento ! Una gran ventaja de la FM es que para DEMODULARLA se detectan solo variaciones de frecuencia y puede hacerse al discriminador insensible a las variaciones del nivel de la señal. Como los ruidos eléctricos son en realidad variaciones de nivel (o amplitud modulada) no serán detectados en FM. Y además es más insensible a variaciones de nivel de señal conocidas como "fadding". Pero emitir FM demanda mucha energía porque la portadora siempre está a su máxima potencia. Como habrá siempre una portadora a buen nivel se la puede utilizar como control. Los receptores de FM tradicionales "se enganchaban" con la onda recibida, y seguían las variaciones de su frecuencia central (portadora). Eran buenos para enmascarar el efecto DOPPLER ya que variaban su sintonizador (a varactor) siguiendo la variación de la frecuencia de entrada por medio de la tensión AFC del discriminador.

La cantidad de modulación en FM está ligada al valor de DESVIACION DE FRECUENCIA que pueda producirse. Si se multiplica frecuencia tras lograr FM, se multiplica también el factor de modulación en la misma cantidad en que se multiplicó. La multiplicación de frecuencias (por armónicas) aumenta el ancho de modulación de FM sin producir NINGUNA distorsión del proceso de modulación. Como los osciladores estables a cristal no permiten una modulación ancha pues no es fácil apartarlos de su frecuencia, su menor modulación obliga a multiplicar varias veces la frecuencia de salida para obtener una desviación aceptable. Deberá tener en cuenta que si necesita multiplicar la frecuencia, debe trabajar a frecuencia menor en tantas veces como multiplicaciones sean necesarias. Un método de evitar etapas multiplicadoras de frecuencia es modular un oscilador a bobina y capacitor (circuito LC). Este oscilador permite una modulación muy ancha en frecuencias pero tiene el defecto de correrse de la frecuencia central. Se lo estabiliza manteniéndolo "enganchado" con una frecuencia de referencia por oscilador a cristal, pero indirectamente a través de un lazo de comparación. Cuando el LC se vá de frecuencia la comparación le envía una tensión de error que lo corrige.

La indicación de un nivel de modulación nos dará idea del nivel de audio que se recuperará al detectar la onda modulada. En AM se indica el nivel máximo posible de modulación como el 100%, ya que constituye un límite definitivo.. Pero en FM no hay límite parecido ya que la frecuencia continuará aumentando su variación mientras se siga aumentando el nivel de audio modulante.. Como la frecuencia se desvía en vaivén al modular con onda alternada (como es el audio), se acostumbra indicar los límites de desviación de frecuencia alcanzados a cada lado de portadora. Si yo menciono +/- 5 KHz digo que la frecuencia varía un total de 10 KHz, o sea 5 KHz por arriba de portadora y luego baja a 5 KHz por debajo de ella. Esta modulación dará un audio con nivel doble que el de una modulación +/- 2.5KHz si se detecta con el mismo equipo. También se nota que +/- 5 KHz ocupa un ancho de frecuencias del doble que al modular a +/- 2.5 KHz. Es por eso que se fijan normas de ancho de banda de FM basadas en la expresión del desvío de frecuencia que causa la modulación. En general estas normas dependen de la banda, en el caso de los radioaficionados, o del servicio en el caso de radiodifusoras o de TV. Para cumplir estos límites se considerará como 100% de modulación FM al desvío máximo permitido por estas normas aunque el emisor pueda modular muchísimo más.

NORMAS DE DESVIACION DE FM

Las más usadas por radioaficionados son: +/- 5KHz, llamada BANDA ANGOSTA y que se usa bastante en VHF llegando a ocupar una banda de unos 16 KHz; +/- 15 KHz, de uso en UHF llamada BANDA ANCHA que puede ocupar una banda de más de 36 KHz y la menos conocida de solo +/- 2,5 KHz, llamada BANDA FINA. La reglamentación de Estados Unidos limita el uso de FM por debajo de 29 MHz "SI OCUPA MAS ANCHO QUE CON AM". En la parte autorizada para FM en 29 MHz puede usarse mayor desviación. Tenga cuidado al comprar equipos de aficionados, algunos usan igual nombre para normas diferentes. El FT-736 nombra BANDA ANCHA a la ANGOSTA y ANGOSTA a la FINA.

El comportamiento de la modulación FM varía continuamente sin importar normas para 100%, por eso se usa el INDICE DE MODULACION simbolizado por la letra m minúscula. El índice de modulación m relaciona la desviación de frecuencia con la frecuencia modulante que la produjo, $m = \text{DESVIACION} / \text{FRECUENCIA MODULANTE}$.. En realidad, como la desviación es causada por la tensión de esta frecuencia moduladora, vemos que m es determinado directamente por tensión y frecuencia modulante.

BANDAS LATERALES DE LA FM

En realidad la modulación en FM es más compleja que lo mencionado hasta ahora.. La simplificación anterior se hace para explicarla sencillamente como introducción, pero la mayoría de los autores no continúan el tema y queda quien no puede entender como es que una FM con desvío de +/- 5 KHz (total 10 KHz) necesita una banda de un ancho de 16 ó 24 KHz para reproducir la modulación sin distorsiones. Matemáticamente mediante las funciones de W.BESSEL se pueden calcular las componentes que se crean, en frecuencia, amplitud, y fase, al modular FM con un tono

Un instrumento Analizador de Espectro nos permite observar en su pantalla que, a diferencia de AM, la FM produce VARIAS FRECUENCIAS A CADA LADO DE PORTADORA y aparecen de a pares (1 a cada lado) a múltiplos de la f.modulante más portadora. Cuando hablamos de PORTADORA DE FM habitualmente nos referimos a LA RESULTANTE de la suma de todas las frecuencias presentes. Esta suma da una onda de frecuencia variable según como varia la onda modulante y cuyo nivel de RF es constante.

Aunque decimos que la portadora de FM es de amplitud constante con la modulación, y así se muestra al osciloscopio, ¡esto no es verdad!. Lo que se ve a osciloscopio es la combinación de amplitudes y fases de todas las bandas laterales simultáneamente. Al Analizador de Espectro aparecerán todas las frecuencias componentes con sus amplitudes variables según la modulación. Y se verá que LA PORTADORA DESAPARECE a ciertos valores de m en los que se refuerzan las bandas laterales. Esta desaparición se repite varias veces a otros niveles de modulación. Pero la potencia total permanecerá constante como lo demuestra un osciloscopio. Y a otros valores de m, le sucede lo mismo a los pares de frecuencias a cada lado de portadora, 1er. par: $(f_p + f_m)$ y $(f_p - f_m)$, 2do.par: $(f_p + 2f_m)$ y $(f_p - 2f_m)$, etc. La desaparición de portadora se utiliza para ubicar el punto de modulación 100%. También puede hacerse observando desaparición de pares de frecuencias laterales pues lo que interesa es conocer el índice de modulación m en que esto ocurre.

La cantidad de pares de frecuencias laterales que aparecerán depende de cuánto aumentemos la modulación del emisor FM. Sin modulación solo aparece la portadora pero al aumentar el nivel de audio comienzan a aparecer dos frecuencias laterales cuyos valores dependen de la suma y diferencia entre frecuencia de portadora y frecuencia del audio.. Al mismo tiempo la potencia total se mantiene repartida, es decir que al aumentar nivel de unas frecuencias disminuye el de otras. Si seguimos aumentando modulación la portadora baja tanto de nivel que desaparece y toda la potencia queda en las frecuencias laterales. Pero si seguimos aumentando reaparece la portadora invertida de fase. Si aumentamos más, a otros niveles de modulación aparecerá otro par de frecuencias, una a cada lado de las anteriores y ya tenemos dos frecuencias a cada lado...Y así, seguirán apareciendo frecuencias de a pares, una a cada lado del grupo ya formado, cada vez que lleguemos a determinados valores de modulación, y también desaparecen y reaparecen a otros niveles.. Todas están separadas entre sí al valor de frecuencia modulante y la importancia de cada par en el ancho de banda total depende de su nivel, y éste del índice de modulación $m = \text{desviación portadora/frecuencia modulante}$. Se consideran SIGNIFICATIVAS las frecuencias que tengan el 1% o más del nivel de la portadora sin modular. Para ajustar la BANDA FINA al escaso ancho permitido en HF (6 KHz), el segundo par se mantiene bajo el 1% usando un índice $m = 0,4$ que se consigue limitando la desviación a ± 1200 Hz con frecuencias de 3 KHz.

La potencia se reparte entre todas las frecuencias, sube y baja en ellas según modifiquemos el nivel de modulación.. Todos los pares de frecuencias se comportan más o menos igual en cuanto que aumentan, disminuyen, desaparecen y reaparecen igual que la portadora, pero no lo hacen simultáneamente. La cantidad de pares de frecuencias creados depende entonces del nivel de modulación, a mayor nivel más pares y viceversa. La desviación de frecuencia es resultante del total.



Las figuras A a E muestran distintos anchos de FM y distintos índices de modulación. En la figura F se representan bandas laterales de FM con contenido de AM. En todas las figuras las líneas del centro representan el nivel de la portadora.

Es importante saber que el ancho NO debe disminuirse filtrando bandas laterales pues se transformaría en portadora modulada también en amplitud. Esto se debe a que en FM y en modulación de FASE la "portadora" modulada es la suma de los componentes totales de las bandas laterales, en amplitud y fase. Esta suma da siempre UNA frecuencia variable que NORMALMENTE tiene igual amplitud durante modulación. Si luego de producidas se eliminan las frecuencias mayores, se altera esta suma. Sepa que el ancho puede reducirse limitando las frecuencias de modulación, o reduciendo la desviación máxima de frecuencia por limitación de tensión modulante.

Si se intenta filtrar o someter a pasabanda angosto a una emisión de FM se producen distorsiones que dependen del tipo de filtrado que se haya intentado. Puede aparecer una modulación de amplitud sumada a la de FM, que se podrá observar en un osciloscopio que pueda exhibir la RF de la modulación en FM.. Una pequeña modulación de amplitud puede solucionarse con circuitos limitadores o recortadores. Este tipo de distorsión se ve en Analizador de Espectro como la figura F, debido a que se suman la FM y la AM producida, y la suma responde a diferencias de fase de 90 grados que existe entre ellas.. Si se observa con un osciloscopio también se verá en la onda demodulada, la que será distorsionada y como si esta distorsión se debiera al uso en modulación, de una onda senoidal distorsionada.

La MODULACION 100 % se calibra mediante medidores de FM o por "nulos de BESSEL". Este último sistema utiliza los NULOS DE PORTADORA ya mencionados anteriormente. Usando FUNCIONES de BESSEL se obtienen los índices de modulación que harán desaparecer la portadora pasando su energía a las bandas laterales. Comenzando con modulación en cero, la primera desaparición ocurre al llegar la modulación a un índice de 2,40477. Si se sigue aumentando modulación reaparece la portadora pero invertida en fase. Si continuamos aumentando, desaparece nuevamente a un índice de 5,52 y siguiendo el aumento con la fase normal, desaparece a índice de 8,654. Es importante remarcar que el índice m no depende de la frecuencia de portadora directamente sino de la cantidad de su variación y de la frecuencia modulante. Por eso es que este método se usa a cualquier frecuencia posible de transmisión. Tenga en cuenta que también desaparecen (a otros valores) las frecuencias laterales pero lo hacen de a pares (una a cada lado de portadora). Debe recordarse

que la portadora es de frecuencia fija, no se desplaza, pero sí lo hace la frecuencia única resultante de la suma de todo el grupo de frecuencias presentes!

Para ver la desaparición de portadora se utiliza un Analizador de Espectro pero a nivel aficionado podría usarse un receptor de CW o BLU para ubicar la portadora por batido con otra RF para producir tono, diferenciarlo de otros y tratar de oírlo hasta que desaparece con la portadora. Yo nunca probé el método por tonos recomendado en escritos para aficionados, pero se me ocurre que habrá que tener buen oído; porque habrá varios tonos por batidos a otras frecuencias presentes! Para el método del nulo de portadora debe usar la FRECUENCIA EXACTA o tendrá un ajuste defectuoso. El audio deberá ser onda senoidal y lo más pura posible para que no haya demasiadas frecuencias laterales, aunque no alteran visión del nulo. La imagen de bandas laterales de FM en un Analizador se parece a las figuras dadas anteriormente que no corresponden exactamente a ninguna medida real. La cantidad y amplitud real puede tomarlas del gráfico de página 9-4 de ARRL HANDBOOK de 1991, o lea desde pág. 51 de este capítulo 3. Verá que a la figura B anterior le faltan pares. ENSAYE LOS DATOS DE BANDAS LATERALES PARA ENTENDER BIEN LA FM.

Los valores para índices de modulación nos permitirán hallar una frecuencia que anule la portadora al llevar su amplitud al valor para el 100 % de modulación. La frecuencia saldrá de: Frecuencia de desvío para el 100% dividida índice para nulo de portadora. En emisoras de TV con audio de FM cuyo 100% es de +/- 25 KHz será: $25000/2,40477=10396$ Hz, frecuencia de oscilador a cristal que va a la entrada del transmisor de FM. Se regula el nivel de modulación DESDE CERO hasta que la portadora reduce su amplitud hasta desaparecer. Se comienza desde cero porque la frecuencia elegida corresponde AL PRIMER NULO de portadora. También se puede elegir el segundo nulo usando el índice 5,52. Si un FM de radioaficionado da el 100% a +/- 5 KHz y elegimos controlarlo con el SEGUNDO NULO de portadora haremos: $5000/5,52=905,8$ Hz y con este tono entrando al transmisor, regulamos su tensión hasta que desaparece la portadora (primer nulo). Pero debemos seguir ya que elegimos el SEGUNDO NULO. Seguimos aumentando nivel y la portadora sube nuevamente. Continuando, la portadora comienza a reducir su nivel hasta desaparecer. Y este SEGUNDO NULO indica exactamente el 100% de modulación. Ahora medimos la tensión del tono en la entrada y sabremos que a ese voltaje se modula 100 %

En todo lo anterior figura el índice m igual a desviación máxima de portadora dividido por la frecuencia modulante --> $m = \text{desviación} / \text{frecuencia moduladora}$. Como se daba esa relación solo para dar el 100 % de modulación, se dió solo el ejemplo de la desviación máxima para la norma en uso o sea: +/- 5KHz, +/- 25 KHz etc, pero debe tenerse en cuenta que el valor m se puede producir a cualquier desviación con cualquier frecuencia que dé justamente ese número m, y consecuentemente desaparecerá la portadora en cualquier momento aunque no se haya alcanzado el 100% de modulación.... Comencemos de nuevo ...

Note que en FM la desviación de portadora se produce por la tensión moduladora y al decir $m = \text{desviación de portadora} / \text{frecuencia modulante}$ en realidad estoy hablando solo de la entrada al modulador de FM; es como decir: tensión de modulación / frecuencia de modulación .. ¿ está más claro ? ATENCION !! no use los valores de tensión ya que debe usar los de frecuencia de desviación que produce esa tensión !!! La aclaración anterior es para que note que el valor m viene ya implícito o es determinado por la onda MODULANTE (y modulador).. Por eso es que regulando la tensión de entrada voy llevando el índice m al valor necesario con una frecuencia fija, que no necesito variar para ese ajuste (; en este caso !).

Para que vea que durante la modulación se producen varios nulos sin necesidad de llegar al 100% de modulación pero que siempre ocurren a los valores de m dados anteriormente, le doy un ejemplo: Si yo ajusto el 100% para +/- 25 KHz debo usar una frecuencia que me dé el valor m necesario CUANDO LA DESVIACION LLEGUE A 25 KHz. Por eso hallo $25000/2,40477=10396$ Hz. Si solo está presente esa frecuencia aumento su tensión hasta llegar al valor $m = 2,404771$ y veo desaparecer la portadora. Pero si a ese mismo transmisor entra, durante la transmisión normal, un tono de 2079,2 Hz con una tensión que produzca una desviación de 5 KHz veo desaparecer la portadora aunque estoy lejos del 100% de modulación !! Esto es así porque se ha producido otra vez un valor $m = 5000/2079,2 = 2,404771$!!!

Si el valor de tensión fuera otro no se habría producido el nulo de portadora.. Entonces vemos que EL NULO DE PORTADORA está sujeto al valor de frecuencia de entrada juntamente con el valor de tensión de la misma y no ocurre solo al 100% de modulación sino que ocurrirá a cualquier frecuencia que tenga justo el voltaje necesario para producir un índice m de anulación (cualquiera de ellos).. Cuando ajustamos el 100% seleccionamos la frecuencia de modulación y luego solo nos resta hallar el valor de tensión para la anulación. Sabiendo estas relaciones ahora ya podremos calibrar un frecuencímetro dinámico como medidor de porcentaje de modulación eligiendo cualquier frecuencia, para calibrar cualquier punto de la escala, y usando el nulo de portadora solo como detector de que se alcanzó el valor correcto buscado (ubique Medición de Modulación FM en el índice)

En las páginas anteriores también se dice que hay nulos en los pares de frecuencias laterales (una a cada lado de portadora). Estos valores de m son:
Nulos en los pares de frecuencias laterales (Radiotransmisores, Gray & Graham)

| | 1er.nulo | 2do.nulo | 3er.nulo |
|------------------------------|----------|----------|-----------|
| 1er. par (fp+fm) y (fp-fm) | m = 3,83 | m = 7,02 | m = 10,17 |
| 2do. par (fp+2fm) y (fp-2fm) | m = 5,13 | m = 8,42 | m = 11,62 |
| 3er. par (fp+3fm) y (fp-3fm) | m = 6,38 | m = 9,76 | m = 13,01 |

; PARA EVITAR CONFUSIONES ACOSTUMBRESE CON LOS NULOS DE PORTADORA UNICAMENTE !!
Los índices a los cuales desaparece la portadora son: 1ra. desaparición: índice $m = 2,404771$; 2da. desaparición: $m = 5,52$; 3ra. desaparición: $m = 8,654$

Cuando utilice el método heterodino (producir batido para "oir" el nulo) verá que es mejor utilizar un valor mínimo de m como para que la frecuencia de audio resultante sea la más alta posible, a fin de que esté separada lo suficiente de las demás y el tono a la elegida no se confunda con el que se produce con otras. Este valor m es justamente el necesario para el primer nulo de la portadora.... Un generador TEKTRONIX para ± 25 KHz es un oscilador a cristal de 1,330688 MHz y obtiene 10396 Hz con un divisor digital por 128. La salida es en onda cuadrada que se hace senoidal pasándola por un filtro resonante tipo "pi" a LC pasabajos

MÁS SOBRE BANDAS LATERALES DE FM: La llamada REGLA DE CARSON nos permite calcular la banda ocupada en FM modulada con programa: $AB = 2 \times \text{desvío}$ para el 100% de modulación + $2 \times \text{frecuencia máxima}$ a utilizar. Así, para frecuencia máxima de 3 KHz a una desviación máxima de ± 5 KHz, el $AB = 16$ KHz. Sin embargo en uso profesional se suele considerar FM modulada por tonos de igual amplitud (o respuesta plana) y se aplican coeficientes según el índice m , lo que da un Ancho de Banda mayor... La diferencia radica en el concepto de BANDAS LATERALES SIGNIFICATIVAS utilizadas para dar la potencia de portadora; eliminar las de muy bajo nivel dará un cambio tolerable en la onda modulada.. Para la calidad profesional se toman en cuenta valores más reducidos de potencia en las frecuencias laterales y por eso se dejan pasar frecuencias que los aficionados eliminarían. Otra diferencia es que profesionalmente se considera modulación senoidal y a veces para aficionados se dan valores de potencia de bandas laterales con modulación vocal la que producirá menor potencia lateral en altas frecuencias que usando tonos. Anteriormente dije que se limitaba el ancho en BANDA FINA usando $m = 0,4$. Es que con éste o menores, el ancho de banda máximo será de $2 \times \text{frec. moduladora máxima}$

Ancho de banda necesario para transmisión de bandas laterales significativas
(del libro RADIOTRANSMISORES, por Laurence Gray & Richard Graham)

| Índice de modulación (valor de m) | El AB se obtiene multiplicando: f.modul.por ó desvío por | |
|---|---|-----|
| 0,5 | 4 | 8 |
| 1,0 | 6 | 6 |
| 2,0 | 8 | 4 |
| 3,0 | 12 | 4 |
| 5,0 | 16 | 3,1 |
| 10 | 28 | 2,8 |
| 15 | 38 | 2,5 |
| 20 | 50 | 2,5 |
| 25 | 60 | 2,4 |

Considere que $m = \text{desvío/frec. modulante}$. Valores grandes de m significan que la onda modulante es de frecuencia cada vez menor en relación al desvío producido. Como se observa, a medida que se reduce la frecuencia modulante, AB se acerca a $2 \times \text{desvío}$ para el 100%. Para ± 5 KHz con 3 KHz, el AB resulta de alrededor de 23 KHz que como se verá es bastante mayor que los 16 KHz hallados anteriormente

RECUERDE: Una tensión continua, de suave crecimiento, desplaza la frecuencia de la portadora. Pero una tensión alterna que "sacuda la oscilación" hacia ambos lados, deja la frecuencia de ésta fija, crea bandas laterales a sus dos lados, y LA SUMA TOTAL dará una frecuencia que se desplaza al ritmo de la onda modulante. Si la modulación no es simétrica entre positivo y negativo, la frecuencia PROMEDIO se desplazará hasta ubicarse en el punto medio del "vaivén" de frecuencias. Esto no quiere decir que picos positivos y negativos se igualen en recepción !!

La FM ocupa una banda más ancha que la AM debido a que sus bandas laterales con tienen grupos de frecuencias a cada lado de una portadora f_p , espaciadas a valores relacionados con la frecuencia modulante f_m así: $f_p + f_m$, $f_p + 2f_m$, $f_p + 3f_m$, etc y simultáneamente con las opuestas en el otro lado: $f_p - f_m$, $f_p - 2f_m$, $f_p - 3f_m$, etc. Al calcular el ancho de banda para modulación vocal hasta 3 KHz se toma en cuenta que las frecuencias altas de voz tienen poco nivel respecto a las centrales, y que a pesar de que aumentan el espaciado, su nivel no generaría el último par.

En otros casos se considera que aunque alcanzara a generarse el último par éste tendría tan bajo nivel que suprimiéndolo no se ocasionaría mucha deformación... Aproximadamente el ancho para FM VOCAL es: $2 \times \text{desvío máximo de frecuencia} + 2 \times \text{frecuencia máxima modulante}$. Modulando a ± 5 KHz desde 200 a 3000 Hz este ancho es: $2 \times 5 + 2 \times 3 = 16$ KHz. Recuerde que con AM era de 6 KHz y BLU de 2,8 KHz. Sin embargo sepa que para audio plano hasta 3 KHz el ancho será de unos 24 KHz.

MODULACION DE FASE

Una variación de la modulación en frecuencia es la modulación de fase. La modulación de fase es una variación en el tiempo, con un retardo o adelanto de una onda con respecto a otra de la misma frecuencia pero tomada como referencia. Si tengo dos osciladores a la misma frecuencia y de tal manera que ambos comiencen simultáneamente las variaciones de tensión en el mismo punto de la onda se dice que están en fase. Pero si por cualquier causa, uno de ellos comienza antes que el otro, la frecuencia sigue siendo igual en ambos pero habrá una diferencia de tiempo o FASE entre ellos. Se dice que uno está DESFASADO con respecto al otro.

La diferencia de fase se mide según la duración de un ciclo de esa frecuencia. Los generadores rotativos, ej: alternadores, deben dar una vuelta completa o sea girar 360 grados para generar una onda completa. Si cada onda se genera en 360 grados, media onda demora 180 grados y $1/4$ de onda tardará 90 grados. Estas son las medidas en los llamados GRADOS ELECTRICOS de una onda y por eso los desfases se expresan en grados referidos a fase 0 (la misma frecuencia sin desfase). Cuando se trata de una sola frecuencia el desfase se mide en grados de adelanto o atraso respecto de la referencia 0, pero cuando se refiere a una banda de frecuencias, el desfase se mide como tiempo de retardo de grupo (capítulo 7). Trate de ir dibujando los ejemplos dados para entender mejor lo que se explica.

Un ejemplo sencillo de diferencia de fase se vé en un CIRCUITO SERIE RC al que se le conecta una tensión. Un capacitor descargado es como un cortocircuito, to mará mucha corriente para cargarse, pero a medida que se carga toma cada vez me nos corriente hasta que está plenamente cargado al valor de la tensión aplicada. En cambio un resistor provocará una caída de tensión entre sus extremos que se rá mayor a mayor corriente y viceversa. Los efectos son opuestos. Al conectar tensión el capacitor toma mucha corriente, la que pasa también por el resistor. La tensión en el resistor es elevada y en el capacitor descargado es cerca a 0V. A medida que el capacitor se carga, aumenta la tensión entre sus extremos pero baja la corriente que pasa por el resistor. Ahora el capacitor tiene más tensión y el resistor menos. Al fin el capacitor tiene toda la tensión y el resistor 0V.

Si ahora a ese circuito le aplico una onda alternada, la tensión en el resistor y en el capacitor tomadas al mismo tiempo tendrán valores diferentes, están des fasadas. El desfase con la entrada depende del valor de resistencia y capaci dad del circuito y de la frecuencia de la onda aplicada ya que aquí se conside ra la REACTANCIA del capacitor. Un diagrama vectorial con R en el eje X y XC en el eje -Y mostrará un vector fase resultante de los otros dos valores. Podremos ver que variaremos la fase con solo variar R o XC. La razón de que los ejes es tén a 90 grados es porque la tensión en el capacitor atrasa 90 grados a la co rriente que pasa por el resistor, o sea atrasa 90 grados a la tensión en R. Puede comprobarlo trazando la curva de tensión alterna sobre R y, por lo anteriormente expuesto, comenzando la onda de C en cero cuando ya es máxima en R y viceversa.

¿COMO SE MODULA LA FASE?: Los métodos de modulación de fase de una portadora ya generada, producen un retardo o "frenado" en la evolución de la onda, PARA ATRA SAR SU FASE respecto de la fase de referencia que se llama "fase cero"; y un a delanto o "aceleración" PARA ADELANTARLA respecto de esa misma fase de referencia. La llamada "fase 0" suele ser la que tiene la portadora cuando no está modulada.

Es por eso que la modulación de fase NO SE PROVOCA EN OSCILADOR, sino en etapas posteriores. Un método es hacer pasar la portadora por un circuito desfasador a reactancia electrónica, muy similar a los circuitos de reactancia que modulaban los osciladores de FM. La tensión de modulación se aplica al electrodo control. Otro método de modulación de fase, somete a una portadora al pasaje a través de impedancias reactivas, luego varía con audio la relación reactancia/resistencia. Otro método varía los valores LC en una etapa sintonizada posterior a oscilador.

Hay también modulación de fase con dos moduladores balanceados, alimentados con portadora desfasada a 90 grados uno del otro y con entradas de audio invertidas. Si no se invirtiera el audio las salidas de los dos moduladores crecerían y di minuirían simultáneamente dando una AM a doble banda lateral (DBL) sin portadora. La señal de color en TV es por modulación de fase con 2 moduladores balanceados. En realidad es una señal modulada en fase y amplitud (QAM) donde la fase deter mina el color y la amplitud de la onda la cantidad o saturación del mismo color. Un problema de la modulación de fase por métodos reactivos, o por desintonía de un circuito sintonizado, es que se producirá modulación de amplitud tanto mayor cuanto más varíe la relación de reactancias o de sintonía, pues estos circuitos someten a la frecuencia a modular a diferentes relaciones de atenuación o desin tonía. Es por ello que estos circuitos se utilizan solo para bajo grado de modu lación; para modulaciones mayores se utiliza el método de modulator balanceado. Como ellos suprimen la portadora, si no se reinyecta, la envuelta de modulación mostrará modulación de amplitud según cuánto varíe la fase. Se produce AM 100 % al invertirse la entrada 180 grados y menos a otros valores de cambio de fase.

La comunicación por modulación vocal de fase (G3E) no es muy utilizada; se pue de demodular con un C. Integrado PLL, con oscilador de referencia integrado, que hará el trabajo si se sincroniza al valor de FASE PROMEDIO, o fase central del "vaivén de fase", la que corresponde a la de portadora sin modular o "fase cero".

La modulación de fase es muy usada para modular con pulsos a una portadora: di rectamente (manipulación QSK: 2 fases a 90 grados), o por subportadora de audio donde un tono fijo es modulado en 2, 4, 8, 16, etc, fases diferentes... En esta modalidad, la fase cambia abruptamente de una a otra sin continuidad, y esto es lo que impide utilizar un detector de fase con oscilador enganchado al promedio o fase central de la modulación. Para estos sistemas en que la fase salta de un valor a otro diferente, sin necesidad de pasar por la fase central, se deben uti lizar osciladores en fase cero que se sincronizan con una referencia remitida aparte desde el emisor; de otro modo se deberá extraer por multiplicación de la frecuencia subportadora o combinando moduladores balanceados. En la TV COLOR la referencia viene como BURST, en el pórtilo posterior H de cada línea de imagen. LA MODULACION DE FASE ES LINEAL CON LA TENSION MODULANTE, AL DOBLAR ESA TENSION SE AUMENTA AL DOBLE LA DESVIACION DE FASE SIN IMPORTAR LA FRECUENCIA MODULANTE. Pero la modulación de fase produce, además, cierta componente de modulación FM.

LA MODULACION DE FASE Y SU FM

La modulación de frecuencia como la de fase se conocen como MODULACION ANGULAR. La modulación variará el ángulo de fase de la portadora, tanto en modulación de fase como en FM. Y siempre que module en fase se producirá una modulación de FM porque: PARA ATRASAR LA FASE de una onda con respecto a otra de referencia, de berá "retardarla" o hacer más lenta su evolución hasta obtener la diferencia en tre ellas; en tanto que PARA ADELANTAR LA FASE deberá "acelerarla".. Un retardo o "frenado" de las ondas produce una DISMINUCION DE FRECUENCIA, en tanto que su aceleración produce un AUMENTO DE LA FRECUENCIA. Estos cambios ocurren solo du rante el instante en que se está produciendo el cambio de fase; luego, al cesar el cambio, al quedarse "quieta" la tensión modulante, ambas frecuencias vuelven a ser iguales, pero ahora tendrán el desfase que provoca esa tensión continua.

El monto de cambio o DESVIACION DE FRECUENCIA es proporcional al valor del CAMBIO MAXIMO DEL DESVIO DE FASE que produce el valor instantáneo de TENSION MODULANTE, y a la VELOCIDAD DE ESE CAMBIO determinada por la FRECUENCIA MODULADORA. Es muy importante que recuerde esta última relación entre la desviación de fase y la desviación de frecuencia que ella produce pues ya volveremos sobre el tema

Vimos como varía la frecuencia al variar la fase, veamos como influye VELOCIDAD Una onda de 1000Hz se hace a doble velocidad que la de 500 Hz, pues en el mismo tiempo (1 segundo) genera el doble de Hz que la segunda. Si ambas ondas modulan portadora CON IGUAL TENSION, producen EXACTAMENTE el mismo cambio de fase, pues debe recordar que el cambio de fase depende solo de la tensión modulante. Debido a esto, ambos tonos producen LA MISMA VARIACION DE CICLOS DE PORTADORA al de morar o acelerar las ondas ocasionando la modulación de fase. ; Pero el tono de 1000 Hz lo hace el doble de rápido; en mitad del tiempo que emplea el de 500Hz! Así, la misma cantidad de ciclos de cambio pero en mitad del tiempo, significan ¡el doble de variación de frecuencia!. Por eso es que: LA DESVIACION DE FRECUENCIA (o FM) PRODUCIDA POR LA MODULACION DE FASE, AUMENTARA AL DOBLE AL DOBLAR LA FRECUENCIA MODULANTE (o velocidad de modulación). Es decir, aumenta 6dB/octava.

El desvío de fase se da en radianes/seg: desvío Θ = desvío frec./frec. modulante Un radián es igual a $180/\pi$ o sea que es aproximadamente igual a 57,3 grados .. La banda ocupada con modulación de fase depende del máximo desfase obtenible, y además, de la máxima frecuencia modulante o de la velocidad de cambio de fase En general resulta algo similar al de AM, o FM de muy bajo índice de modulación y al igual que en FM genera bandas laterales según frec. modulante y desfase YA SABE QUE SI LA MODULACION CAMBIA POCO LA FASE, SE PRODUCE MENOR ANCHO DE FM.

FM COMPATIBLE

Ya vimos que la FM producida por MODULACION DE FASE no es plana, pues aumentará con la amplitud modulante y variará más a mayor frecuencia modulante. En cambio la FM VERDADERA depende solo de la tensión modulante y es plana en frecuencias. Aún podemos expresarlo de otro modo: A IGUAL TENSION MODULANTE en modulación de fase, la FM resultante da un desvío doble al doblar frecuencia modulante; la FM VERDADERA dará el mismo desvío mientras se mantenga la misma tensión moduladora

Para que un modulador de fase genere una FM COMPATIBLE, se ecualiza la señal MODULANTE disminuyendo su tensión a mayor frecuencia CON DEENFASIS de -6dB/octava Así, al doblar frecuencia se reduce a la mitad el desvío de fase, esto produce la mitad de ciclos de variación, que al variarse en mitad de tiempo da FM plana Antiguamente se modulaba en fase la salida de un oscilador a cristal en una etapa con dos moduladores con entradas de RF a 90° y audio a 180° entre sí.. Luego se debía reinyectar la portadora, suprimida por el balanceo, con desfase de 90° Aunque la modulación con modulador balanceado podría llegar a $\pm 45^\circ$ se la limitaba a $\pm 14^\circ$ ($m = 0,25$) para tener distorsión de solo 2% La modulación de fase luego del oscilador era pequeña y la FM resultaba de poco desvío para Broadcasting. Se la multiplicaba 5000 veces para aumentar el porcentaje para ± 75 KHz.

Un VCO (Oscilador Controlado por Voltaje) es un oscilador de MODULACION ANGULAR El uso habitual del VCO es utilizarlo para modulación de FM a plena desviación. Sin embargo, el tener un circuito VCO no es garantía de que la emisión sea FM. Sabemos que el YAESU FT-470 es un equipo modulado en fase (G3E), porque así lo confiesa el fabricante en su manual original... En mi YAESU FT-470 se modula un VCO dentro del lazo PLL que controla al SINTETIZADOR. El audio pasa a un varactor modulador, independientemente de los que controlan la frecuencia, y modula al oscilador a través de un pequeño capacitor de solo 2 pF conectado al circuito LC. El ecualizar el audio con preénfasis a +6dB/octava convierte FM al tipo de FASE

Aquí no resultaba conveniente modular en FM normal, pues se modula un PLL veloz en el SINTETIZADOR DE FRECUENCIAS, que reacciona tratando de impedir su cambio. Recuerde que un lazo PLL de SINTETIZADOR DE FRECUENCIA reacciona RAPIDAMENTE al intento de variarla. Si se debiera modular frecuencia en tal caso, el PLL se hace más lento con más capacidad en el filtrado de la tensión de corrección. Pero un PLL de SINTETIZADOR DE FRECUENCIA que se haga demasiado lento ¡ES DE MALA CALIDAD!. Casi siempre se obtiene la FM modulando un VCO y dentro de un lazo PLL, ¡pero éste reaccionará más lento que un lazo PLL para sintonía de sintetizador!

DIFERENCIAS ENTRE FM VERDADERA Y FM COMPATIBLE

Sepa que en fase no se puede emitir nivel de C.C a menos que envíe aparte la referencia de fase cero. ; Y con la "fase quieta" desaparecerá la FM Compatible ! ; LA FM COMPATIBLE ES INCAPAZ DE MANTENER UNA MODULACION DE TENSION CONTINUA!! Un equipo de FM por fase viene ecualizado para FM, y al usarlo para modular directamente en modulador para obtener una mejor calidad, anulará la ecualización que convertía la modulación de fase en una FM compatible, y obtendrá distorsión Por todo esto, el uso de FM por modulación de fase exige mayor experimentación SI ES QUE SE PRETENDE MODULAR DIRECTO EN EL MODULADOR ANULANDO LA ECUALIZACION.

Una diferencia espectacular entre FM y G3E se verá al modular SIMULTANEAMENTE a estos dos tipos de emisores con un mismo tono de audio. ¡Este se recibe con una diferencia de fase de 90 grados en el mismo tipo de receptor!. Puede comprobarlo prácticamente, si es posible conseguir que no se interfieran ambas emisiones, y si se obtienen dos receptores iguales (o parecidos) y un osciloscopio de doble canal, uno para cada receptor. Note que se trata de LA FASE DEL TONO MODULANTE, y no la de portadora que puede variar muchísimo y hasta ser de otra frecuencia! Si se modula con audiofrecuencia bastante baja se enmascararán desfases diferentes de los equipos utilizados. También puede utilizar portadoras diferentes. La explicación de ese fenómeno está en los tres renglones de mitad de la página 19 que yo le pedí especialmente que recuerde. Pero veamos que dicen los libros:

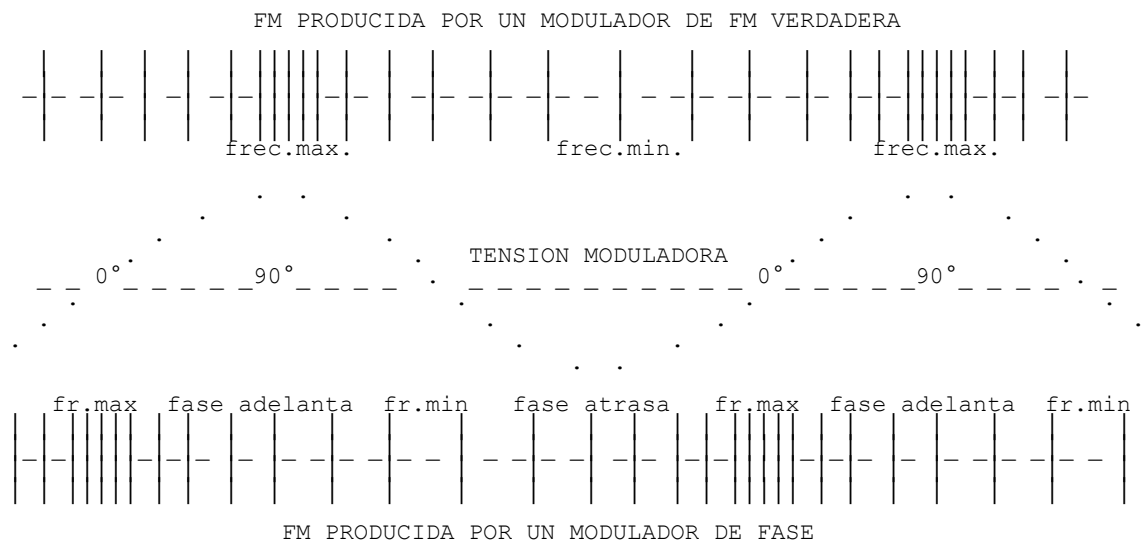
Unico texto hallado sobre el tema, del libro RADIOTRANSMISORES (Gray & Graham):
 " Si la tensión moduladora aplicada a un modulador de fase tiene la forma
 $\cos 2.\pi.f_m.t$, la expresión de la onda modulada en fase resultante es

$$e = E_c.\cos(2.\pi.f_c.t + \delta \theta.\cos 2.\pi.f_m.t) \quad (7-1)$$

donde e = tensión instantánea
 E_c = valor de cresta de la portadora
 f_c = frecuencia de la portadora
 f_m = frecuencia moduladora
 $\delta \theta$ = máxima desviación de fase

Ahora bien, si la tensión moduladora aplicada a un modulador de frecuencia tiene la forma $\cos 2.\pi.f_m.t$, la expresión de la onda modulada en frecuencia coincide exactamente con la $E_c.(7-1)$, excepto porque $\delta \theta$ queda reemplazada con $(\delta f_c)/f_m$, siendo δf_c la máxima desviación de frecuencia.
 Esto quiere decir que si se aplica una señal sinusoidal de audiofrecuencia a un modulador de fase y a un modulador de frecuencia, un observador dotado de un receptor de FM no puede distinguir entre los dos. Sin embargo, si los dos moduladores se excitan simultáneamente y en fase, con diferentes frecuencias portadoras, y las salidas de dos receptores de FM se observan en un osciloscopio de doble haz, se advertirá que hay una diferencia de fase de 90 grados entre los dos tonos de audio recuperados.".. Hasta aquí la copia textual, en la que he debido agregar: los puntos para indicar multiplicación y separar los términos, la palabra $\delta \theta$ por no poder representar con la PC ese símbolo triangular, y la π ..
 ¡En el libro no se agrega ninguna explicación adicional ni gráfico aclaratorio!

Es difícil que Ud pueda hallar alguna otra explicación práctica de ese fenómeno. Las publicaciones destinadas a radioaficionados lo ignoran totalmente; ni HAND-BOOKS, ni revistas, ni nadie más habla del tema. Su ayuda está en la definición: El monto de cambio o DESVIACION DE FRECUENCIA es proporcional al valor del CAMBIO MAXIMO DEL DESVIO DE FASE que produce el valor instantáneo de TENSION MODULANTE, y a la VELOCIDAD DE ESE CAMBIO determinada por la FRECUENCIA MODULADORA. Hice un dibujo aplicando la definición de modulación de FM y de la FM por fase, pero por problemas de dibujo con PC, represento senoides de RF solo con líneas.



Se dará cuenta que cuando ambas RF moduladas lleguen a un receptor de FM, éste las ve igual pero desplazadas en el tiempo y recuperará la misma modulación pero con adelanto de 90 grad. de la producida por fase respecto a la FM VERDADERA. Si la modulación se invierte en uno solo de ellos el adelanto pasa a ser atraso. Observe que en modulación por fase los picos de frecuencia máxima y mínima quedan en el punto medio de la variación de fase, y justo en el cambio más rápido. SI ESTO PASA MODULANDO CON ONDAS SENOIDALES ¡¡IMAGINESE QUE SUCEDE CON PULSOS!! En esta frase cometí un exceso intencional para dramatizar el tema y atraer su atención pues eso pasaría con modulación de fase, es decir para cuando a Ud. se le ocurra quitar la ecualización a su FM COMPATIBLE para modular directamente. El deénfasis le restringe el efecto de la VELOCIDAD de cambio de fase reduciendo la tensión moduladora a mayor velocidad de cambio de ella (mayor frecuencia). Desgraciadamente la ecualización produce diferencias de retardo de grupo que no permiten modular sin distorsiones, como se necesita en alta velocidad de pulsos. Por favor, no olvide que un equipo de FM VERDADERA no presenta estos problemas!

Recuerde que hay estrecha relación entre el índice de modulación m de FM y el desvío de fase. El índice m considerado como ángulo en radianes nos permite hallar la variación de fase en grados, por ejemplo: $m = 0,25$ se considera 0,25 de radián/seg. Como 1 radián es 57,3 grados tendremos $0,25 \times 57,3 = 14,325$ grados, o sea que la modulación en fase que se produce a ese índice será de ± 14 grad.

DIFERENCIA ENTRE MODULACION ANGULAR Y AM

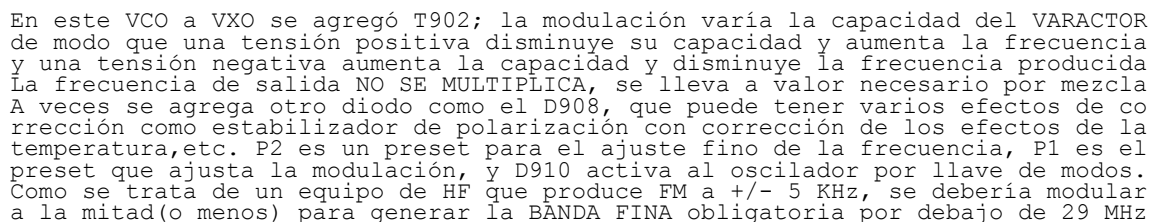
Anteriormente expresé que el ancho de banda de la modulación en fase es similar al de AM cuando el índice de modulación angular es bajo. Esto es así porque, en ese caso, se produce solo un par de frecuencias laterales igual que en AM... El Analizador de Espectro mostrará un aumento y disminución de portadora y bandas laterales semejante al que ocurre con AM, pero una medición de fases demostrará que en AM la portadora está en fase con la resultante de sus bandas laterales y en modulación angular la portadora está en cuadratura con ella, es decir, a 90° . Eso explica el porqué cuando se desea producir FM COMPATIBLE, la portadora se inyerta desfasada 90° en la salida de los moduladores balanceados de fase, o se desfasa 90° la salida de los moduladores y se agrega portadora en fase 0° . Los vectores fase de bandas laterales giran en sentido contrario, y se cierra o abre el ángulo entre ellos sumando o restando potencia a la resultante, que en el caso de AM es la misma portadora, y en fase determina la modulación en ángulo



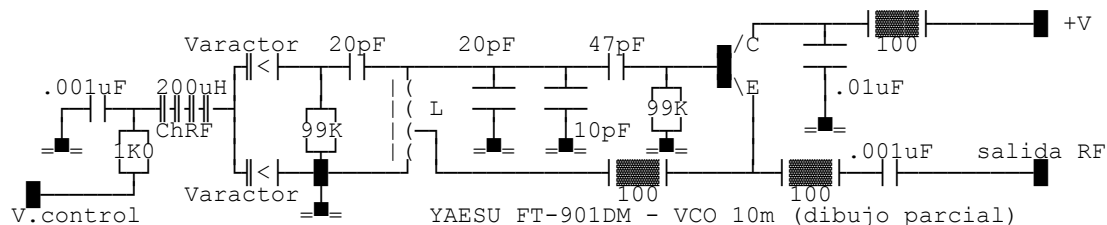
En el caso de FM con modulación superior a $m = 0.4$, el diagrama vectorial de la modulación angular debe representar muchas bandas laterales, encimándose las de igual fase mientras que las que están a 180° se deben representar como juego de vectores opuestos al que figura dibujado, es decir que van del otro lado de la portadora y también a 90° de ella. Se determinará una resultante total que mostrará la variación, en ángulo y en amplitud, producida por las bandas laterales

OSCILADORES VCO PARA FM VERDADERA

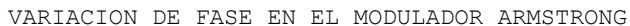
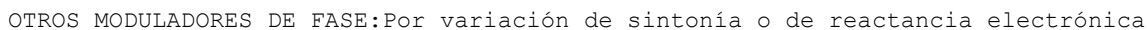
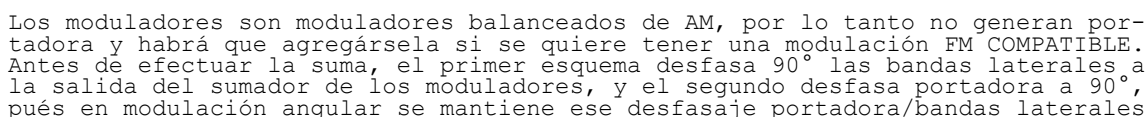
Un oscilador VCO cambia de frecuencia al variar la tensión de control.. Los dos tipos más usados por radioaficionados son el VCO a cristal y VCO de sintonía LC. Veamos primero un oscilador típico a VXO, u oscilador de frecuencia variable a cristal, que ha sido convertido a VCO al agregarle sintonía variable a VARACTOR. Para aumentar el rango de sintonía de un cristal se le agrega reactancia inductiva para alterar sus constantes, pues de otro modo no podría variarse mucho, y se sintoniza con un capacitor variable sin perder tanta estabilidad del cristal.



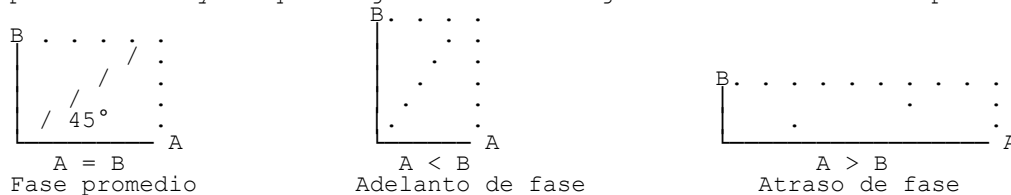
El VCO a LC (a inductor y capacitor) se sintoniza con VARACTOR. Como verá luego de los de fase, éste necesita tensión de corrección para mantener la frecuencia



La conversión de fase a FM se produce pasando el audio por una red de deénfasis. El circuito más popular es el de ARMSTRONG, con dos moduladores balanceados que anulan portadora y varían el ángulo de fase. Trabajan a 200 KHz, se le agregaba la portadora y la FM se multiplicaba muchas veces pues producía poca desviación. El desfase de 90° entre moduladores se logra con dos redes RC que desfasan en 45° de adelanto o atraso a cada uno de ellos respecto de la entrada desde oscilador. La red RC es idéntica pero en un caso se toma la tensión de C, y en el otro la de R, para conseguir que la tensión sobre C atrase a la tensión sobre R.



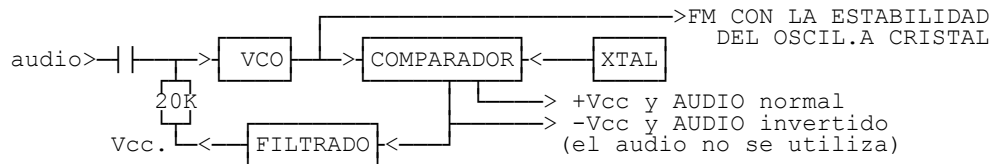
Vimos que la fase del modulador A atrasa 90° a la fase del B. Como ambos modulan en amplitud opuesta, el efecto puede representarse variando longitud de vectores. En entrada de audio: cuando B es positiva, A es negativa por efecto de la inversión del transformador de audio. El modulador con entrada positiva aumentará la amplitud de RF y el que tenga la entrada negativa disminuirá la amplitud de RF.



38

FM VERDADERA POR VCO ESTABILIZADO CON PLL (Phase Locked Loop)

Un VCO a LC no es estable como un VXO; los inductores y capacitores cambian sus valores con la temperatura ambiente y por la que produce el pasaje de corriente. Haciendo trabajar al oscilador a bajísima potencia se disminuye el cambio producido por la corriente de RF, pero esto no alcanza para garantizar estabilidad. Sabemos que la frecuencia de un VCO varía con la tensión de modulación, por lo tanto, podríamos utilizar una tensión que estabilice la frecuencia de salida si esta tensión obedece a la comparación con otra frecuencia estable de referencia.



El COMPARADOR se asemeja a un discriminador de FM o de fase; si la frecuencia del VCO es mayor que la del oscilador a cristal se producirá una tensión positiva, tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia; y cuando el VCO da una frecuencia menor que la del cristal se produce tensión negativa. Como el VCO genera FM desde el audio de entrada, la salida del comparador será ese audio más la componente continua Vcc, que varía según varíe la frecuencia FM promedio con respecto a la fija de comparación. Luego del FILTRADO se aplica Vcc al varactor de VCO de modo que actúe en contra de la variación: si la frecuencia promedio sube, la tensión de corrección debe bajarla y viceversa, lo que se logra directamente en unos casos, y con Vcc inversa en éste, para que se oponga al cambio de frecuencia. El FILTRADO es un compromiso entre velocidad de corrección y linealidad de FM, ¡y en muchos casos el FILTRADO es toda una red de ECUALIZACIÓN de frecuencias!. Si a este esquema le quitamos la entrada y salida de audio tenemos lo que se conoce como PLL o lazo enganchado en fase (con la referencia XTAL). Y si a las entradas del COMPARADOR le agregamos divisores de frecuencia ajustables, tendremos lo que se conoce como SINTETIZADOR DE FRECUENCIAS muy usado en radioafición. Como todo está muy relacionado seguiremos con el tema luego de ver ECUALIZACIÓN.

PREENFASIS Y DESENFASIS EN FM BROADCASTING

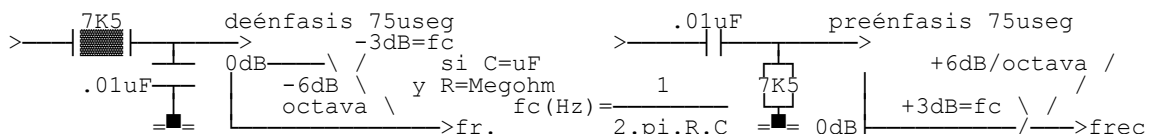
Para mejorar la relación señal a ruido EN EL RECEPTOR, los emisores de Broadcasting y TV aumentan la modulación en frecuencias altas con preénfasis en señal moduladora a razón de +6dB por octava. Esto significa que la tensión moduladora crece al doble al hacerse doble la frecuencia, por ejempl: si a 2 KHz la tensión en el modulador es de 300mV, a 4KHz será de 600mV, a 8 KHz será de 1,2 V, y con 16 KHz debería ser de 2,4 V. EN EL RECEPTOR se normaliza la señal con deénfasis de -6dB por octava, es decir que la tensión de audio se reduce a la mitad al hacerse doble la frecuencia, por ejempl: si a 2 KHz la tensión recibida es de 1,2 V a 4KHz será de 600mV, a 8 KHz será de 300mV, y con 16 KHz debería ser de 150mV. El deénfasis se coloca directamente a la salida del discriminador de frecuencia.

Como el ruido EN EL RECEPTOR es mayor en frecuencias altas, el deénfasis a -6dB por octava lo reduce enormemente. Y como esta corrección es exactamente la contraria de la usada por el emisor, la salida del audio será plana en frecuencias. En el transmisor de FM, el aumento de modulación en alta frecuencia causado por el preénfasis no produce sobremodulación, pues el audio suele tener menor nivel cuanto más alta sea la frecuencia. Además en Broadcasting y TV se usan limitadores selectivos a frecuencia, por ej. comienzan a limitar nivel a 100% desde 4KHz. Otra cosa que debe entender es que no es lo mismo preénfasis FM a +6dB por octava como en Broadcasting, que dejar la FM por FASE sin su deénfasis, pues el primero comienza a cierta frecuencia (2 ó 3 KHz) y FM por FASE preenfatisa desde 0. Desgraciadamente los equipos de FM para radioaficionados no parecen tener norma standard de preénfasis (por lo menos yo no conozco ninguna), y cada fabricante hará algún promedio ya que usando rango vocal se anulan frecuencias sobre 3 KHz.

NOCIONES BASICAS DE ECUALIZACION

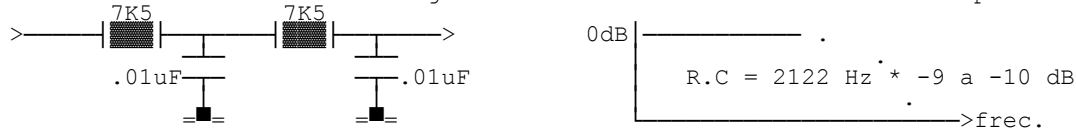
Ecualizar significa igualar, devolver algo a su valor original.. En electrónica la ecualización significa alterar la respuesta a frecuencias de los amplificadores o de los transmisores. El preénfasis y deénfasis de la FM son un ejemplo de ECUALIZACIÓN; también la curva RIIA para discos, o la NAB para cinta magnética.

Como en general las curvas de ecualización son de variación continua con la frecuencia, por ejemplo a 6 dB por octava, se suelen utilizar redes RC (resistencia-capacitancia) muy sencillas. Una célula RC varía su impedancia según la frecuencia a la que funciona, a causa de la variación de la reactancia capacitiva. La célula RC se define con el valor de su CONSTANTE DE TIEMPO o valor de $R \times C$, que indica el tiempo en que se cargará C a través de R, al 63,2% de una tensión. Un ejemplo: si digo que en FM la ecualización es de 75 microsegundos, significa que se consigue con redes RC que demoren ese valor de tiempo. Pueden ser: .05 uF y 1500 ohms, .02 uF y 3750 ohms, .01 uF y 7500 ohms, etc. Si damos R en Megohms y C en microfaradios obtenemos segundos: $.02\text{uF} \times .00375\text{Megohm} = .000075\text{ segundos}$ que es 75 microsegundos.. Como hay muchos valores que dan la misma constante de tiempo, se elige la correcta por el valor de impedancia.. Los mismos valores RC pueden utilizarse para preénfasis como para deénfasis ya que solo cambia la posición de R y C, pudiendo constituir un circuito pasabajos o circuito pasaaaltos.



Por los esquemas nos damos cuenta que al variar la reactancia varía la tensión, por lo que podemos hallar la llamada FRECUENCIA DE CORTE de RC, frecuencia a la

cual $R = XC$ y la tensión de salida será el 70,7% (3dB) del valor en la entrada. La frecuencia de corte se obtiene con $f_c(\text{Hz}) = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot C)$. Para ecualización de 75 useg. resulta: $f_c = 1 / (6,2832 \times .000075) = 2122 \text{ Hz}$, lo que indica que el efecto de preénfasis o deénfasis comenzará a 2122 Hz a razón de 6 db por octava. Para ecualización de 50 microsegundos comenzará a $1 / (6,2832 \times .00005) = 3183 \text{ Hz}$. La utilización de 2 células RC iguales en serie aumenta atenuación en punto $R \times C$



REDES ECUALIZADORAS A RC

El comprender las redes de ecualización nos ayudará a "ver" en el esquema de un amplificador, transmisor, o receptor, las características de su funcionamiento. Ahora solo veremos las generalidades como para entender algo más de modulación. Cuando se deben producir curvas de ecualización con varios puntos de corrección se utilizan REDES RC, o combinaciones de células RC de 6dB, según sea necesario. Para entender una red de ecualización vea como funciona cada célula RC aislada.

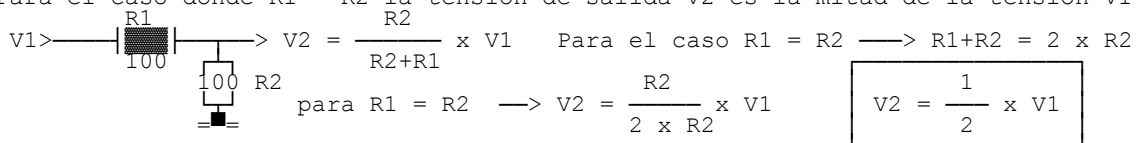
LA REACTANCIA XC : Es el valor de resistencia aparente que presenta un capacitor C a la frecuencia de trabajo. La reactancia de C es igual a: $XC = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$, lo que nos muestra que la reactancia XC de un capacitor AUMENTA en frecuencias bajas y SE REDUCE en las frecuencias altas. A los fines prácticos podríamos suponer que XC es una RESISTENCIA VARIABLE CON LA FRECUENCIA DE TRABAJO y esto es lo que nos permite utilizar capacitores para variar la tensión según frecuencia. Este programa BASIC le permitirá familiarizarse con los valores de reactancia

```
10 CLS : PRINT " CALCULO DE LA REACTANCIA CAPACITIVA, por LU4AKC "
15 PRINT
20 INPUT " VALOR DEL CAPACITOR (en uF) ? = ", C
30 INPUT " FRECUENCIA MAS BAJA (en Hz) ? = ", F1
40 INPUT " FRECUENCIA MAS ALTA (en Hz) ? = ", F2
50 INPUT " SALTO DE FRECUENCIA (en Hz) ? = ", S
55 CLS : PRINT " PROGRAMA DE LU4AKC *** VALORES DE REACTANCIA PARA C ="; C;"uF"
60 PRINT "          FRECUENCIA EN HERTZ          REACTANCIA XC EN OHMS"
65 FOR F = F1 TO F2 STEP S
70 LET XC = 1000000 / (6.2832 * F * C)
80 PRINT TAB(15); F; TAB(40); XC: NEXT F
90 END
```

La línea 70 muestra que cambié la expresión matemática de XC para trabajar con capacitores en microfaradios. "Salto de frecuencia" le pide que indique en Hertz cada cuántos Hz se debe calcular, siendo conveniente que divida el rango total en hasta 20 renglones... Le será más fácil pedir datos en relación de diez, por ejemplo: $F1 = 100$, $F2 = 2000$, $SALTO = 100$; le listará 20 renglones, uno cada 100 Hz

RESPUESTA A FRECUENCIAS DE LA CELULA RC

El cálculo de la tensión de salida de un divisor depende de sus valores.. En un DIVISOR RESISTIVO, V_2 se obtiene multiplicando V_1 por las relaciones de R_1 y R_2 . Para el caso donde $R_1 = R_2$ la tensión de salida V_2 es la mitad de la tensión V_1



Cuando el divisor incluye una reactancia debe utilizarse el valor de IMPEDANCIA. La impedancia Z_s es la resultante de la combinación de resistencia y reactancia

$$Z_s = \sqrt{XC^2 + R^2} \quad \text{La impedancia } Z_s \text{ es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de } XC \text{ y de } R.$$

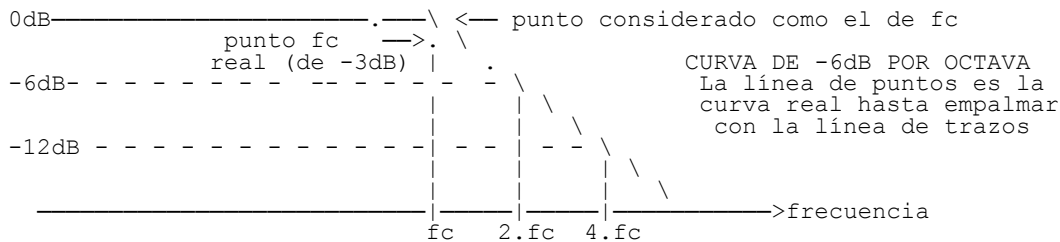
Este criterio se aplica a LA SUMA DE R y XC EN SERIE, pues la corriente única que circula determina dos tensiones fuera de fase, en este caso a 90° entre sí, y como R (o XC) = E/I no puede aplicarse la suma directa sino la suma vectorial. Esto puede obtenerse con el diagrama vectorial, que forma un triángulo rectángulo con la proyección de XC sobre la línea punteada. De este modo se aplicará el teorema de Pitágoras: "En un triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma del cuadrado de los catetos". Z_s es la hipotenusa, R y XC son los catetos; el símbolo de raíz cuadrada es la simplificación del cuadrado de Z_s . Lo que queremos demostrar es que en el caso de que $XC = R$, V_2 NO ES IGUAL a la mitad de V_1 como en el caso de resistencias iguales. Si aplicamos la misma relación: $R_2 / R_1 + R_2$, notaremos que con reactancias la suma debe ser la impedancia Z_s

$$V_2 = V_1 \times \frac{R}{R + X} = V_1 \times \frac{R}{\sqrt{R^2 + R^2}} \quad \text{como } X=R \rightarrow V_1 \times \frac{R}{\sqrt{2} \times R}$$

o sea: $V_1 \times \frac{R}{\sqrt{2} \times R}$ simplificando: $V_1 \times \frac{1}{\sqrt{2}}$ finalmente: $V_2 = V_1 \times 0.707$

Así podemos decir que en el caso en que $R = XC$, que como recordamos es el punto f_c o frecuencia de corte, la tensión de salida es el 70.7% de la entrada, o sea que hay 3dB de diferencia entre tensiones. En la práctica, cuando estos decibelios (dB) son de disminución se los indica como -3dB, si son de aumento son +3dB

Como es norma que se considere respuesta plana dentro de $\pm 3\text{dB}$, el punto f_c se representa sobre la línea plana de la respuesta a frecuencias. Veamos el dibujo



Hasta f_c la curva se considera plana pero luego varía a razón de 6dB por octava. En caso de RC en paralelo el resultado es igual pero por razones muy diferentes. Se trata de una impedancia del paralelo de resistencia y reactancia. La corriente I determinará en sus extremos una tensión V_2 que depende de la impedancia Z_p . Para el caso en que solo está R : $V_2 = I \times R = V_1$; pero con X aparece Z_p que es:

$$I \rightarrow \begin{array}{c} \text{---} \\ | \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{c} R \\ X \end{array} \rightarrow V_2$$

$$Z_p = \frac{R \times X}{R + X} \quad Z_p = \frac{R \times X}{\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{X}}} \quad \text{si } R=X \quad Z_p = \frac{R}{\sqrt{2}} \quad Z_p = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

$$V_2 = I \times Z_p \rightarrow V_2 = \frac{I \times R}{\sqrt{2}} \quad \text{como } I \times R = V_1 \quad \boxed{V_2 = V_1 \times 0.707}$$

En este caso la expresión significa que, cuando $X=R$ la tensión V_2 será el 70.7% (-3dB) de V_1 , que es la tensión que hay cuando X no influye sobre R . V_1 aparece durante toda la parte plana de la curva, donde la reactancia X es muy elevada..

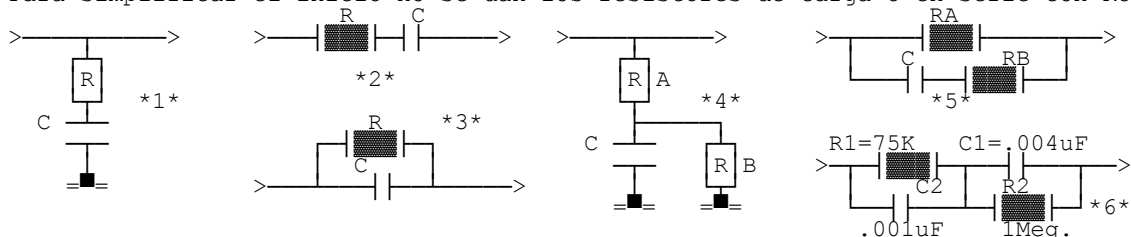
Este pequeño programa BASIC le permite hallar: CONSTANTE DE TIEMPO, FRECUENCIA DE CORTE, e IMPEDANCIAS SERIE Y PARALELO, de una celda RESISTENCIA-CAPACITANCIA. Las expresiones matemáticas están de acuerdo al uso en frecuencias de audio...

```

5 CLS:PRINT " CALCULO DE UNA CELDA A RESISTENCIA-CAPACITANCIA , por LU4AKC"
10 PRINT : INPUT " Valor de R (en ohms) = ",R
20 INPUT " Valor de C (en uF) = ",C
25 LET CT = R * C / 1000000!
30 INPUT " Frecuencia menor en Hz = ",F1
40 INPUT " Frecuencia mayor en Hz = ",F2
50 INPUT "Paso de frecuencia en Hz = ",S
55 LET FC = 1 / (6.2832 * CT) : CLS
60 PRINT "Para C ="; C; "uF y R ="; R; "Ω"; " * CONST.TIEMPO =";
70 PRINT FIX(CT*1000000!); "useg. * fc ="; FIX(FC); "Hz"
80 PRINT "FRECUENCIA(Hz)"; TAB(20); "REACTANCIA(Ω)"; TAB(40);
90 PRINT " Z PARALELO(Ω)"; TAB(62); " Z SERIE(Ω)"
100 FOR F = F1 TO F2 STEP S
110 LET XC = 1000000! / (6.2832 * F * C)
120 LET ZP = (XC * R) / SQR(XC^2 + R^2)
130 LET ZS = SQR(XC^2 + R^2)
140 PRINT TAB(5); F; TAB(20); XC; TAB(42); ZP; TAB(63); ZS
150 NEXT F
160 END

```

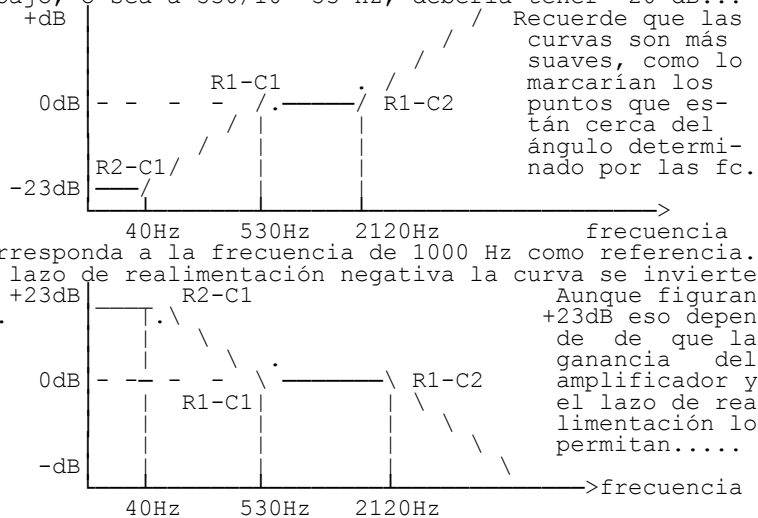
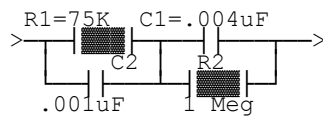
Una vez que tengamos ideas de reactancia, frecuencia de corte, impedancia, etc, y si ya conocemos la red RC de preénfasis o pasaaaltos, y deénfasis o pasabajos, podemos encarar el conocimiento del agrupamiento de redes RC según sus valores. Para simplificar el inicio no se dan los resistores de carga o en serie con RC.



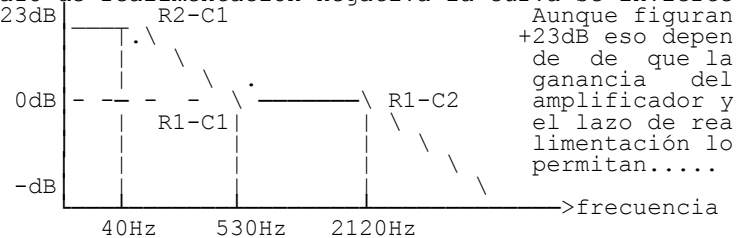
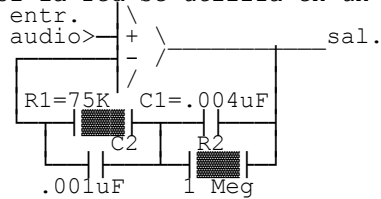
1 es una red de refuerzo de frecuencias bajas a partir de su frecuencia f_c de corte determinada por su constante RC. La impedancia aumenta hacia cero Hz hasta que en tensión continua, R no actúa más. A frecuencias superiores a f_c es plana y solo actúa C (C representa cortocircuito). El circuito *2* es el mismo pero en serie; aquí se atenúan las frecuencias bajas y no pasa la tensión continua. *3* aumenta las frecuencias altas a través de C a partir de f_c , pero es plano desde tensión continua hasta f_c . *4* es un caso parecido al *1*, pero se le agregó R_B en paralelo con C para limitar el efecto del aumento de reactancia. Ahora R_A está en serie con R_B cuando la reactancia de C sea muy elevada y en tensión continua. R_B corta la curva de +6dB a una frecuencia f_c determinada por R_B y C , es decir que esta red tiene dos puntos: $R_A \times C$ de refuerzo de frecuencias bajas, y $R_B \times C$ que corta ese refuerzo... R_B es mucho mayor que R_A porque debe cortar el refuerzo en una frecuencia mucho menor que la determinada por R_A y C . En *5* tenemos el esquema de *3*, con el agregado de R_B para cortar la curva de refuerzo de +6dB en frecuencias altas. R_B no permite la acción de cortocircuito de C , la que termina a la frecuencia f_c determinada por R_B y C . R_B es mucho menor que R_A porque debe cortar el refuerzo de +6dB a una frecuencia mayor que la de $R_A \times C$. El *6* es una red que determina una curva de cuatro secciones: R_1 da parte plana. R_1 - C_1 atenúa bajos hasta la f_c determinada por R_2 - C_1 (R_2 determinará el paso de continua y las frecuencias más bajas), y R_1 - C_2 refuerzan las frecuencias altas.

Más ilustrativo que calcular las fc es ver una curva. Como no se da resistor de carga o terminación, el 0 dB representa solo un valor de referencia, pero puede calcular los valores en dB, respecto a 0dB, porque la curva es a 6dB por octava. Así si a 530 Hz hay 0 dB a 40 Hz habrá cerca de -23 dB pues hay 3.8 octavas, la 1) $530/2 = 265$, la 2) $265/2 = 132.5$, la 3) $132.5/2 = 66.25$, y queda un 0.8 de octava. Luego $3.8 \times 6 = 22.8$ dB. Una forma más fácil es usar 20 dB por década: si a 530 Hz tengo 0 dB, a una década abajo, o sea a $530/10 = 53$ Hz, debería tener -20 dB...

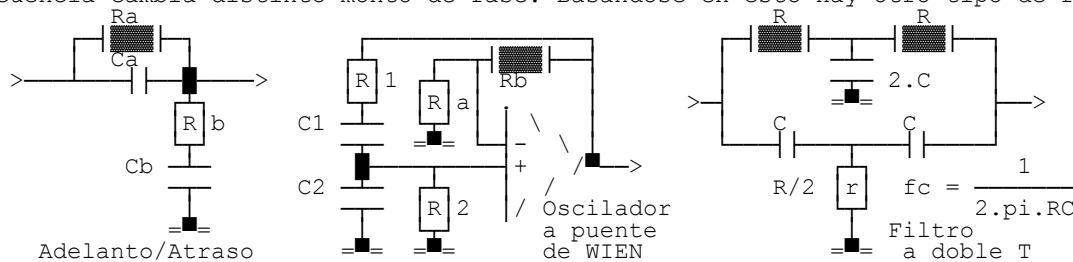
RED ECUALIZADORA Y SU CURVA



Es habitual que el 0 dB corresponda a la frecuencia de 1000 Hz como referencia. Si la red se utiliza en un lazo de realimentación negativa la curva se invierte entr.



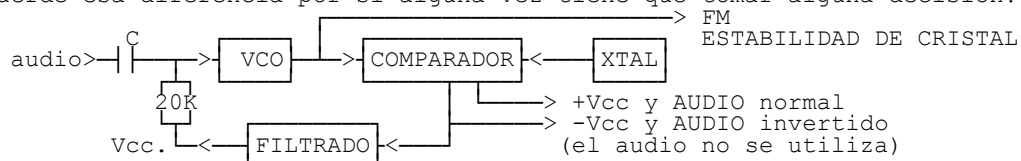
A esta altura de la lectura Ud se preguntará que tiene que ver todo esto con modulación FM. Tenga paciencia que luego tendrá que arreglarse solo con redes RC. En Modulación de Fase se explicó que variando R o C se cambiará la fase de una onda según valores de reactancia y resistencia. A valor RC fijo y distinta frecuencia cambia distinto monto de fase. Basándose en esto hay otro tipo de redes



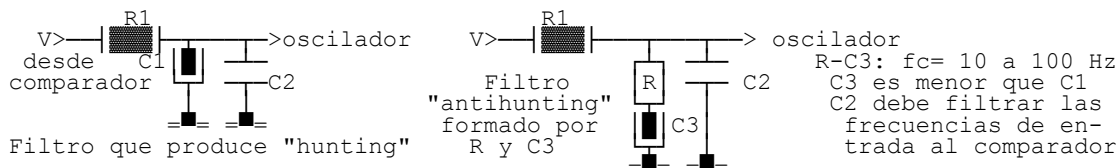
Adelanto/Atraso
En el primer esquema, al pasaaaltos Ra-Ca se lo llama "de adelanto" debido a que adelanta la fase de ondas senoidales; a Rb-Cb se los llama "de atraso" de fase. El segundo esquema es muy conocido: $C1=C2$ y $R1=R2$, Ra y Rb regulan la ganancia. La red RC (adelanto-atraso) no permite a la entrada estar en fase con la salida y no oscila. Pero a fc ambas partes se compensan, la fase es igual y sí oscila. En el tercer esquema, a fc ambas ramas dan igual tensión pero de fase contraria por lo que la salida será cero. Este filtro produce la anulación de solo la frecuencia fc, las demás pasan pues las ramas dan otra tensión y no oponen la fase

LA ECUALIZACION EN EL FILTRO DE LOS PLL

El VCO de FM con PLL es un modulador "de compromisos múltiples". Sería mejor emplear un VCO a cristal que no necesita lazo de realimentación y permite modular con tensión continua; ya que el PLL no lo permite, pues cualquier acción que altere la frecuencia del VCO será corregida por el COMPARADOR, enviándole una tensión inversa hasta que la frecuencia vuelva al valor de ajuste... Es importante que recuerde esa diferencia por si alguna vez tiene que tomar alguna decisión!.

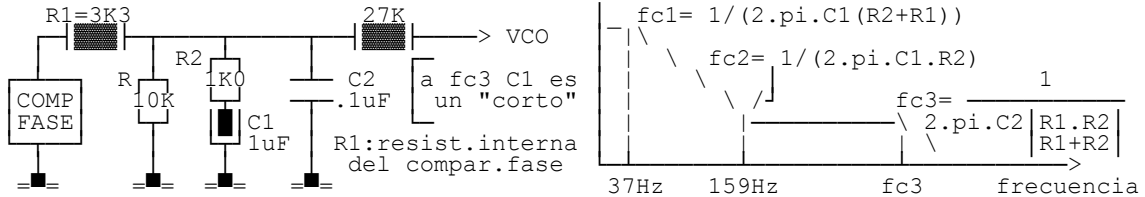


Para que el PLL permita modulación FM, se debe disminuir la velocidad de corrección, de lo contrario ésta actuará como realimentación opuesta a la modulación. Y no debe ser lenta para no perder control ante cambios bruscos o rápidos, y para evitar un "vaivén" por lentitud de corrección, lo que en TV (con comparador de fase de frecuencia horizontal) se denomina "hunting": seguimiento o cacería. Durante este efecto, el comparador envía la tensión de corrección cuando la frecuencia se corre, pero el filtro es tan lento que el corrimiento sigue.. Cuando por fin la tensión llega al oscilador, éste vuelve hacia la frecuencia normal y el comparador baja la tensión.. Pero el filtro retiene la carga anterior con la tensión todavía alta, y el oscilador "se pasa de largo de frecuencia" ahora hacia el otro lado! Y así sigue el vaivén que deja una imagen dentada. Esto se soluciona con el filtro "antihunting" que no es más que una red RC refuerza-bajos



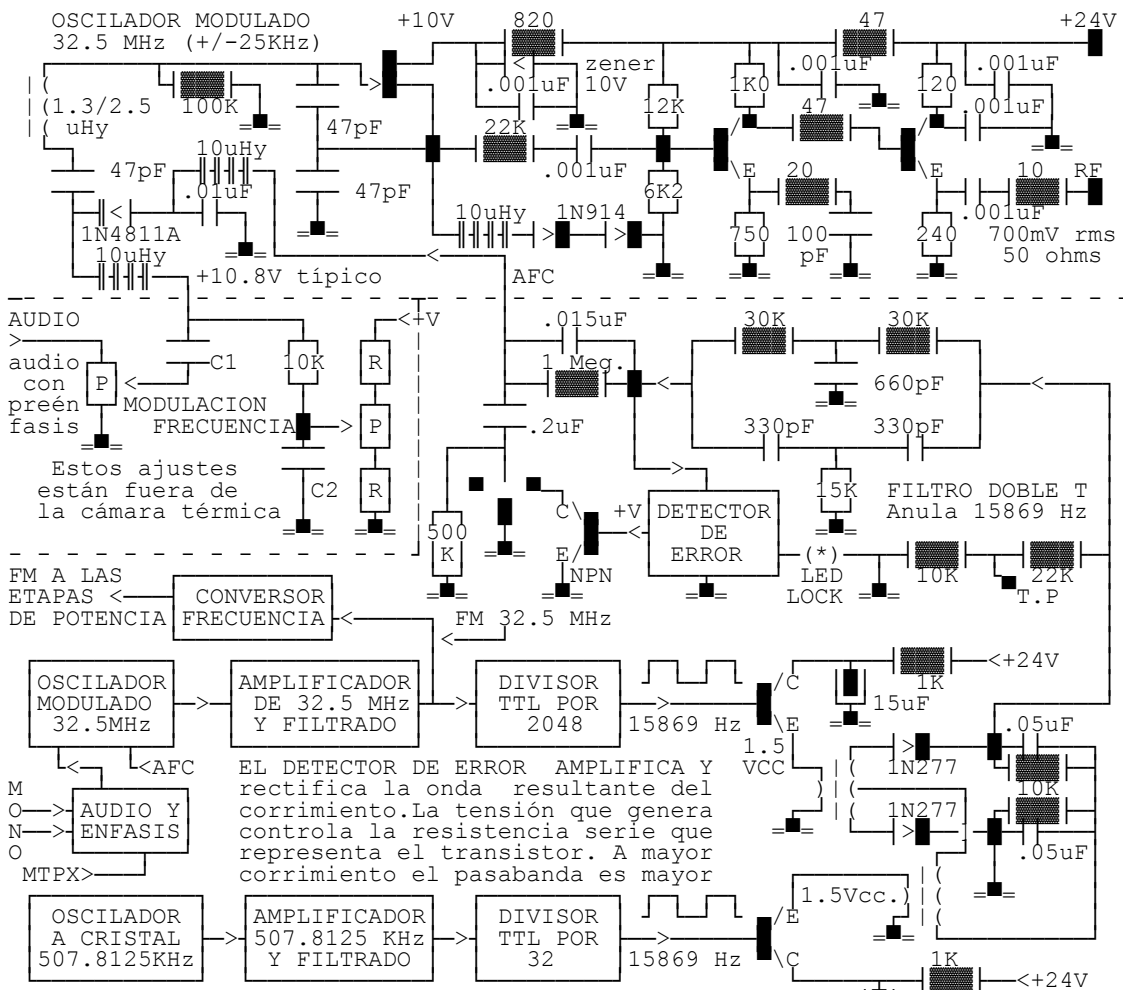
También en los PLL se aumenta la salida en frecuencias bajas, usando alguna red RC que aumente la impedancia DE CARGA, y así no se necesitará un gran capacitor; pero estos filtros no siempre incluyen redes "antihunting" sino otras distintas

UN FILTRO PARA PLL: Ing.L.Rocha, Ing R.Rivero (Telegráfica Electrónica-Set.64)
En un trabajo sobre detector de telemetría FM a PLL, dan la curva de su filtro:



Un PLL tiene un rango de frecuencias dentro del cual el VCO quedará en fase, si se desengancha, el comparador produce una frecuencia diferencia con la de referencia, tanto mayor cuanto mayor sea el corrimiento. Esta debe permitir el reen ganche y por eso el filtro debería tener un ancho de banda que permita su paso. Los filtros deben promediar acciones contrarias: cuando la frecuencia se aparta mucho, habrá resultante de audio que debe pasar el filtro hasta capturar al VCO; luego el filtro debería reducir su banda pues el VCO quedará enganchado en fase y una banda amplia agrega ruido al modulador. Veamos la conmutación automática:

UN MODULADOR DE FM A PLL: Transmisor de Sonido de TV Broadcasting
Todo el oscilador funciona dentro de un cámara térmica pequeña a +60 grados C.



** Trate de analizar el filtrado del PLL Ud. solo **
El COMPARADOR DE FASE es del tipo discriminador. Los dos transformadores de 15869 Hz están desfasados a 90 grados entre si cuando el oscilador está en frecuencia correcta... Cuando el oscilador modulado se corre, varía la relación de fase con la onda del oscilador a cristal. Los diodos hacen la resultante entre fases pues las tensiones son iguales.. Esa resultante se integra en capacitores y pasa al filtro automático y al oscilador. Observe que el varactor se excita invertido pues el AFC se inyecta en el ánodo.

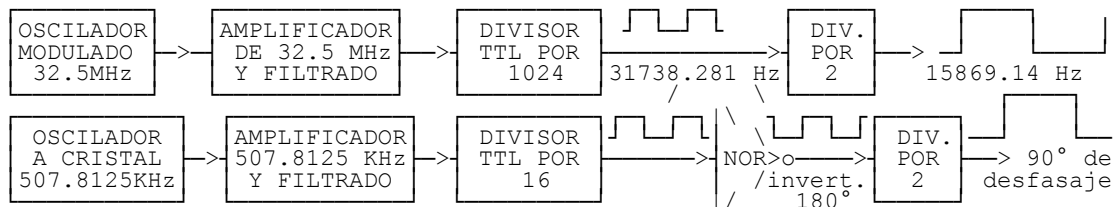
En este transmisor de FM se retiene el enganche aún con "escapadas" ¡de 150 KHz! Antes de dedicarnos a los equipos para radioaficionados veamos algunos detalles

EL DESFASAJE DIGITAL DE 90 GRADOS

El circuito anterior se dió para que note la facilidad de "lectura" del mismo, ya que todos sus componentes son conocidos y puede entenderse como actúa.. No pasa lo mismo con los equipos modernos para radioaficionados, pues a menudo se utilizan circuitos integrados (CI) diseñados por el fabricante para su uso exclusivo. Estos CI no figuran en los manuales de datos, así que deberemos suponer que son y cómo actúan, con gran riesgo de equivocarnos. El otro método es ver sus ondas de entrada y salida con osciloscopio; pero para ello hay que conocer de teoría.

Un ejemplo de lo dicho lo tendría Ud si estudió el circuito anterior y sacó sus conclusiones antes de seguir leyendo esta página, ¿se habrá equivocado o no?... Yo no le dije como se efectúa el desfase de 90 grados en el discriminador; solo le dije que los transformadores están a ese desfase cuando el VCO está en frecuencia correcta. Si Ud está interesado en el tema habrá tratado de saber como se produce, y como aún no tratamos de discriminadores de fase habrá leído algo sobre recepción de FM, o en HANDBOOKS. ¡Y aquí puede cometer su primer error!

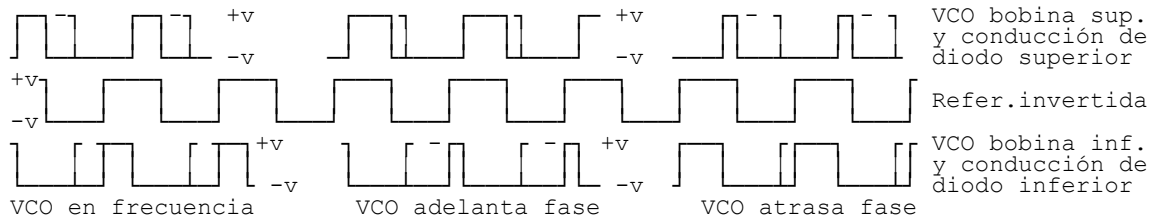
Lo que aparece en los libros con un esquema parecido es el discriminador de frecuencias, pero no es igual! Este discriminador de fase no tiene bobinados sintonizados, es a transformador de pulsos, y por ello ¡no producirá desfases como en el de frecuencias!. Las señales ya DEBEN ENTRAR DESFASADAS, y de esto se encargan los divisores TTL. El desfaseador TTL de 90 grados es muy sencillo: como cada etapa divisora está formada por una cadena de divisores por dos, puede separarse la última etapa de uno de los dos divisores TTL solamente.. Entonces se le coloca previamente un inversor de 180 grados a compuerta NOR. Al pasar la onda por esta serie, quedará desfasada 90 grados respecto de la que no tiene NOR.



No necesita NOR si la etapa previa tiene 2 salidas y puede elegir la invertida! Puede comprobar el desfase trazando ondas de entrada y salida en hoja cuadrada, sabiendo que un divisor cambia nivel de salida solo en flancos iguales. Si Ud. no conocía este desfaseador, solo viendo ambas salidas en un osciloscopio podría darse cuenta de que las ondas estaban desfasadas en 90 grados entre sí!. Muchos autores de libros de TV color olvidan decir a sus lectores que los demoduladores de color que usan cristal de frecuencia doble lo hacen por ese motivo

COMPARADORES O DETECTORES DE FASE

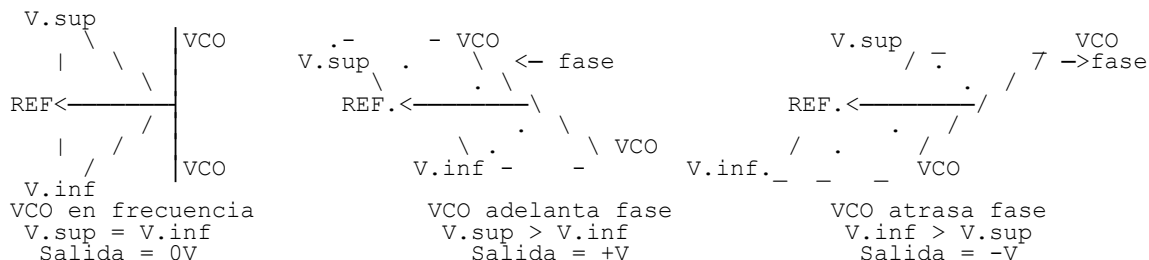
Hay comparadores para todo tipo de ondas, pero en PLLs se comparan ondas cuadradas que llegan desde los divisores TTL. En nuestro caso se utilizan transformadores de pulsos para tener ondas alternadas e iguales. La conducción por diodos depende de la polaridad de la referencia, conducen en coincidencia de positivos. La onda superior y su inversa inferior, son del VCO y se mueven simultáneamente



La conducción de los diodos se cumple según las polaridades de tensiones alternas iguales. Pulsos contrarios se anulan y solo hay conducción cuando referencia y VCO son positivos. El dibujo superpone ondas cuadradas (líneas punteadas), con tiempos de conducción por coincidencia con onda de referencia (línea completa).

Cuando el VCO está en su frecuencia normal, los diodos superior e inferior conducen en distinto instante pero igual tiempo cada uno; sus capacitores asociados se cargan a igual tensión. Si observa bien el esquema de la página 32, verá que los capacitores quedarán cargados como si fueran pilas puestas en oposición, y a igual tensión la salida será cero.. Cuando el VCO aumenta poco su frecuencia, adelanta la fase respecto a la de referencia y el diodo superior conducirá más tiempo que el inferior. En este caso el capacitor superior toma más tensión que el inferior y resulta una tensión positiva de salida. Y si el VCO atrasa la fase respecto a la referencia conduce más el diodo inferior, se carga más el capacitor de abajo, y por su posición resulta una salida de tensión negativa. Estas relaciones suelen representarse más fácilmente con vectores de fase o FASORES.. La referencia trabaja invertida de fase y por eso se dibuja con vector inverso.

La longitud de las diagonales representa la tensión en los capacitores



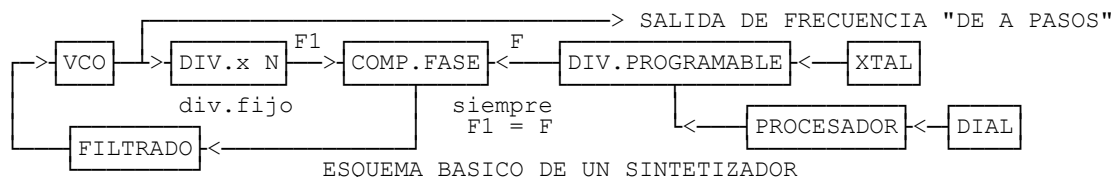
Este tipo de detector de fase dará una salida de tensión continua con contenido de onda triangular sobre los capacitores de .05 uF, por ser integración de onda cuadrada. El filtro doble T anula componentes de 15869Hz y el filtro automático entrega una tensión continua al varactor del VCO. Cuando el VCO no entra en frecuencia habrá componentes de onda triangular a otras frecuencias que pasarán el filtro NOTCH doble T.. A la salida del filtro automático, estos componentes que darán anulados por el capacitor de .2uF, pero antes del resistor de 1 Megohm habrá un buen nivel de onda triangular que será captado por el DETECTOR DE ERROR. Este es un amplificador sensible a la frecuencia, el que amplificando y rectificando la componente alterna, bajará la polarización del transistor que está en serie con el capacitor de .2uF el que será "eliminado" gradualmente del circuito y quedará solo la acción pasabajas del resistor de 1 Megohm con .015uF. Esta acción diferente en desenganche de fase, es la de un filtro de banda ajustable.

Los detectores mantienen IGUAL FRECUENCIA EN SUS ENTRADAS a costa del desfase. En equipos para radioaficionados se utilizaban detectores de fase digitales basados en compuertas NOR EXCLUSIVA que conducían según coincidencia de las ondas que entraban desfasadas a 90°. Pero tenían problemas de enganche a frecuencias dobles, y hoy se utilizan circuitos especiales mucho más elaborados y seguros..

EL PLL PARA SINTETIZADOR DE FRECUENCIAS

Un sintetizador de frecuencias es un lazo PLL, en el que pueden variarse los divisores TTL de modo que dividan por diferente cantidad. Se pueden utilizar contadores programables, ajustables manualmente o por medio de un microprocesador. Ya vimos que a la entrada del comparador de fase debe existir SIEMPRE la misma frecuencia; si no es así el comparador enviará al VCO una tensión para que vaya variando la suya hasta que a entrada del comparador se cumpla la igualdad. Esto significa que si cambiamos la frecuencia del oscilador a cristal, el VCO deberá cambiar su frecuencia para producir otra que iguale la que produjo la del XTAL.

En vez de cambiar el XTAL podemos cambiar la división de su divisor programable y así, cambiamos frecuencias al comparador según rangos del contador utilizado.



ESQUEMA BASICO DE UN SINTETIZADOR

Si llamamos N a la relación de división fija que tiene el divisor conectado entre el VCO y el comparador, y $F1$ a la frecuencia de entrada al comparador de fase, la frecuencia del VCO resultará igual a $F1 \times N$ ó a $F \times N$. En el caso de que la salida sea de 145.010 MHz, y que el divisor del VCO tenga $N=4096$, $F1$ resulta de 35402.8 Hz. Esta será también la frecuencia F que está en la otra entrada al comparador, la que viene desde el divisor programable. Si cambio el divisor programable para que dé $F = 35404$ Hz, el VCO se corre a $35404 \times 4096 = 145.015$ MHz para que $F1$ se pueda igualar a F , pues $145.015 / 4096 = 35404$, o sea que $F1 = F$; El problema reside en hallar un sistema que permita ese cambio en ese divisor!

Para conseguir que el cambio de frecuencias del VCO se haga con los "saltos" de frecuencia necesarios (canales), se utilizan varias técnicas diferentes. Se pueden utilizar contadores conmutables por otros, mezcladores de frecuencia, etc.. El uso de microprocesador es al solo efecto de agilizar el cambio del divisor, pues igualmente puede hacerse en forma manual, por llaves "digitales" numeradas, o por otros medios. Estos temas serán tratados con más detalle en el capítulo 5

El PLL del sintetizador de frecuencias tiene dos funciones diferentes, a) la de todo PLL que debe mantener la frecuencia del VCO elegida, y b) cambiar las frecuencias del VCO "de a pasos" al cambiar la de entrada al comparador de fase... Esto determina que el varactor del VCO reciba un rango de tensiones de a pasos, y centrada en cada valor de tensión, una tensión variable para su corrección...

EL FILTRADO EN LOS SINTETIZADORES

En general un PLL tiene un rango mucho más amplio de retención del enganche que el rango de frecuencias en que puede recapturarlo. Esto quiere decir que un PLL común no podrá recapturar al VCO una vez que se desengancha tras haberse corrido previamente de frecuencia. Pero el PLL de un sintetizador DEBE recapturarlo!

Ya vimos que un PLL exclusivo para FM tiene un gran filtrado a frecuencias altas y prácticamente anula la ondulación.. Salvo el circuito profesional mostrando que abre la banda de paso automáticamente, solo pasan frecuencias bajísimas. Eso es así porque existe ruido digital que también podría modular la onda en FM. También dijimos que al escaparse el VCO de la fase enganchada, aparecerá la frecuencia diferencia con la referencia en la línea de corrección para el varactor

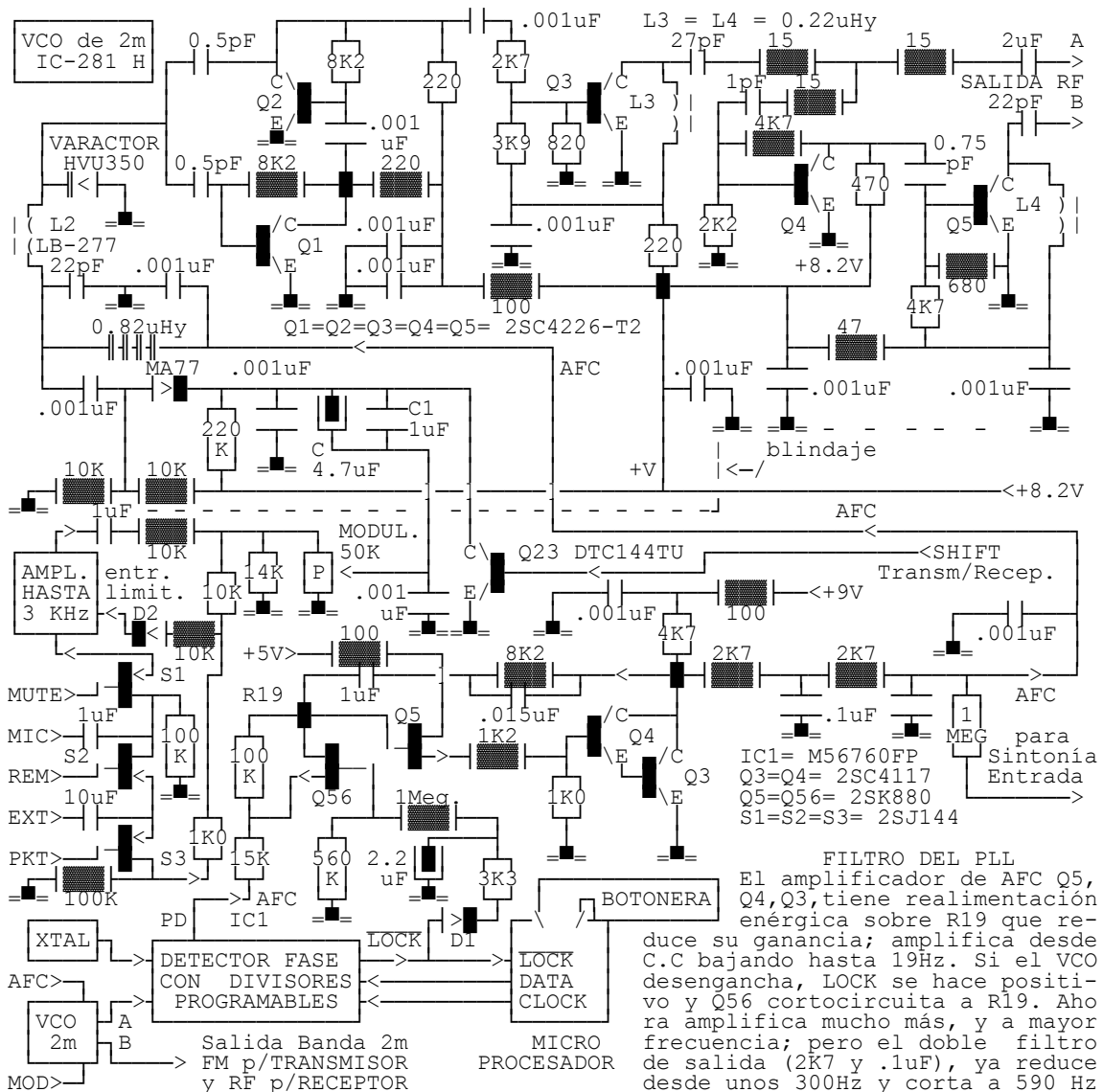
Si el filtro no la deja pasar no habrá corrección, pues los cambios de tensión de esta onda es lo único que nos queda como tensión de corrección a ese desvío.

Esto significa que el filtrado debe ser de banda ancha. Esto es más crítico en los equipos móviles y en los portátiles, porque un fuerte golpe o vibración pueden cambiar tanto al VCO que lo sacaría de frecuencia y se perdería el enganche. Así vemos que el filtrado con cambio automático de las características del filtro es lo que más se acerca al cumplimiento de ambas condiciones: anulación de ruidos y ondulaciones cuando el PLL está enganchado, y respuesta rápida con paso de frecuencia diferencia para recapturar al VCO cuando se pierde el enganche.

Los equipos para radioaficionados suelen modular FM en el VCO de los sintetizadores, y esto ha llevado a los fabricantes a efectuar promedios en el filtrado.

EL ICOM IC-281H MODULADO EN EL SINTETIZADOR

Se trata de un equipo MOVIL, para banda de 2m con agregado de recepción en 70cm. El IC-281H da 50W de RF en 2m; viene preparado para uso en PACKET a 9600 bauds, y permite además el uso como repetidora y full-duplex con recepción en 430 MHz. Para 9600 bauds tiene salida directa desde discriminador; y modula directo en el VCO saltando al amplificador de audio por medio de llave electrónica a FET.



El dibujo del circuito eléctrico de partes del IC-281H será útil para quien entiende de estas cosas. Para los demás les hago un resumen de lo mostrado:

ADVERTENCIA: He utilizado palabras abreviadas como AFC (Automatic Frequency Control), etc, que no figuran en el original. Además agregué "flechas" para indicar entrada o salida de una señal. No las confunda con las de los transistores FET! Los transistores del AFC y los del VCO tienen el mismo número, pues así los puso el fabricante en sus circuitos, ya que son de módulos con plaqueta diferente. En llaves a FET S1 y S2 he omitido componentes para el micrófono "electret", etc

SALIDAS y MODULACION

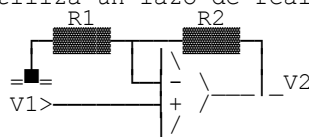
La entrada del micrófono es con una ficha parecida a las telefónicas americanas pero de muchos pines más, es decir que será difícil conseguirlas... En la parte trasera existen salidas de señales para miniplug de 3.5mm tipo estéreo; la punta es para parlante, el cuerpo a masa, y el punto medio traerá salida desde el discriminador de FM, a través de una serie interna de 1 uF más un resistor de 10K.

La entrada para PACKET, u otra señal externa, se debe realizar a través de mini jack de 2.5 mm, tipo estéreo, que está al lado del de salida; la punta conectará la entrada EXT de señal, el cuerpo a masa, y el punto medio se utiliza para la conmutación del transmisor desde el TNC o desde un botón PTT. La entrada externa a miniplug, marcada EXT, vá al amplificador cuando la señal REM activa al FET S2, pero puede enviarse directamente al VCO del sintetizador a través de la lla ve a FET S3 y por los resistores en serie de 1K y 10K. El FET S3 solo dejará pa sar señal si está activa la señal PKT, que corresponde a DATA del panel frontal EXT está siempre conectada al amplificador; para PACKET a 1200 bauds solo se en chufa el miniplug; para 9600 bauds debe activar DATA para entrar directo al VCO Al activar S3 con PKT, la señal MUTE abre S1 y corta la entrada al amplificador Como vemos, la entrada directa al VCO tiene varios resistores que disminuyen la señal, de modo que la entrada sin amplificador requiere una tensión de 1.5V rms Señales directa y vía amplificador se ajustan con el preset P para modular bien

El IC-281H produce FM variando la capacidad de un diodo conectado al oscilador. La modulación NO se efectúa con el VARACTOR HVU; se modulará la tensión inversa del diodo MA77. Vea que MA77 está polarizado inversamente a 4.1V, pues su ánodo está al punto medio de un divisor resistivo y su cátodo vá al +8.2V sin divisor Cualquier diodo polarizado inversamente, modifica su pequeña capacidad si varía su polarización. Yo he usado así ,hasta diodos de fuente de 3A!, claro que solo en 375 KHz, pues hay que conocer las pérdidas a altas frecuencias. Los varacto res son fabricados especialmente para ese fin, pero el MA77 tiene otro uso más.

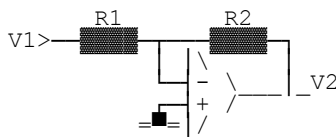
Este VCO se usa también como oscilador local y en recepción habrá que anular FM Cuando se pasa a recepción, se activa la señal SHIFT, Q23 pone la modulación a masa, y aumenta la corriente en MA77 a través del divisor conectado a su ánodo. El resistor de 10K entre ánodo y el + 8.2 V limitará su conducción a unos pocos miliamperes. Según su caída de tensión directa cátodo-ánodo, el MA77 actúa aho ra como un resistor, y no podrá modular al VCO. El bajo valor de resistencia de MA77 pone la parte baja de la bobina L2 a masa a su través, y por los capacitores de .001 uF que presentan paso directo para la RF.. Esto baja la resonancia. El varactor HVU es utilizado solo para el control de frecuencia, variando su ca pacidad con la tensión del sistema AFC que pasa a través del choque de 0.82 uHy

Tanto en la ecualización de audio como en el amplificador de tensión de AFC, se utiliza un lazo de realimentación sencillo que deberíamos tratar previamente.



En un lazo de realimentación como el mostrado resulta:

$$V2 = \frac{R1 + R2}{R1} \times V1$$
 Esto significa que variando los res istores varia la amplificación. Se amplifica más si se aumenta la R2, pero también se amplifica más si se reduce a R1. Se pueden reemplazar R1 y R2 por redes RC

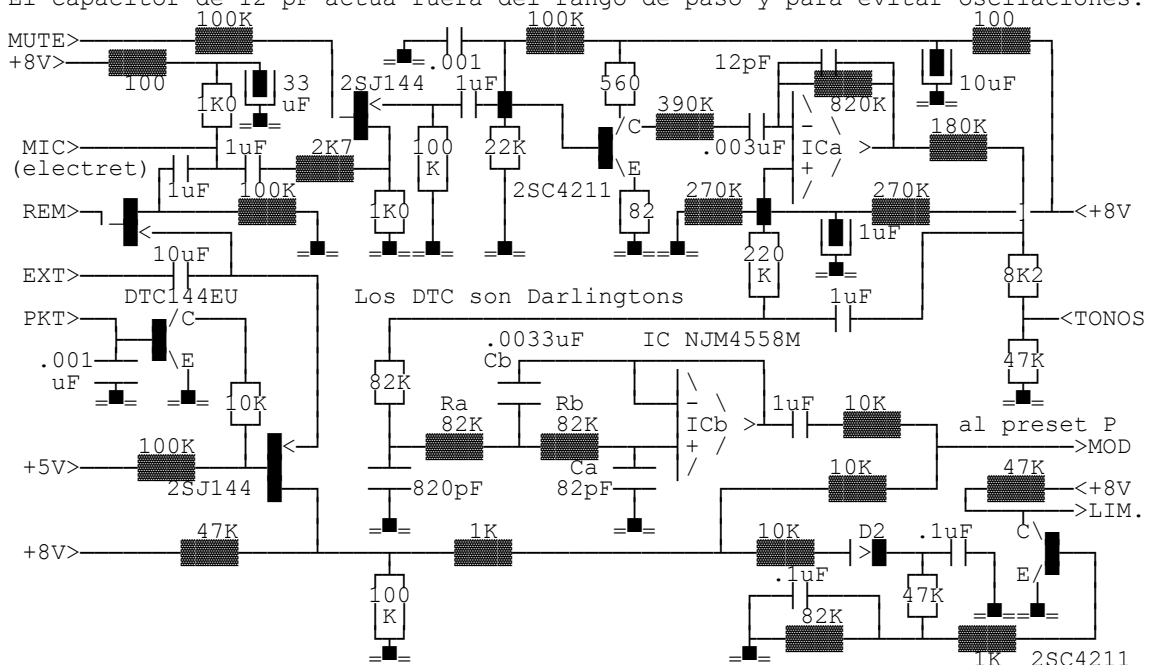


En cambio en este otro esquema, la salida V2 será:

$$V2 = \frac{R2}{R1} \times V1$$
 La diferencia con el anterior, es que aquí, la entrada V1 es por la entrada inversora del amplificador operacional Se aplica a cualquier amplificador que tenga la salida invertida con respecto a la entrada

AMPLIFICADOR DE MODULACION

Amplifica la baja entrada de micrófono al nivel necesario para modular bien. Co mo está pensado para amplificar solo rango vocal, su salida cae por sobre 3KHz. Incorpora una red RC a entrada de la primera sección del operacional NJM4558M. La red de 1170 useg.reduce salida debajo de 136Hz,por aumento de realimentación Es probable que esto se haga para evitar problemas a través del filtro del PLL. El capacitor de 12 pF actúa fuera del rango de paso y para evitar oscilaciones.



A la salida de la primera sección del CI NJM4558M, se inyectarían los tonos que pueden generar los equipos con los módulos adicionales para ese fin.

El FILTRO ACTIVO, formado por la segunda sección del integrado NJM4558M, es del tipo de SEGUNDO ORDEN (quiere decir de 12 dB/octava), pero está precedido por una red RC de 6dB/octava. En la parte en que coinciden en frecuencia, la atenuación sería de 18 dB/octava, es decir la de filtro de TERCER ORDEN.. La conexión del CI corresponde a muy baja impedancia de salida, debido a la conexión directa de la salida a la entrada inversora.

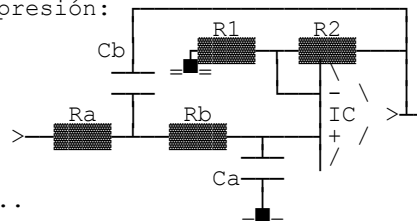
La frecuencia de corte se calcula con:

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R_a \cdot R_b \cdot C_a \cdot C_b}}$$

 El problema con este cálculo es que para valores comunes, las cifras no pueden ser manejadas directamente con minicalculadora. Deberá separar cifras en dos raíces.
 Si calculamos la red RC de entrada y luego el filtro activo, veremos que comienza una atenuación suave a unos 2370 Hz que luego cae bruscamente pasados 3 KHz.

Tenga en cuenta que muchas veces notará diferencias entre f_c dada por la expresión del cálculo anterior y el valor mencionado por el diseñador del filtro. En esta simplificación debemos considerar la curva de atenuación de ambos filtros al encimarse, y aquí hay variaciones debido al Q con que se diseñó el filtro activo. En general el Q se puede obtener con la expresión:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\frac{R_b \cdot C_a}{R_a \cdot C_b}} + \sqrt{\frac{R_a \cdot C_a}{R_b \cdot C_b}} - \frac{R_2}{R_1} \sqrt{\frac{R_a \cdot C_b}{R_b \cdot C_a}}}$$



Se utilizó un ejemplo general agregando R2 y R1...

La salida del filtro pasabajos va al modulador, y a un rectificador de audio para obtener la tensión para limitar la modulación a nivel seguro, sin sobremodular el VCO. Esta tensión continua es muestreada por el microprocesador a través de otros C.integrados, y con esa referencia controla el nivel que llega al modulador regulando el nivel de las señales que pasan por algunas de las llaves FET. La conexión directa desde la entrada EXT al VCO ya la debería conocer muy bien. Solo nos resta explicar bien como actúa la señal SHIFT, durante el cambio de transmisión a recepción. Para ello vea el esquema del VCO en la página 36....

SHIFT DE TRANSMISION A RECEPCION

El VCO es un MULTIVIBRADOR que no puede oscilar libremente debido a que el acoplamiento del colector de Q2 a base de Q1 es muy débil, dos capacitores de solo 0.5pF en serie. Se necesita una alta impedancia en el punto de unión, como para que pueda pasar señal por esta serie. Y justamente, un circuito resonante paralelo solo tiene alta impedancia a resonancia, y muy baja fuera de resonancia... El circuito paralelo quedará formado por la bobina L2 y el VARACTOR HVU350, que nos permiten una amplia variación de frecuencia; supóngalos en 115MHz.. Como la FI de recepción es de 30 MHz, esta oscilación de VCO es ideal para el oscilador local de recepción ya que si por antena entra 145 MHz, al mezclarla con 115 MHz tendremos 145-115= 30 MHz circulando por la FI, que es justo lo que necesitamos

Ahora bien, este VCO también debe servir para transmisión en la misma frecuencia que recibe, es decir en 145 MHz. El cambio de 115MHz a 145 MHz requiere grandes cambios de tensión en el PLL para cambiar demasiado la capacidad del VARACTOR, lo que dificulta que luego se estabilice rápidamente. Una solución más adecuada es producir el SHIFT, o salto de frecuencias, conmutando a un capacitor en el circuito resonante... Esto se logra agregando un pequeño capacitor, de tal modo que durante transmisión reduzca adecuadamente la capacidad del VARACTOR para aumentar la frecuencia, es decir quede en serie con el HVU350, y durante la recepción se ponga en corto y permita la acción de toda la capacidad del VARACTOR sobre la bobina L2 para producir la frecuencia menor. El valor debía ser el necesario para que se obtenga el SHIFT de frecuencias sin mucho cambio en las tensiones que entrega el filtro del PLL. El valor para este VCO es el que vé: 22pF

Una adecuada ubicación de este capacitor, permite agregar un diodo varactor en paralelo con él, y así el MA77 aumenta y disminuye la capacidad del conjunto al ritmo de la señal modulante produciendo la FM en el VCO. El MA77 está efectivamente en paralelo con el capacitor de 22pF pues los capacitores de .001uF están en cortocircuito para la RF del oscilador. Esto funciona así durante la transmisión; en recepción actúa la señal SHIFT que a través del DARLINGTON DTC144TU pone a masa los capacitores que traen la señal para modulación.. Al mismo tiempo, aumenta la conducción del MA77 que deja de ser varactor para ser resistor de bajo valor (escritores técnicos dicen "se pone en corto", pero no es así). El valor resistivo es tan bajo que el capacitor de 22pF queda derivado a través del diodo, prácticamente poniendo a masa a la bobina L2, pues los capacitores de .001uF están en corto para la RF. Esto hace que el HVU350 aplique TODA su capacidad sobre L2 lo que produce una bajada de 30 MHz en la frecuencia sin excesos en PLL.

EL FILTRO DEL PLL

Este es el primer circuito que vemos con el sistema de tensión de AFC amplificada. El amplificador tiene tanta realimentación que no amplifica, pero en el lazo de realimentación hay redes RC que alteran la ganancia. La realimentación negativa se produce desde colectores de Q3 y Q4 hacia la entrada de Q5. El valor de ganancia queda fijado por la relación del lazo con R19. Así 1uF en serie con 8K2 forman una impedancia que aumenta a frecuencias debajo de 19Hz, reducen la realimentación y aumentan la ganancia. Otra red RC paralelo, de 8K2 con .015uF, aumenta realimentación y reduce ganancia por sobre 1KHz, eliminando ruido digital

Pero existe otro filtro a la salida del amplificador, donde actúa una red doble de 2K7 y .1 uF. Aunque se la conoce como una red de -12 dB (al valor de RC), en

realidad se comporta como 2 redes diferentes encimadas; una de frecuencia baja formada por $(2K7 + 2K7) \times .1 \mu F$, y otra de frecuencia doble formada por la primer celda RC: $2K7 \times .1 \mu F$. La curva de esta red dará unos -10dB de atenuación al valor fc de RC, pero esta curva ya comienza con -3dB a 185 Hz, sigue con -6dB a 300 Hz y los ya mencionados -10 dB a 590 Hz. Lo que sucede es que cada parte de la red influye sobre la otra; y por eso, cuando se necesita más de 6dB se prefiere el uso de filtros activos en lugar de redes simples RC como las mostradas.

Cuando el VCO se desengancha del control del PLL se desactiva la señal \overline{LOCK} , la que se hace positiva; el diodo D1 carga el capacitor y activa a Q56, poniéndolo en corto virtual; R19 se hace cercana a cero y disminuye realimentación y aumenta la ganancia del amplificador. Ahora habrá una mayor tensión a frecuencias altas (porque hay mucha más tensión en la banda de paso) lo que debe permitir recapturar al VCO que se había escapado. Al reengancharlo se normalizará todo...

Recuerde que el comparador de fase produce una frecuencia diferencia cuando el PLL se desengancha, pero permanentemente está produciendo una detección de fase de la modulación FM, que aunque no la note en su osciloscopio por lo reducido de su "vaivén", podría notarla si pudiera retroceder en la cadena TTL, hacia el oscilador modulado. Este reducido "vaivén" sería suficiente como para realimentar negativamente la FM que produce el VCO, actuando como tensión de corrección modulada sobre el varactor. Si así no fuera no habría forma de que las pequeñas variaciones de C.C que produce la variación de frecuencia, corrigieran al VCO ! Es por eso que lo que pasa por el filtro PLL producirá alguna distorsión de FM.

SINTONIA DE ENTRADA

El IC-281H tiene varios circuitos sintonizados en la etapa de entrada al receptor; esto le da mayor protección contra interferencias de frecuencias cercanas, pero le obliga a resintonizarlos al cambiar de frecuencia. Esto queda solucionado haciendo que la tensión del sintetizador, tomada en la salida del filtro y a través de 1 Megohm, sintonice los diodos varactores de etapas de RF de entrada. En estas, además de los varactores hay diodos de conmutación MA77 sobre bobinas

EL IC-281H A 9600 BAUDS

Las pruebas efectuadas lo colocan dentro de los equipos a tener en cuenta para PACKET de alta velocidad. Tiene las limitaciones de un equipo económico comparado con otros más costosos, que tienen modulador de FM a VXO sin lazo PLL, pero su precio y el hecho de que no hay que modificarlo, está a su favor. La parte receptora supera a otros muy conocidos dentro de su precio, lamentablemente en la emisión tiene una tasa de errores (BER) algo mayor, probablemente debido al filtro PLL que distorsiona frecuencias bajas hasta donde pueden pasar hacia el VCO. Esto también se nota en una salida con alinealidades de fase a frecuencia baja. Sin embargo estos defectos son comunes a todos los equipos de FM modulados dentro de un lazo PLL de sintetizador, y no se ve ninguna forma económica de modificarlos como para corregir distorsiones, o agregar otros VXO para generar FM.

Ya que nombré la tasa de errores BER, o Bit Error Rate, simplifiqué como se mide. Esta medición considera separadamente la parte receptora, y la sección emisora. Se utiliza un emisor de respuesta plana, libre de errores, y se lo modula con una serie extensa de bits. Esta emisión se capta en el receptor bajo prueba y su detección es vuelta al equipo generador de los bits emitidos. Allí se comparan lo emitido con lo recibido y a cada error o diferencia avanza un contador de error. Para medir el emisor, la serie de bits se envía al modulador, y la salida de RF se recibe en un detector sin error dentro del generador. Se comparan como antes. Los mejores receptores tienen un BER de 3 errores cada 10000 bits y los mejores emisores de FM un BER de 4 por 10000 bits. El IC-281 promedia 4,8 cada 10000 en recepción, superando al FT-2500 modificado que presentó 8.6. Pero en emisión tiene 7.4 cada 1000 contra solo 4.9 cada 1000 del FT-2500, según publicación de QST y considerando señales en condiciones de recepción de más o menos baja calidad.

Tal vez el mejor método de obtener mejoras en la tasa BER (Bit Error Rate) para el IC-281H sea comprobar si su mal comportamiento a frecuencias bajas se debe únicamente al filtro del PLL o hay otras alinealidades (MA77 como varactor, etc). Si fuera solo el filtro, se podría diseñar uno del tipo automático, que deje pasar solo frecuencias hasta pocos Hz, pero que al menor cambio brusco, abra banda de paso a mayores frecuencias que permitan recapturar a un VCO que se corre.

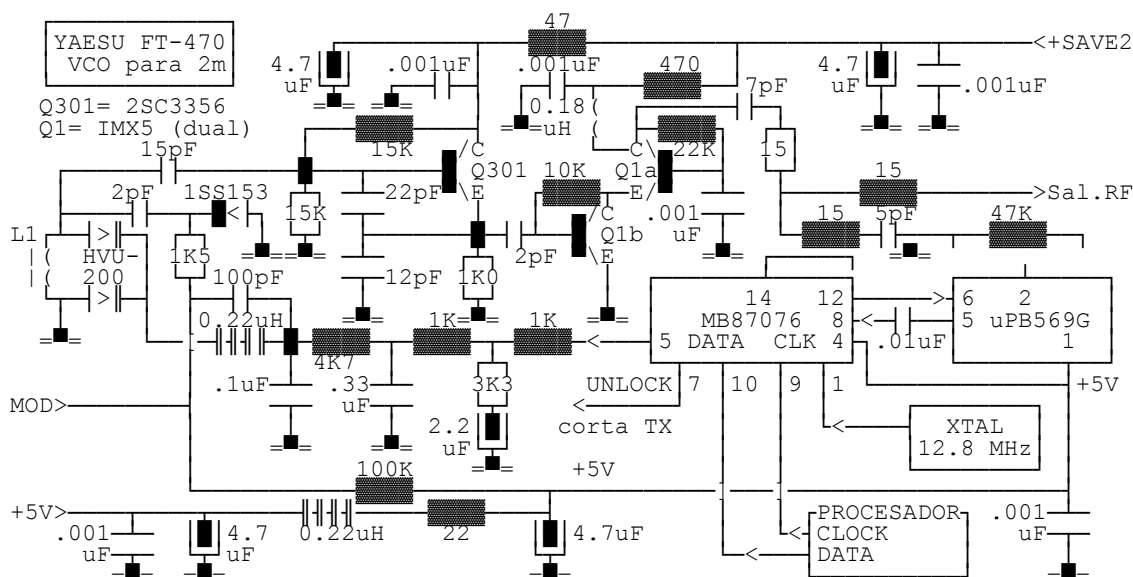
Antes de continuar con otro equipo de FM para radioaficionados debo hacer algunas aclaraciones para los recién iniciados en PLLs... El SHIFT del VCO no es lo que determina la permanencia del VCO en frecuencias de transmisión o recepción; eso lo determina el cambio del divisor programable en el PLL del sintetizador! Lo que hace el SHIFT es colocar al VCO en frecuencia adecuada para que el PLL NO deba enviarle una tensión muy diferente a la que tenía, al "pedirle" al VCO que se ubique a 30 MHz de diferencia mediante el cambio del divisor programable. Es decir, se cambia la capacidad de sintonía, sin cambiar la tensión del filtro.

En audio las redes se basan solo en la respuesta a frecuencias, pero en filtros para PLL se trata de compensar el comportamiento general del filtro, y se colocan redes RC que aparentemente no tienen ningún sentido desde el punto de vista de su respuesta a frecuencias, pero sí en lo que respecta a fase, etc. Muy a menudo he hecho "simplificaciones muy gruesas" en casi todos los temas tratados. Lo notará cuando estudie el oscilador a puente de WIEN y vea que también se considera la diferencia de impedancia de las dos redes RC que forman este puente.. En redes RC se encontrará con grandes "lagunas" en casi todos los textos medios y en revistas hallará explicaciones de lo más común en RC, o de filtros activos. Igualmente, de la red doble T solo hallará aplicaciones y muy poca explicación. Si se interesa en el tema, deberá consultar unos cuantos libros de electrónica.

Para "leer" circuitos debe saber que muchos componentes tienen diferentes usos. Los diodos, por ejemplo, se utilizan a menudo como resistores controlados por la corriente continua que pasa por ellos. Se los coloca en circuitos de RF como

Con respecto a los modernos equipos controlados por microprocesador, nos va que dando poco para averiguar a través del estudio de los diagramas. Solo se encuen tran líneas que entran y salen de la CPU hacia casi todos los componentes, fuen tes reguladas controladas ON/OFF por los sistemas SAVE de ahorro de energía, li mitadores de audio como el del equipo recién visto, del que no se sabe bien cómo actúa realmente, etc. Debemos suponer mucho, y también podemos cometer errores!

Es un transceptor de mano o "handy" para VHF y UHF, con potencias de 1/4W a 5W, según la batería que se esté utilizando. Incluye botonera de operación y tonos. Permite funcionamiento en duplex entre VHF y UHF, tiene varias memorias y 2 VCO a PLL que son a su vez los generadores de FM, con dos memorias de VFO cada uno. Como todo "handy" tiene sistema SAVE de ahorro de energía, ajustable por pasos. Los VCO a PLL son muy similares, uno es para VHF y el otro para UHF. Veamos un



El VCO tiene dos salidas de RF, una para emisión/recepción, y otra para control por PLL del VCO, que se aplica al CI uPB569G. Este APARENTA ser un prescaler de doble módulo, es decir que tiene dos factores de división conmutables. Un prescaler de doble módulo puede dividir, por ejemplo, por 10 ó por 11. Esto permite que con una línea de conmutación se le permita descontar un tiempo por 10 y luego otro tiempo por 11, lo que combinado con el resto del divisor le permite división por 1122, 1123, etc, que de otro modo sería imposible con prescaler X10. Esto lo veremos en detalle al tratar el capítulo sobre " El Equipo Necesario ". De todos modos debe estar advertido que no conozco ese CI y puede ser diferente.

La salida UNLOCK del MB87076 se activa cuando se pierde el enganche del VCO. Esta señal actúa sobre las tensiones de la etapa de salida de RF, anulándola para evitar infracciones, pues el VCO puede haber quedado en cualquier frecuencia ...

Estos valores NO SON CALCULADOS, fueron medidos con generador de audio sobre una red similar construida al solo efecto de tener medidas reales. Si a Ud le gusta analizarla le doy los valores REALES de tensión relativos a 100mV a 22Hz (0db).

La diferencia con otros filtros ya vistos es que éste funcionará SIEMPRE a toda la banda de paso. Los anteriores funcionaban a pocos Hz y solo en caso de desenganche abrían la banda de paso. Este filtro de paso tan amplio le permite al FT 470 estar siempre listo para evitar corrimientos, pero le ocasionará problemas de distorsión severa por realimentación a través del filtro si no se toman algunas medidas para minimizarlo.. En el IC-281H, con filtro de menor ancho durante el funcionamiento normal, se reducía modulación debajo de 136Hz. Si se sigue el mismo criterio en el FT-470, se debería reducir modulación a mayor frecuencia.

Aunque estoy seguro de que casi todo los "handies" generan G3E, solo en el manual del FT-470 se dice "tipo de modulación: G3E". Esto es una gran curiosidad! No se sabe que un VCO pueda generar modulación de fase, sino solo de frecuencia ¿De qué se trata entonces esta afirmación de YAESU?. ¿Estarán equivocados o no?

[illegible]

Como dijimos anteriormente, habrá que reducir MODULACION a frecuencias que puedan pasar por el filtro PLL para evitar distorsiones excesivas.. En el FT-470 se ha colocado una red atenuadora de -6dB/octava desde 234 Hz a 0 Hz en la entrada de la segunda etapa amplificadora.. Hasta aquí se parece a otro FM visto; pero hay otra atenuación importante a -6dB/octava en la entrada MIC. La fc con .0047uF y 5K6 es de 6000Hz. Desde esa frecuencia, la ganancia cae a -6dB/octava hacia 0Hz debido a la realimentación negativa en el CIA, desde susalida hacia su entrada

Resumiendo: un filtro fijo de banda amplia, se acompaña con una reducción de modulación en las frecuencias que pueden pasarlo. En el FT-470 resulta una ecualización a +6dB/octava que produce FASE COMPATIBLE en el VCO. Esto nos muestra la dificultad de modular FM verdadera en los VCO de SINTETIZADORES DE FRECUENCIA. Al parecer, el mejor tipo de filtro para sintetizador, es de cambio automático.

Un detalle no mencionado es que el filtro del FT-470 es más rápido que los automáticos o conmutables, porque estos permanecen en baja frecuencia cuando el VCO está enganchado o en funcionamiento normal, y el del FT-470 está siempre con la banda de paso total, pues carece de dispositivos de conmutación... Por eso, este VCO que funciona también en recepción, no incluye el sistema de conmutación de capacitores en el circuito oscilador, como usan otros FM para mejorar el cambio transmisión/recepción. En el FT-470 lo hace todo el PLL pues el filtro es rápido

CONCLUSIONES SOBRE MODULADORES DE FM ANGOSTA

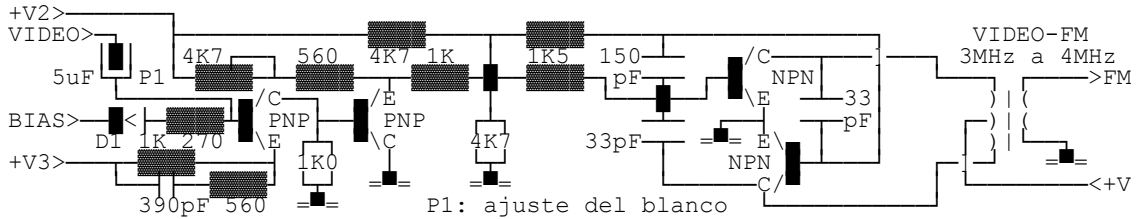
Hemos visto que la mejor modulación de FM se obtiene con osciladores a cristal, del tipo VXO convertidos a VCO con el agregado de varactores. En igual condición pueden considerarse los VCO a LC de funcionamiento libre, es decir, sin lazo de corrección de frecuencia. Desgraciadamente su inestabilidad hace evitar su uso. Ambos VCO permiten modular hasta con tensiones continuas y sin ningún problema.

Los VCO controlados por PLL tienen el inconveniente de que el lazo corrector de frecuencia se opone al cambio de frecuencia.. Entonces, si se quiere modular en FM, hay que disminuir la sensibilidad del PLL al cambio. Esto se consigue eliminando por filtrado las frecuencias más altas. Estas no son necesarias para asegurar una velocidad de reacción suficiente como para evitar los corrimientos. Desgraciadamente las frecuencias que pasan por el filtro distorsionan la modulación normal, pues agregan realimentaciones que no solo actúan en oposición como cualquier realimentación negativa, sino que pueden agregar severas distorsiones por llegar con retardo, o por que su forma de onda quedó bastante diferente de la original que está modulando el oscilador, pues proviene de ondas cuadradas..

Los peores casos son los de los VCO modulados en FM y que forman parte del SINTETIZADOR DE FRECUENCIAS del equipo. Aquí un filtrado de compromiso lleva a disminuir la modulación del VCO en las frecuencias que puedan realimentarse desde el detector de fase del PLL. Esto produce MODULACION DE FASE en lugar de FM, en el rango en que se aplica esta ecualización de 6dB/octava. Para VCO con filtros automáticos o de bajísima frecuencia de corte, no es mucha; en handies es total. Al modular directo eliminamos modulación de fase, pero el filtro distorsionará.

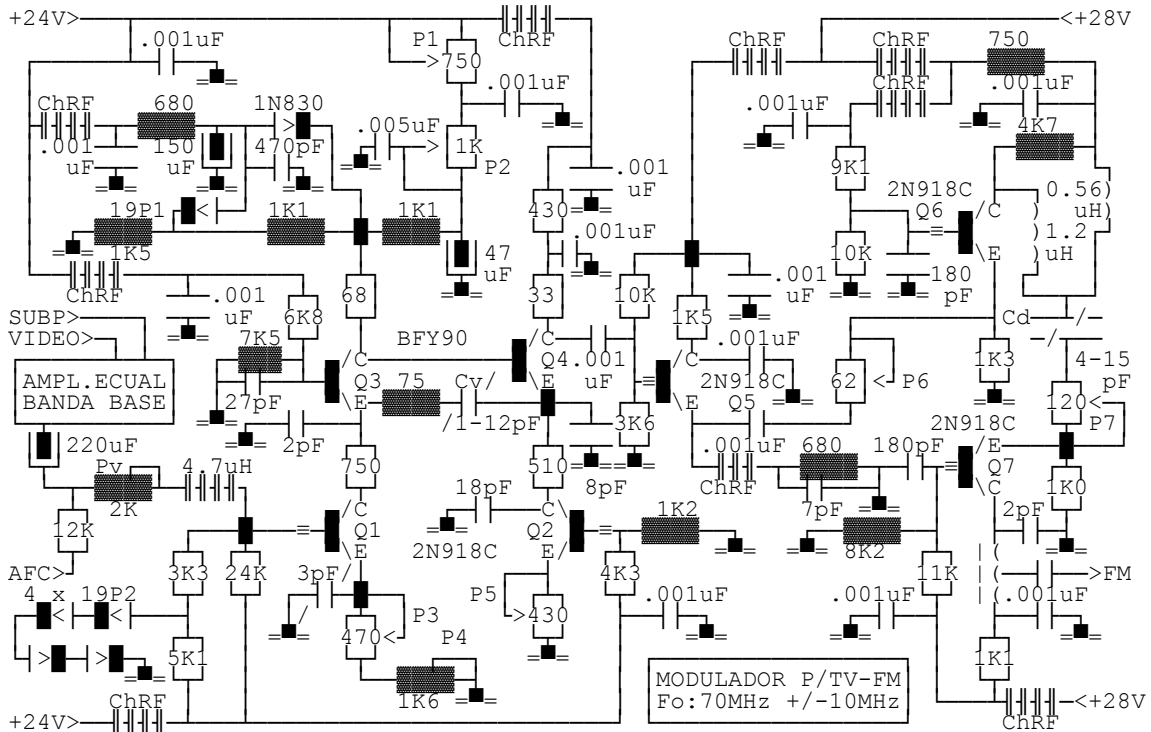
TELEVISION POR FM

La televisión por aficionados (ATV) se usa más con AM por su menor ancho de banda. Esto cambia en rango de microrondas, donde está aumentando el uso de TV en FM. Lamentablemente hay poco material para TV por FM. En el HANDBOOK de 1991 se trata el tema pero se recomienda comprar el modulador de FM, y no se dan detalles. Para TV por FM se necesita un modulador que permita un ancho de banda de POR LO MENOS el doble de la mayor frecuencia a modular, bastante difícil de conseguir. *Recuerde que el ancho de banda y la desviación de FM son conceptos diferentes* Para mayor ancho FM, se usan MULTIVIBRADORES optimizados para altas frecuencias. En este circuito sencillo de grabación de vídeo (luminancia en FM), un multivibrador RC se modula en frecuencia variando la conducción de los 2 NPN a la vez.



MODULADOR DE TV-FM PARA MICRONDAS (TV Broadcasting)

Las microrondas llevan señal de TV desde estudios hasta las plantas transmisoras, o la señal de exteriores hacia estudios. Este modulador de FM trabaja a 70 MHz.



COMPARANDO VIDEO-FM Y TV-FM

Espero que no se preocupe por la aparente complejidad del modulador profesional con respecto al de videograbación.. La mayor parte son elementos agregados para mejorar la linealidad de modulación en FM, pero ambos moduladores se basan en el mismo principio, un multivibrador de acoplamiento capacitivo en el que se modula frecuencia por variación de polarizaciones de uno, o de los dos transistores que forman el oscilador. En el primer circuito, se varía la polarización de base de ambos transistores; en el segundo, la variaciones para un solo emisor.

El primer esquema muestra un multivibrador, acoplado desde colector de un transistor a la base del otro, y cuyo colector va a la base del primero. Estas uniones se hacen a través de capacitores, cuyos valores determinarán la frecuencia. En el segundo esquema, hay acoplamiento directo desde el colector de Q3 a base de Q4, pero de Q4 a Q3 el acoplamiento es por emisores. En este caso la frecuencia queda dependiendo del valor del capacitor "trimmer" Cv, y del ajuste de Q1, el que controla la corriente de Q3... Esta corriente queda fijada por el ajuste de presets en emisor de Q1 y por la tensión de video y subportadoras en su base.

El modulador de videograbación funciona a unos 3MHz y su variación máxima alcanza hasta 4 MHz. La desviación no es simétrica, es video con su componente de CC determinada por el nivel del negro o pedestal de la imagen. En líneas generales podríamos decir que el tope de sincronismo está a 3 MHz y el blanco será 4 MHz. En cambio en el modulador profesional, la frecuencia es de 70 MHz, con un ancho de banda de 50 MHz centrado en 70 MHz; y modula video de 6 MHz más 2 subportadoras FM de sonido: en 7,5 MHz y 8,065 MHz, sumadas en el amplificador de video.

TV-FM: FUNCIONAMIENTO Y AJUSTE

Los transistores Q1 y Q2 controlan la corriente de Q3 y Q4 que forman un multivibrador acoplado por emisor con CV, que determina la frecuencia. La modulación de FM se logra variando la conducción de Q3 con Q1. Este se ajusta con los presets P3 y P4 de su emisor (ajuste grueso y fino). A su vez P5 permite balancear al multivibrador porque regula la conducción de Q2, el que controla a Q4. En el colector de Q3 se agregaron varios elementos para el control de la linealidad..

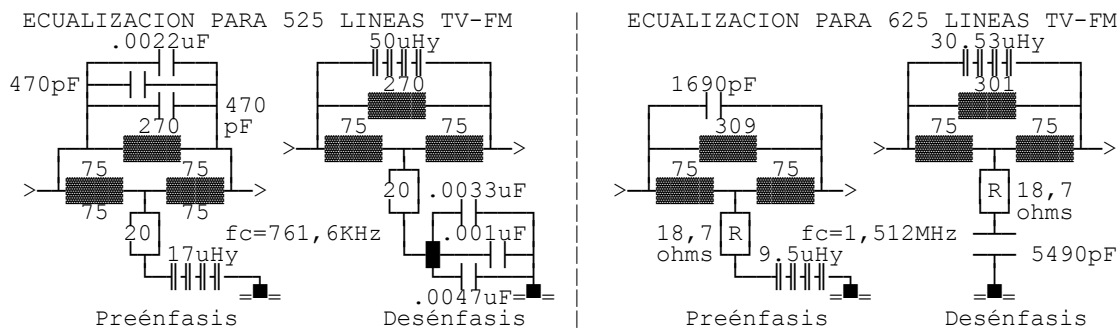
Al parecer el diodo 1N830 oficia de resistor de carga, su RESISTENCIA varía con la diferencia de tensión entre su ánodo, a +V, y su cátodo conectado a un punto NO DESACOPLADO. Allí habrá tensión según el ajuste de P1 y P2, y según la temperatura debido a una acción correctora del diodo 19P1. Esta corrección compensaría el intento de un aumento de corriente del 1N830 al calentarse (bajará su resistencia), pues le sucede lo mismo al 19P1 que por eso aumenta tensión en cátodo del 1N830, reduce su polarización y aumenta su resistencia, manteniendo carga constante para el colector de Q3.. Pero cuando varía la corriente de Q3, variará la tensión en cátodo del 1N830, y cambiará su resistencia. El valor de resistencia sobre el colector de Q3 afectará la oscilación, y dependerá de la del diodo 1N830 y su relación con las demás. El valor estático se ajusta con P1 y P2

Una serie de diodos estabiliza la polarización de Q1; su tensión se combina con la que produce el resistor de 24K. Compensan las variaciones de temperatura manteniendo al oscilador centrado en 70 MHz. La tensión de AFC viene de etapas posteriores y su acción ya es conocida. A veces no se utiliza AFC pues a semejante ancho de banda los corrimientos no son tan notables, y podrán ser corregidos por el AFC del receptor. Todos los 2N918 tienen cuentas de ferrite en sus bases. En el colector de Q6, los inductores y el trimmer Cd forman una red T de adaptación de impedancias, en tanto que el colector de Q7 está sintonizado a 70 MHz..

Los ajustes son: Cv frecuencia, P3 centrado de frecuencia, P2 linealidad, P5 balance, Pv desviación, P6 amplitud de salida, Cd respuesta en amplitud, y P7 ancho de banda. La buena linealidad de FM requiere varios retoques de CV, P2 y P3. La desviación se ajusta al primer nulo con Pv, con entrada de -23,5dBm a 500KHz. La respuesta a frecuencias de 60 a 80MHz es 0,1dB; linealidad FM: 1% a +/-8 MHz

ECUALIZACION PARA TV-FM

El CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, ha recomendado la ecualización para TV por FM... Generalmente esta norma se conoce más por una descripción del ecualizador que por las constantes de tiempo que lo determinan. Según el HANDBOOK de 1991, los aficionados respetan la norma de TV broadcasting para 525 líneas (en EE.UU.).. Yo le facilito también la norma para 625 líneas... Estos ecualizadores son para impedancia de 75 ohms, común entre etapas de video. Como pueden ver, para 525 líneas, el HANDBOOK da la norma sumando capacitores.



Como no hemos hablado del comportamiento de los inductores en los ecualizadores le informo que estos se comportan a la inversa de un capacitor: aumentan su reactancia con el aumento de la frecuencia. Su valor es: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ donde: X_L = reactancia en ohms, f = frecuencia en MHz, L = inductancia en microHenrios.

Como podrán notar cada ecualizador está compuesto por una red T, "puenteada" por otra red XR en paralelo.. Sus impedancias varían en contrario, una aumenta y la otra disminuye, de tal manera que la impedancia de la red total queda constante. Esto es muy importante en video, pues las desadaptaciones producen "fantasmas", por la presencia de ondas estacionarias (ROE), pues hay frecuencias de varios MHz. En un modulador "profesional", la ecualización se aplica también a las subportadoras, que se ajustan poniendo en ENTRADA DE VIDEO 1 Vpp de RF no afectable por el ecualizador (o sea fc). La subportadora saldrá a -10dB respecto a esa RF (fc)

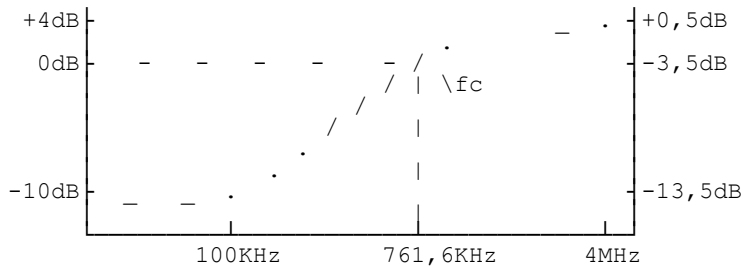
En TV-FM, el negro es de frecuencia más baja y el blanco de frecuencia más alta. Los aficionados utilizan desviación de 4MHz pico, con ENTRADA de 1 Vpp de video. Esta entrada es standard en todo uso de video con impedancias de 75 ohmios. Los moduladores FM de 525 líneas se ajustan a esa desviación buscando el primer nulo de portadora (índice $m = 2,4047$) con una entrada senoidal de RF de 761,6 KHz. A otras frecuencias las afectaría el paso por ecualizador. Luego se interpolará

Se ajusta con ondas senoidales para poder utilizar los nulos de BESSEL, pero en FM de video la desviación no es un +/- a cada lado, sino una banda asimétrica respecto de un nivel de C.C del pedestal o nivel de negro de la señal de video.

Ajustando con onda senoidal de 761,6 KHz el primer nulo se produce a una desviación de: $761,6 \times 2,4047 = \pm 1,831$ MHz.. Si el amplificador modulador tiene la entrada standard de video de 1 Vpp, el nivel RF en la entrada será de 0,458 Vpp al primer nulo. Esto ajusta al modulador para la desviación de 4 MHz con 1 Vpp, como surge de: $V_{pp} \text{ de } 761,6 \text{ KHz} = \text{desviación a } 761,6 \text{ KHz} / \text{desviación a } 1 \text{ Vpp}$. Note que la desviación a 1 Vpp es desviación pico con video, y no +/- senoidal.

Operando nos queda: V_{pp} a 761,6 KHz = $1,831\text{MHz} / 4\text{MHz} = 0,458$ V_{pp} de 761,6 KHz. Al ajustar la desviación, puede ajustar también la entrada a 1 V_{pp} , si coloca en ella 0,458 V_{pp} de RF de 761,6 KHz y ajusta el modulador para el primer nulo. ¡ Y el primer nulo de TV-FM es MUY fácil de detectar por batido de portadoras!.

Antes de proseguir con la TV por FM debo aclararle algunos términos empleados: En el ecualizador para TV-FM se utilizó la sigla f_c , pero su significado es algo diferente al que le damos en otros ecualizadores. Aquí significa: frecuencia de cruce, o frecuencia neutra. Veamos la curva del ecualizador para 525 líneas:



Como ya le he dicho, es muy difícil dibujar curvas con la PC. Esta no salió muy parecida pero le dará una idea general. La primer escala toma como 0 dB al valor de tensión medido a frecuencia f_c . La otra toma como 0 dB a la mayor tensión de salida; aquí ocurre a 4 MHz.

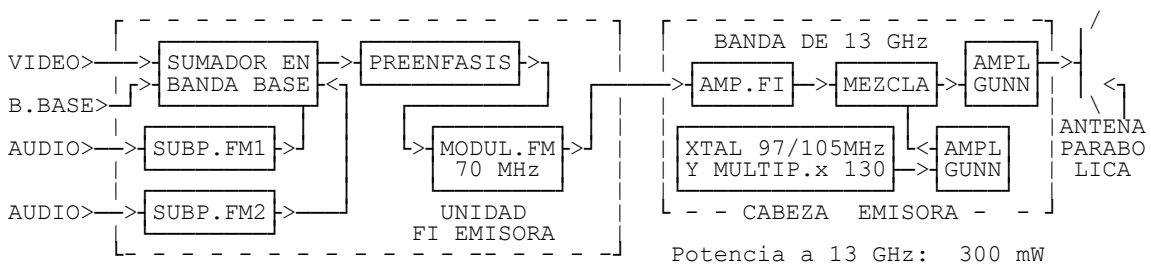
Puede encontrar una curva más real en la página 20-12 del HANDBOOK ARRL de 1991

Tal vez haya notado que el ecualizador para 625 líneas se diferencia del de 525 líneas en unos 750 KHz. En realidad sucede que cuando se dice 625 líneas, generalmente se refieren a la norma B europea, la que tiene una banda de video de 5 MHz contra 4 MHz de la norma de 525 líneas... Si se aplicara a ambas el mismo ecualizador con $f_c=761,6$ KHz, la norma de 625 líneas no ecualizaría bien a 5MHz. Para norma de 625 líneas pero con banda de 4 MHz, sería mejor utilizar 761,6KHz

Otro término de uso diferente es la expresión de la desviación de FM con video. Como le dije antes, cuando se dice desviación pico se trata de no confundir con el concepto +/- desviación usado para ondas senoidales, porque aquí no hay simetría hacia ambos lados, ni siquiera un punto medio de una desviación irregular. Lo que sí debe interpretarse, es que esta expresión nos trata de indicar que la desviación pico a pico será el doble de la señalada... Es decir que en lugar de decir: desviación de +/-4 MHz se dice: desviación de 4 MHz pico; ¿ está claro ? Y cuando se habla de desviación de 8 MHz pico a pico, equivaldría a +/- 4 MHz. Ya habrá notado la equivalencia al ver la expresión de la página anterior, que relacionaba desviación senoidal de +/-1,831 MHz con desviación a 1 V_{pp} de video. Sin embargo hay variaciones; en algunas partes yo he preferido utilizar el +/- . La modulación de TV-FM con desvío de 4 MHz es más o menos standard.. El cálculo del ancho de banda ocupado puede hacerse por la regla de CARSON, la que ya hemos usado antes: $AB = 2 \times \text{desviación} + 2 \times \text{frecuencia máxima}$. Si modulamos con video de hasta 4MHz pero le agregamos una portadora de sonido, de modo que la frecuencia máxima límite sea ahora 5MHz, el ancho de banda resulta: $2 \times 4 + 2 \times 5 = 18\text{MHz}$. Puede transmitirse mayor frecuencia en igual ancho, si se reduce la desviación.

EMISOR DE MICRONDAS PARA TV-FM (banda de 13 GHz)

Este equipo, con alcance de decenas de Km, utiliza el modulador FM ya descrito



Todas las señales de entrada van a un amplificador llamado "de banda base", término dado al rango de frecuencias de modulación. Aquí se unen o suman, el video y las subportadoras de sonido. Hay una entrada auxiliar marcada Banda Base, que va directo al sumador y permite agregar más subportadoras u otra señal externa.

En este equipo, la FI de FM de 70 MHz se amplifica y se heterodina con otra RF, de alrededor de 13 GHz, y queda convertida en una micronda de ese rango de frecuencias; se amplifica, y se irradia con antena parabólica de 35dB de ganancia. Como se trata de un mezclador de potencia, se han debido amplificar tanto la FI de 70 MHz como la RF de osciladores. Para 70 MHz se toman los 0,5 Vrms standard de la FI y se los amplifica con transistores hasta lograr potencia suficiente..

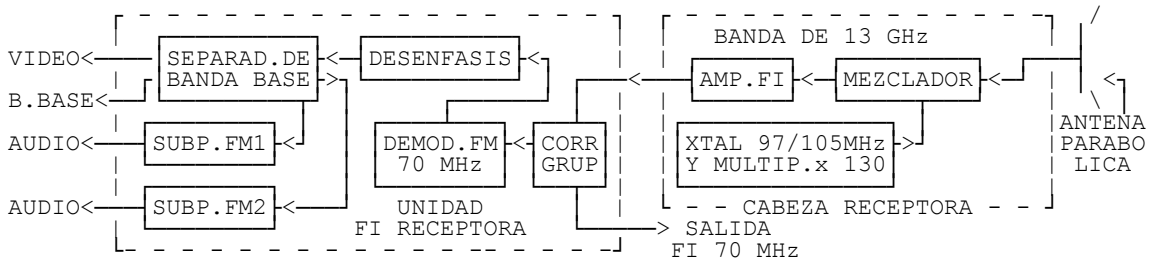
La frecuencia de mezcla se obtiene con cristales del rango de los 100 MHz. Cada "unidad antena emisora" (para nosotros: cabeza emisora), lleva hasta cuatro cristales, separados entre sí por 215,4 KHz, como para que luego de multiplicación por 130 veces determinen cuatro canales de 13 GHz, separados a 28 MHz entre sí. La multiplicación es por etapas: se dobla frecuencia y ya en los 200 MHz se multiplica por 5 mediante un diodo varactor en el circuito sintonizado de salida. Sigue un amplificador de 1GHz; un varactor en su circuito de salida genera las armónicas necesarias para sincronizar a un oscilador a diodo GUNN en los 13 GHz. Este diodo GUNN genera los 100mW necesarios para obtener buena mezcla con la FI. El mezclador utiliza dos diodos varactores de buen rendimiento, dando una FM de 13 GHz, 10mW, que sincroniza a un diodo GUNN de 300mW que hace de amplificador.

Aquí han aparecido dos usos de diodos que no habíamos tratado. Es sabido que un

diodo de RF puede oficiar de recortador y generar importante cantidad de armónicas, pero en VHF y frecuencias superiores se usan varactores a masa, y sin polarización continua, para que deban seguir la señal de RF. La variación de un varactor ocasionada por la RF de los circuitos de potencia, produce armónicas con alto nivel; y se prefiere su uso en vez de etapas multiplicadoras a transistor. El diodo GUNN es un diodo especial que al ser alimentado con 10 a 12 Vcc genera oscilaciones de microndas. Estas se seleccionan colocando al diodo GUNN en una cavidad resonante a la frecuencia necesaria. Los diodos GUNN pueden ser sincronizados en su oscilación por otra RF que esté dentro de su rango de resonancia. Aunque son osciladores, al ser sincronizados aparentan ser amplificadores de RF

RECEPTOR DE MICRONDAS PARA TV-FM (banda de 13 GHz)

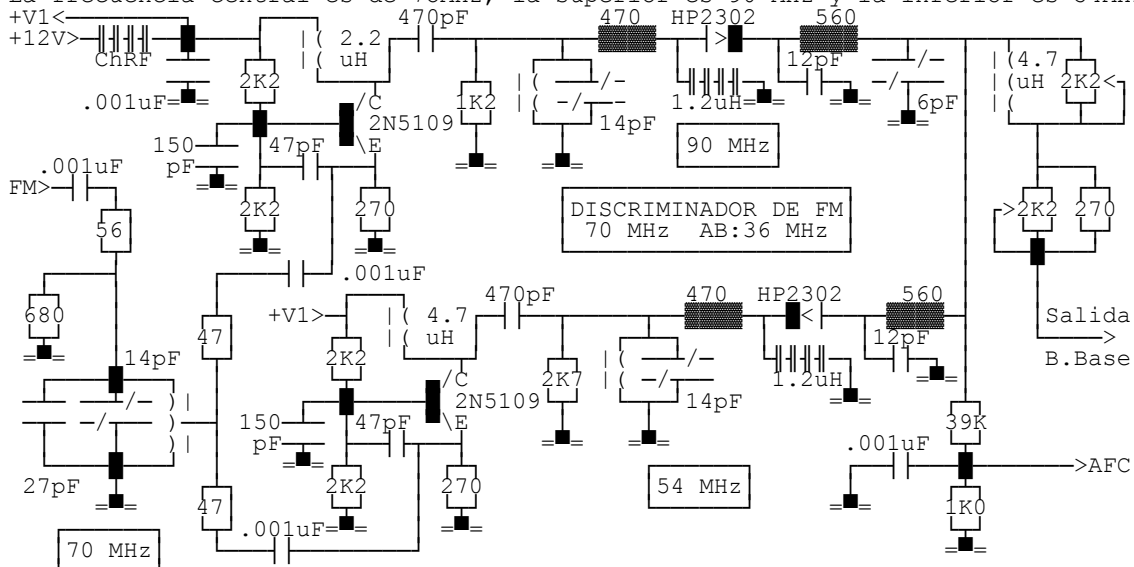
La entrada de RF vá a un mezclador con 2 diodos SCHOTTKY en circuito de microstrip en sustrato de alúmina. El multiplicador entrega al mezclador 10mW a 13GHz



El uso en video requiere la corrección de retardo de grupo, la que se hace en FI. Los 70 MHz se han convertido en standard para FI en equipos de microndas, y esto permite el intercambio de señales entre equipos emisores y receptores sin de modular la FM. Esto es útil cuando se utilizan puntos intermedios o repetidoras a medio camino. Los niveles son también standard, la FI sale/entra con 0,5 Vrms. Una FI de receptor puede entrar a otro emisor sin tener que demodular ni volver a modular en el otro equipo. Esta generalización de la FI de 70 MHz facilita la interconexión de equipos de diferentes frecuencias en GHz, o de otro fabricante

DEMODULADOR DE TV-FM

Para demodular un ancho tan grande de FM pueden utilizarse varias técnicas. Aquí se utiliza un discriminador con 3 frecuencias escalonadas: centro, alta, y baja. La frecuencia central es de 70MHz, la superior es 90 MHz y la inferior es 54MHz.



La FI FM entra al circuito sintonizado de 70 MHz, de banda ancha, y a través de transistores separadores excita a los circuitos de 90 y 54 MHz.. La RF vá hacia los circuitos resonantes ajustables, y luego es rectificada por diodos HP2302; el circuito de banda alta dará salida positiva y el de banda baja dará negativa. La salida de ambas bandas se unen y pasan por un filtro de rechazo de RF formado por un inductor de 4.7uH ajustado por 6pF y un preset de 2K2.. Los circuitos sintonizados se ajustan de tal modo que a 70 MHz la salida es 0V, al subir frecuencia hacia 90 MHz vá aumentando la tensión positiva, y cuando baja hacia los 54 MHz aumenta la tensión negativa. Se trata de la discriminación por pendiente. La salida son las frecuencias originales de modulación o banda base. Se amplifican y pasan por el desénfasis; luego se separan el video y las 2 subportadoras.

La FM permite aumentar la relación señal a ruido (S/R) de un enlace con solo aumentar la modulación con la misma potencia de portadora. Pero esta mejora se hace a costa de ocupar mayor ancho de banda. En los enlaces por microndas se pueden hallar desviaciones de +/-8MHz en lugar de los +/-4MHz ya mencionados. Esto puede llevar a ocupar anchos de banda de 28 a 36 MHz con muy buena relación S/R

RECEPTORES DE TV POR SATELITE (TVRO)

Las parábolas reciben microndas satelitales de bandas C ó banda K, se amplifican con amplificadores de muy bajo ruido, o LNA (Low Noise Amplifier), y luego se convierten con un LNC (Low Noise Converter), a las frecuencias que acepta un receptor sintonizable. Estos receptores son en realidad una FI sintonizable des

de unos 900 MHz hasta unos 2 GHz. Esta entrada se convierte luego a 70 MHz y se demodula la FM separando el video de las subportadoras. Actualmente el LNA y el LNC forman una sola unidad, la que ahora se llama LNB. Los receptores para satélites suelen tener FI de 70 MHz, y tal vez anchos conmutables hasta unos 36 MHz, pues puede haber transmisiones que solo ocupen 18 MHz y otras de mejor calidad.

Los receptores para satélite deben tener un rango de sintonía de acuerdo con la banda que entrega el conversor ubicado en la parábola. Las primeras transmisiones satelitales usaban los primeros 500 MHz de banda C desde 3,7 GHz a 4,2 GHz. Esta banda se heterodinaba con 2,75 GHz y daba una banda de 950 MHz a 1,45 GHz, que era la que debían sintonizar aquellos receptores. Pero luego comenzaron las transmisiones en la banda K, desde 11,700 GHz hasta 12,500 GHz, o sea una banda de 800 MHz de ancho. Para mantener la compatibilidad, el conversor para banda K la baja convertida comenzando en 950 MHz, y el receptor sintoniza desde 950 MHz hasta 1,75 GHz. Quede claro que estas bandas son entregadas por el sistema conversor instalado en la parábola, es decir que para cambiar banda, debe cambiarse el sistema de parábola para la otra banda, pero no necesita cambiar el receptor. Ambas bandas continúan usándose en la actualidad para emisiones de TV satelital.

El receptor satelital puede ser sintonizado en canales por sintetizador con PLL. En la banda K se han definido 40 canales de unos 19 MHz cada uno, más una banda de protección; esto ocupa los 800 MHz de la banda. Esto, más el cálculo sencillo de ancho de banda a ± 4 MHz que hicimos antes, nos indicaría que el receptor debería tener un ancho de banda en FI de solo 19 MHz. Sin embargo la FI suele tener 28 MHz de ancho de banda (un canal y medio) para transmisiones a ese ancho. En el ancho de banda de TV-FM, debe considerarse normas con diferencias de 1 MHz en banda de video (y subportadora de audio) y el uso de mayores desviaciones FM. El usuario paga por el ancho de banda ocupado en satélite, él decide la calidad.

Tal vez recuerde que la regla de CARSON da un ANCHO DE BANDA MENOR que el método por índice de modulación para "frecuencias significativas", o sea con funciones de BESSEL. Si consideramos norma B: video 5 MHz más una subportadora que termine una frecuencia máxima de 7 MHz; con una desviación de ± 4 MHz nos da un índice $m = 4/7 = 0,57$. En la tabla de página 17 de este capítulo hallamos el índice 0,5 como el más cercano; indica: $AB = \text{frecuencia por } 4$, o $AB = \text{desvío por } 8$. Para $m = 0,57$ nos dará un promedio de unos 30 MHz de ancho. Si hubiéramos utilizado la regla de CARSON quedaría: $2 \times \text{desviación} + 2 \times \text{frecuencia max.} = 2 \times 4 + 2 \times 7 = 22$ MHz. Hasta en los libros de ingeniería sobre Comunicaciones se utilizan ambos cálculos para el ancho de banda en FM!.. De todos modos, la definición puede hacerse observando las bandas laterales de la modulación con un Analizador de Espectro.

Debe recordar siempre esta diferencia: la regla de CARSON da ancho de banda con modulación habitual (altas frecuencias con menor nivel); con funciones de BESSEL se considera la entrada de señal con igual nivel en toda la banda de modulación. Fíjese que no he tenido reparos en utilizar el \pm desviación a pesar de tratar con señal de TV-FM, pues aquí la frecuencia máxima considerada es onda senoidal de subportadora de sonido. Pero también debe recordar que esta subportadora tiene un nivel -10dB debajo del que correspondería a una entrada de 1 Vpp a la frecuencia neutra o fc. Esto determinará una desviación menor de la que se calcula.

USO DE UN GRAFICO DE FUNCIONES DE BESSEL

Este gráfico es una valiosa ayuda en el estudio de la modulación FM. Puede servirnos para simular un analizador de espectro, pero principalmente nos permite "ver" el ancho de banda que provoca una modulación FM. Estos gráficos se hallan en algunos libros, como el HANDBOOK, el RADIO HANDBOOK, y libros sobre comunicaciones. Recientemente Enrique, LU1BDY, se tomó el trabajo de remitir por la red de packet una copia de pág. 9-4 del HANDBOOK '91 en forma de fichero BESSEL.GIF

El gráfico presenta una serie de sinusoides encimadas que representan para cada índice m , la amplitud de todas las bandas laterales con respecto de la portadora sin modular, o sea el 100% representado por el 1 de la escala vertical. Esta está dividida en décimos, por lo cual habrá que estimar los centésimos, o dividir solo los casilleros desde cero a +0.1 y desde cero a -0.1 en 10 partes adicionales como para ubicar el 1%, etc. Las curvas debajo de la línea cero no son valores negativos; representan inversión de fase de la frecuencia representada. Como solo necesitará su valor de amplitud no debe hacer caso de esta inversión.

DETERMINACION GRAFICA DEL ANCHO DE BANDA

Halle el índice m correspondiente a la máxima desviación a la máxima frecuencia. Esta situación particular se denomina: RELACION DE MODULACION. Como ejemplo consideremos la banda angosta de aficionados: desviación máxima = 5 KHz; frecuencia máxima = 3 KHz. Esto nos da un $m = 5/3 = 1,66$. Busque el 1,66 en la escala horizontal marcada MODULATION INDEX; una regla perpendicular cortará las sinusoides sobre ese punto. Entre ellas ubique la que tenga el número mayor de banda lateral.

Verá que están: la 5ta. (5TH SIDEBAND), muy pegada a la línea cero, y la 4ta. (4TH SIDEBAND) con una amplitud mayor. Según la definición de "bandas laterales significativas" aquellas que tengan amplitud menor al 1% de la portadora sin modular (o sea el 0,01 en la escala vertical), no se considerarán "significativas". Como la 5ta. banda lateral está debajo del 1% que ya hemos marcado, no se tomará en cuenta; queda la 4ta. como la "significativa" de mayor frecuencia. Ahora considere que el gráfico solo marca las bandas laterales a un solo lado de portadora; es decir que del otro lado se repite lo mismo, hay otra 4ta. banda lateral. El ancho de banda queda determinado por la separación entre estas dos bandas laterales. Como la separación de frecuencias laterales responde a n veces la frecuencia de modulación, el cálculo de este ancho de banda resulta igual a:

$$2 \times \text{número de banda lateral} \times \text{frecuencia utilizada.}$$

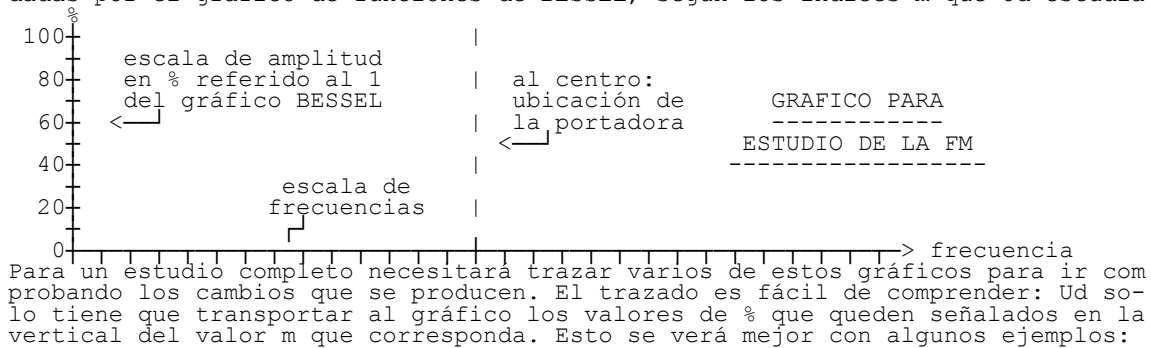
En el ejemplo dado resulta: $2 \times 4 \times 3 \text{ KHz} = 24 \text{ KHz}$. Este será el ancho de banda para modulación con frecuencias de igual nivel en toda la banda de entrada. Esto

no ocurre en la comunicación vocal, donde el nivel a alta frecuencia es muy inferior al que tienen las frecuencias medias. Es decir que a altas frecuencias de audio, la desviación es menor, y por eso la expresión anterior no se aplica. La regla de CARSON nos da: $2 \times \text{desviación} + 2 \times \text{frec.máxima} = 2 \times 5 + 2 \times 3 = 16 \text{ KHz}$ que como Ud sabrá, es más o menos el ancho con que se fabrican los equipos FM.

Este gráfico es lo más exacto que hay para el cálculo de ancho de banda con frecuencias de prueba. Para no depender del gráfico, se han confeccionado tablas según los valores de m , como la de página 17 de este capítulo. Pero cuando tene mos un m que no figura es difícil interpolar, y a veces los errores son grandes Como prueba considere el ejemplo de TV-FM dado en la página anterior: desviación $\pm 4 \text{ MHz}$, a frec.máxima de $7 \text{ MHz} \rightarrow m = 4/7 = 0.57$. Buscamos en el gráfico y ve mos que la frecuencia "significativa" mayor es la 2ND. SIDEBAND, aunque la 3TH SIDEBAND ya está tomando un valor cercano al 1%. Entonces hacemos la operación: $2 \times \text{número banda} \times \text{frec.máxima} = 2 \times 2 \times 7 \text{ MHz} = 28 \text{ MHz}$. Como vé la interpolación con la tabla no se había hecho muy bien!. Para este ejemplo por CARSON dá 22MHz

UN ANALIZADOR DE ESPECTRO A LAPIZ Y PAPEL

Para comprender el comportamiento de bandas laterales de la FM es bueno practi car un poco con un Analizador de Espectro. Desgraciadamente estos son, todavia, instrumentos muy costosos y difíciles de encontrar hasta en talleres técnicos. Puede observar la típica pantalla de un Analizador de Espectro dibujando un grá fico en papel cuadrículado, y transportando allí las amplitudes de frecuencias dadas por el gráfico de funciones de BESSEL, según los índices m que Ud estudia



1) BANDAS LATERALES VARIANDO FRECUENCIA, CON DESVIACION FIJA (F3E)

Para observar esto con un Analizador de Espectro, se modula el emisor a tensión constante y se varía la frecuencia de audio desde 0Hz hasta 3KHz mientras se ob serva la pantalla del Analizador. Se vé la variación de las bandas laterales de modulación FM cuando se mantiene la misma desviación en toda la banda estudiada

Para verlo con este gráfico, se eligen solo unas pocas frecuencias de modulación Se supone que se prueba con FM VERDADERA y SIN ECUALIZACION. Se seleccionan las frecuencias de ensayo 500Hz, 1KHz, 1,5KHz, 2KHz y 3KHz; se necesitan 5 gráficos Como se mantiene estable la tensión del audio, se debe considerar que la desvia ción es la misma a todas las frecuencias; no importa el valor elegido, solo que este valor debe estar dentro de lo normal. Igual pasa cuando comprueba con Ana lizador de Espectro, elige una tensión y esa tensión determina la desviación FM

En este caso usaremos la desviación máxima permitida: $\pm 5 \text{ KHz}$. Se determina m de: $5000/500: m = 10$, $5K/1K: m = 5$, $5K/1,5K: m = 3,33$, $5K/2K: m = 2,5$ y $5K/3k: m = 1,67$. El gráfico de funciones de BESSEL no nos permite valores de m mayores que $m=12$. Colocamos la regla vertical en cada valor de m , por ejemplo $m=10$. Allí verá que hay valores sobre y debajo de la línea cero. Debe tomarlos a todos como positi vos pero sabiendo que los negativos representan inversión de fase de 180 grados

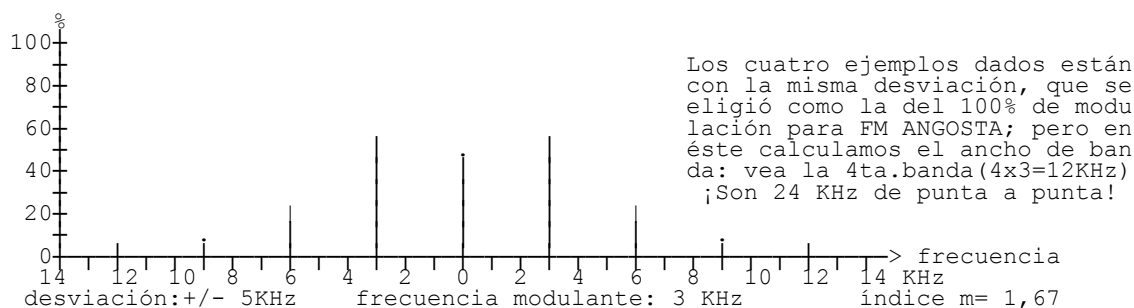
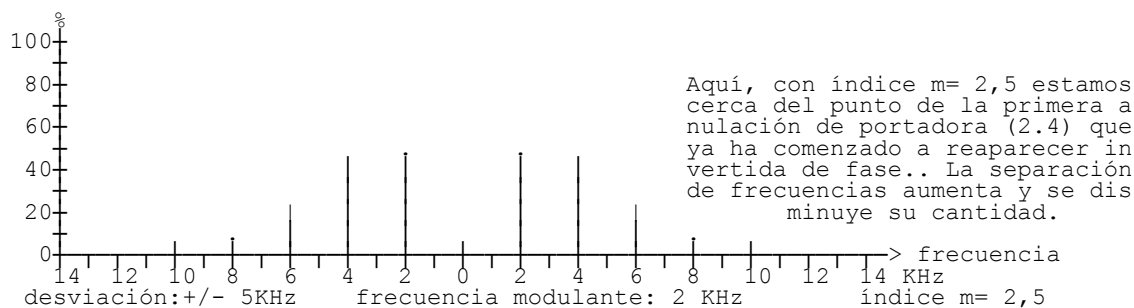
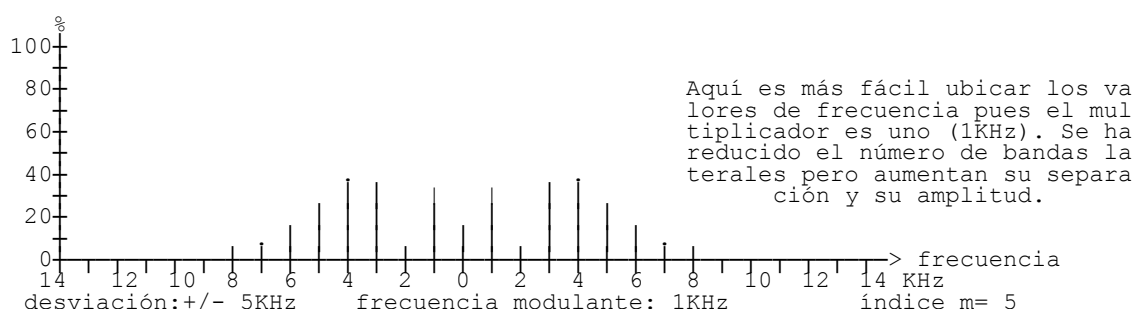
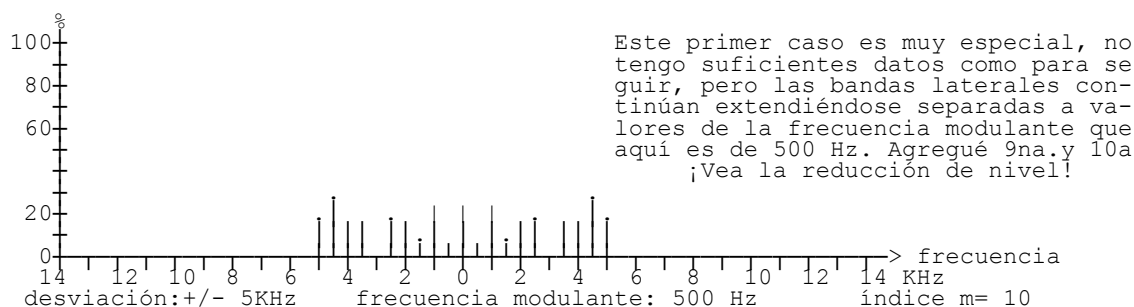
Comenzemos por abajo: hallamos dos sinusoides muy pegadas a un valor de -0.25 y -0.23 . Como en la zona no están marcadas, debemos seguir sus curvas para ver a qué pertenecen. Vemos que la de más abajo es CARRIER (portadora) y la otra es la 5TH SIDEBAND. En un papel aparte anotamos: portadora=0.25, 5ta.=0.23. Continuan do hacia arriba hallamos la 4TH SIDEBAND a 0.22, anotamos: 4ta.=0.22.. Seguimos buscando: casi en línea 0 hallamos la 6TH SIDEBAND, anotamos: 6ta= 1; más arri ba hallamos dos casi juntas a 0.05, anotamos 3ra=0.06, 1ra=0.05; siguen la 7ma. a 0.22, la 2da.=0.25 y la 8va.= 0.32. ¡Y no quedan más!. Ahora convertimos todos los valores multiplicándolos por 100, y quedan transformados en valor del % de nivel respecto a portadora sin modular en cada frecuencia de banda lateral FM.

Otro método es trazar la línea vertical al valor m deseado y luego comenzar por orden de portadora y banda lateral, siguiendo sus curvas hasta que la corten, y anotar %. Al concluir con las frecuencias de modulación nos queda esta tabla:

| Frec.Mod | m | Port. | 1ra. | 2da. | 3ra. | 4ta. | 5ta. | 6ta. | 7ma. | 8va. |
|----------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 500 Hz | 10 | 25 | 4 | 25 | 6 | 22 | 23 | 1 | 22 | 32 |
| 1 KHz | 5 | 18 | 33 | 5 | 36 | 39 | 26 | 13 | 5 | 2 |
| 1,5 KHz | 3.3 | 35 | 25 | 47 | 35 | 18 | 7 | 2 | 0 | 0 |
| 2 KHz | 2.5 | 1 | 50 | 45 | 22 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 KHz | 1.6 | 46 | 57 | 26 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

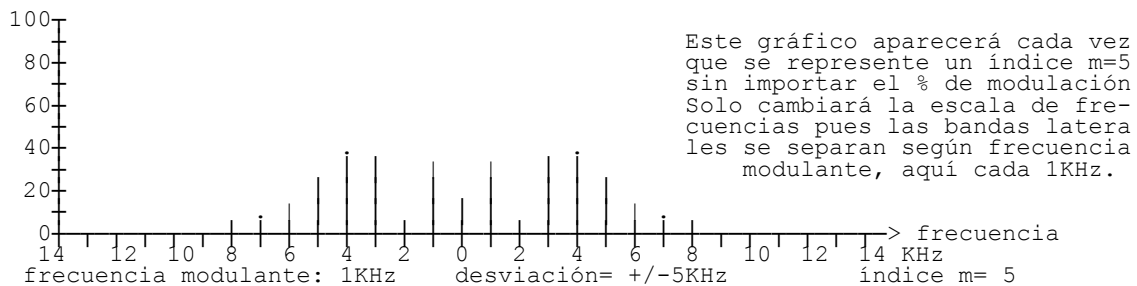
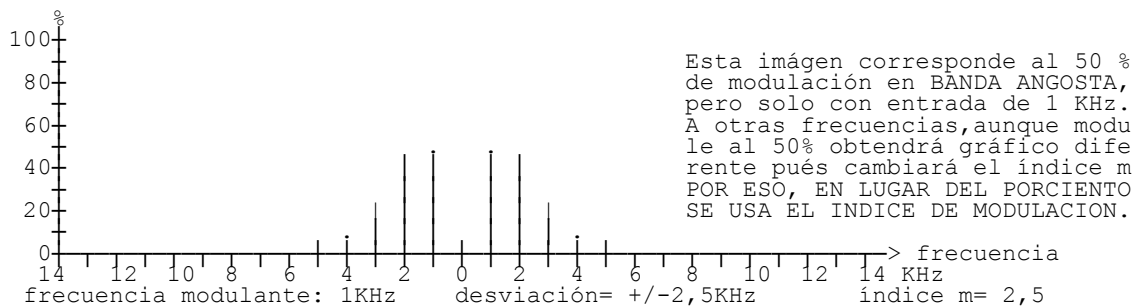
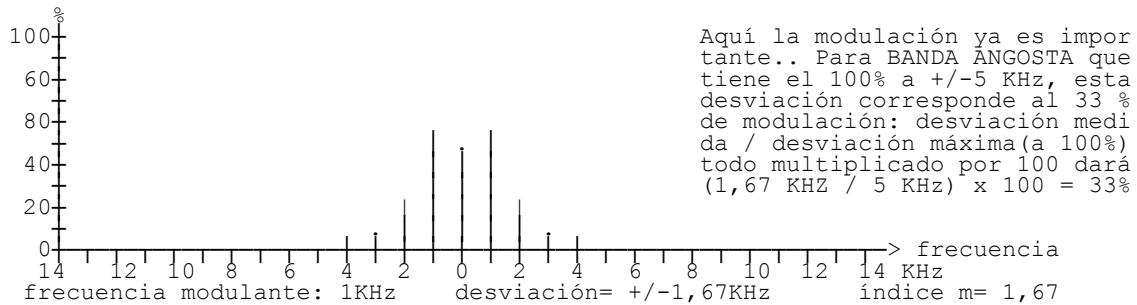
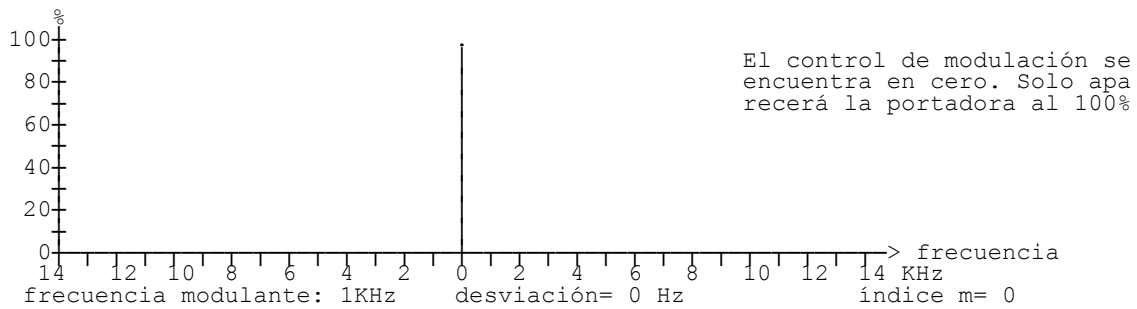
Cada línea de datos es una situación particular y requiere un gráfico exclusivo. En realidad convendría modificar directamente la escala vertical del gráfico de BESSEL para convertir los decimales 0.1, 0.2, etc, en 10, 20, etc, hasta el 100. Esta modificación ya fué hecha en el gráfico que utilizaremos. Como se trata de una comparación se deberá respetar la misma escala de frecuencias por división.

Las frecuencias laterales se cuentan una a cada lado de la portadora.. Su valor real es igual a su número de banda multiplicado por la frecuencia de modulación. Se dan solo cuatro de los cinco ejemplos debido al espacio de página que ocupan. Debido a los anchos a observar se adoptó una escala de frecuencias de 1KHz/div.



2) BANDAS LATERALES VARIANDO DESVIACION, CON FRECUENCIA FIJA (F3E)

En los gráficos anteriores manteníamos modulación(desviación) fija y variábamos la frecuencia. Ahora mantenemos una sola frecuencia y variaremos la desviación. Utilicé desviaciones que dan algunos índices ya usados para mostrar que a igual índice, cantidad y nivel es igual pero la frecuencia modulante da la separación



Si no tiene el gráfico de BESSEL, utilice esta tabla que tiene "saltos" pequeños. La hallé recién en SISTEMAS DE COMUNICACION (Stremmler) y la pasé a porcentajes.

| TABLA DE FUNCIONES DE BESSEL DE PRIMERA CLASE EXPRESADAS COMO PORCENTAJES | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| INDICE | PORT. | 1ra. | 2da. | 3ra. | 4ta. | 5ta. | 6ta. | 7ma. | 8va. | 9na. | 10a. |
| * 0.0 | 100 * | - * | - * | - * | - * | - * | - * | - * | - * | - * | - * |
| 0.2 | 99 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.4 | 96 | 20 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.6 | 91 | 29 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.8 | 85 | 37 | 8 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| * 1.0 | 77 * | 44 * | 11 * | 2 * | - * | - * | - * | - * | - * | - * | - * |
| 1.2 | 67 | 50 | 16 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 1.4 | 57 | 54 | 21 | 5 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 1.6 | 46 | 57 | 26 | 7 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 1.8 | 34 | 58 | 31 | 10 | 2 | - | - | - | - | - | - |
| * 2.0 | 22 * | 58 * | 35 * | 13 * | 3 * | 1 * | - * | - * | - * | - * | - * |
| 2.2 | 11 | 56 | 40 | 16 | 5 | 1 | - | - | - | - | - |
| 2.4 | 0 | 52 | 43 | 20 | 6 | 2 | - | - | - | - | - |
| 2.6 | -10 | 47 | 46 | 24 | 8 | 2 | 1 | - | - | - | - |
| 2.8 | -19 | 41 | 48 | 27 | 11 | 3 | 1 | - | - | - | - |
| * 3.0 | -26 * | 34 * | 49 * | 31 * | 13 * | 4 * | 1 * | - * | - * | - * | - * |
| 3.2 | -32 | 26 | 48 | 34 | 16 | 6 | 2 | - | - | - | - |
| 3.4 | -36 | 18 | 47 | 37 | 19 | 7 | 2 | 1 | - | - | - |
| 3.6 | -39 | 10 | 44 | 40 | 22 | 9 | 3 | 1 | - | - | - |
| 3.8 | -40 | 1 | 41 | 42 | 25 | 11 | 4 | 1 | - | - | - |
| * 4.0 | -40 * | -7 * | 36 * | 43 * | 28 * | 13 * | 5 * | 2 * | - * | - * | - * |
| 4.2 | -38 | -14 | 31 | 43 | 31 | 16 | 6 | 2 | 1 | - | - |
| 4.4 | -34 | -20 | 25 | 43 | 34 | 18 | 8 | 3 | 1 | - | - |
| 4.6 | -30 | -26 | 18 | 42 | 36 | 21 | 9 | 3 | 1 | - | - |
| 4.8 | -24 | -30 | 12 | 40 | 38 | 23 | 11 | 4 | 1 | - | - |
| * 5.0 | -18 * | -33 * | 5 * | 36 * | 39 * | 26 * | 13 * | 5 * | 2 * | 1 * | - * |
| 5.2 | -11 | -34 | -2 | 33 | 40 | 29 | 15 | 7 | 2 | 1 | - |
| 5.4 | -4 | -35 | -9 | 28 | 40 | 31 | 18 | 8 | 3 | 1 | - |
| 5.6 | 3 | -33 | -15 | 23 | 39 | 33 | 20 | 9 | 4 | 1 | - |
| 5.8 | 9 | -31 | -20 | 17 | 38 | 35 | 22 | 11 | 5 | 2 | 1 |
| * 6.0 | 15 * | -28 * | -24 * | 11 * | 36 * | 36 * | 25 * | 13 * | 6 * | 2 * | 1 * |
| 6.2 | 20 | -23 | -28 | 5 | 33 | 37 | 27 | 15 | 7 | 3 | 1 |
| 6.4 | 24 | -18 | -30 | -1 | 29 | 37 | 29 | 17 | 8 | 3 | 1 |
| 6.6 | 27 | -12 | -31 | -6 | 25 | 37 | 31 | 19 | 10 | 4 | 1 |
| 6.8 | 29 | -7 | -31 | -12 | 21 | 36 | 33 | 21 | 11 | 5 | 2 |
| * 7.0 | 30 * | 0 * | -30 * | -17 * | 16 * | 35 * | 34 * | 23 * | 13 * | 6 * | 2 * |
| 7.2 | 30 | 5 | -28 | -21 | 11 | 33 | 35 | 25 | 15 | 7 | 3 |
| 7.4 | 28 | 11 | -25 | -24 | 5 | 30 | 35 | 27 | 16 | 8 | 4 |
| 7.6 | 25 | 16 | -21 | -27 | 0 | 27 | 35 | 29 | 18 | 10 | 4 |
| 7.8 | 22 | 20 | -16 | -29 | -6 | 23 | 35 | 31 | 20 | 11 | 5 |
| * 8.0 | 17 * | 23 * | -11 * | -29 * | -11 * | 19 * | 34 * | 32 * | 22 * | 13 * | 6 * |
| 8.2 | 12 | 26 | -6 | -29 | -15 | 14 | 32 | 33 | 24 | 14 | 7 |
| 8.4 | 7 | 27 | 0 | -27 | -19 | 9 | 30 | 34 | 26 | 16 | 8 |
| 8.6 | 1 | 27 | 5 | -25 | -22 | 4 | 27 | 34 | 28 | 18 | 10 |
| 8.8 | -4 | 26 | 10 | -22 | -25 | -1 | 24 | 34 | 29 | 20 | 11 |
| * 9.0 | -9 * | 25 * | 14 * | -18 * | -27 * | -6 * | 20 * | 33 * | 31 * | 21 * | 12 * |
| 9.2 | -14 | 22 | 18 | -14 | -27 | -10 | 16 | 31 | 31 | 23 | 14 |
| 9.4 | -18 | 18 | 22 | -9 | -27 | -14 | 12 | 30 | 32 | 25 | 16 |
| 9.6 | -21 | 14 | 24 | -4 | -26 | -18 | 8 | 27 | 32 | 27 | 17 |
| 9.8 | -23 | 9 | 25 | 1 | -25 | -21 | 3 | 25 | 32 | 28 | 19 |
| * 10.0 | -25 * | 4 * | 25 * | 6 * | -22 * | -23 * | -1 * | 22 * | 32 * | 29 * | 21 * |

El uso de la tabla de la página anterior es muy sencillo, solo tiene que buscar el índice m necesario y obtendrá todos los coeficientes de las bandas laterales. Para hallar el ancho de banda a m, solo tiene que usar la última banda con núm.

Como "una imagen vale mil palabras" aprenderá muchísimo de la FM practicando "cosas raras" con el trazado de gráficos de bandas laterales.. Muchas preguntas le quedarán respondidas cuando ensaye lo que pasa con la FM de Broadcasting, que tiene un 100% a ± 75 KHz, o con la FM de sonido de TV con un 100% a ± 25 KHz, o con la FM de TV Satelital, y compare con nuestra modesta FM en F3E, de ± 5 KHz.

Notará que un índice m alto puede conseguirse aumentando la desviación (modulación), pero también verá que generalmente se produce al bajar la frecuencia.. Y esto debe practicarlo, ver qué otra cosa diferente sucede, ya que el índice es igual, pero la situación es diferente. Se obtienen índices iguales, a distinto nivel de modulación (o sea, distinta desviación), y con frecuencias diferentes.

En seguida notará que hay más bandas laterales cuando el índice es mayor, y que a mayor cantidad de bandas la amplitud del grupo es más reducida. Pero recuerde que SIEMPRE la amplitud total permanece al 100%, pues es la suma de todas las amplitudes y fases de las frecuencias presentes.. Y cuando digo suma me refiero también a las restas necesarias, pero como en ambas se depende de la posición de fase, esto no puede hacerse simplemente sumando y restando los coeficientes.

SOBRE EL INDICE m

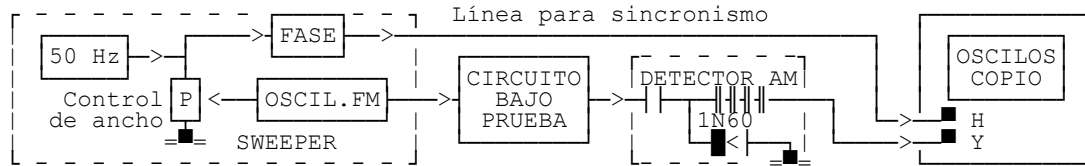
En estos tiempos en que todo cambia, ni siquiera el índice m permanece constante. Lo hallará con otros "nombres" como x, como β (beta), etc. Yo lo conocí como m, y en la mayoría de mis libros viejos así aparece... Pero soplan otros vientos y algunos autores aplican el m solo a modulación de amplitud. ¡¡Esté prevenido!!

OTROS USOS DE LA FM

La FM no solo se usa para comunicaciones, hay instrumentos de medida o calibración que se basan en su uso. Como ejemplos veremos rápidamente: el Generador de Barrido (Sweeper, Wobbler o Vobulador), el Receptor Panorámico, y el Analizador de Espectro. Estos se tratarán con más detalle en el capítulo sobre mediciones.

GENERADOR DE BARRIDO

Se trata de un modulador de FM en el cual la frecuencia modulante es fija, generalmente de 50 o 60 Hz, pero el usuario puede variar la desviación con un control de modulación denominado "control de ancho". Su uso se basa en la propiedad de la FM de mantener siempre el mismo nivel aunque varíe la modulación (desvío). Lo que diferencia al sweeper de un FM común, es que aquí no se detecta con discriminador de FM sino con un detector de AM común. Entonces, en lugar de detectar la onda modulante (50 o 60 Hz), se detectan las variaciones de amplitud que le ha ocasionado el circuito por el que acaba de pasar. Si Ud ha usado algún Generador de Barrido es probable que al verlo como un FM lo comprenda mucho mejor.



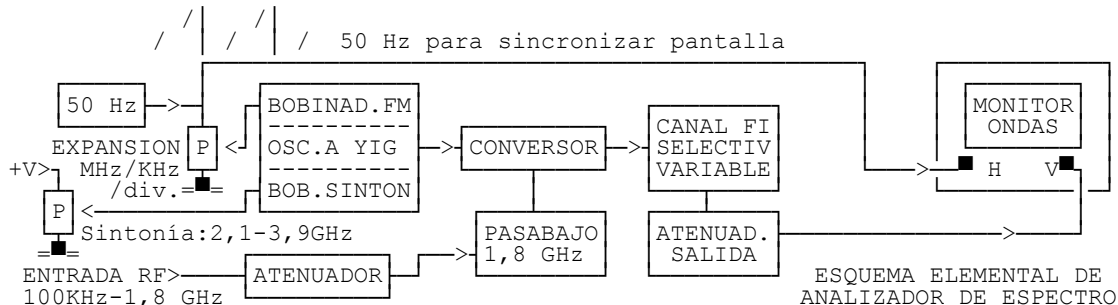
Se somete al circuito a ensayar a la señal del sweeper, y la FM que lo atraviesa se recupera con un detector AM a su salida. La resultante se ve en la pantalla de un osciloscopio, que se sincroniza con la onda modulante para que al ver la imagen se pueda saber a qué frecuencia se midió cada amplitud. El Generador de Barrido se suele usar para ver y ajustar las curvas de circuitos sintonizables.

RECEPTOR PANORAMICO

Es un receptor superheterodino común, en que el oscilador local o de conversión es un oscilador de FM modulado a bajísima velocidad. En realidad no se cuentan ciclos por segundo sino el período, o tiempo que se tarda en completar un ciclo. La FM va desplazándose lentamente en su frecuencia, y su mezcla en el conversor produce un lento cambio de sintonía, barriendo todo el dial en el período de la onda modulante. Para un recorrido lineal se modula FM con onda diente de sierra. Los "scaneadores" de VHF hacen un trabajo parecido por medios digitales, pues ellos varían los datos digitales de un sintetizador, pero el efecto es similar.

ANALIZADOR DE ESPECTRO

Es un receptor panorámico de altísima calidad, con selectividad variable, y provisto de una pantalla de osciloscopio donde se ve el nivel de las RF que va sintonizando al recorrer la banda automáticamente. No posee Control Automático de Ganancia (AGC) pues debe medir el valor real que hay en su entrada. En su lugar posee atenuadores por pasos, calibrados como los de osciloscopios. Tiene elevadísima selectividad pudiendo mostrar independientemente, a señales separadas solo por 300 Hz. Su resolución cambia a pasos desde 300Hz a 3MHz. Su oscilador de conversión es FM modulada a pocos Hz con onda diente de sierra. Esa misma señal sincroniza al osciloscopio, como sucede con generador de barrido "con pantalla". Tanto en un Sweeper como en un Analizador de Espectro, debe utilizarse una frecuencia baja de modulación, pero no debe ser tan baja que la pantalla parpadee.



Los Analizadores de Espectro suelen ser de sintonía continua, es decir que no tienen conmutación de bandas. El dial se controla con mecanismo multivuelta, o sea que se comienza en 100 KHz, y girando siempre la manivela llegará a 1,8 GHz. Esto se consigue con una FM en rango de microrondas, aquí de 2,1GHz a 3,9GHz. Hay una primera FI de 2,095 GHz (AB=10MHz), una 2da. de 105 MHz, y una 3ra. de 10 MHz. La inversión de la primera conversión será corregida por la segunda conversión.

El barrido FM lo hace un electroimán que actúa sobre YIG (Yttrium Iron Garnet), esferita de hierro-itrinio puesta en un circuito oscilador. Este YIG hace variar la resonancia ante el cambio del campo magnético generado por la bobina a 50 Hz. En realidad la frecuencia de modulación es conmutable, la recomendada es 25 Hz, aunque hay parpadeo en pantalla. Dimensiones y posición de la esfera YIG permiten sintonizar 2,1GHz a 3,9GHz variando la corriente continua de otro bobinado.

Este Analizador de Espectro es de una reconocida firma fabricante de instrumental costoso, destinado al uso en emisoras y laboratorios de radiocomunicaciones. Los aficionados suelen usar receptores modificados acoplados a un osciloscopio.

RETORNANDO A LOS SATELITES

Hemos recorrido muchas páginas con temas de modulación FM y modulación de fase. No hemos tratado sobre los receptores de FM donde algunas técnicas han cambiado para mejor, pero otras mejoras han cambiado la ventaja de la FM con el DOPPLER, y es que al usar sintetizadores ya no se usa la sintonía controlada por el AFC.

USO DE SUBPORTADORAS

Al modular un transmisor con música, tonos, o voces, estamos enviando muchas frecuencias que ocupan una única banda de frecuencias; son UNA sola señal y dos frecuencias diferentes siempre podrán ser separadas. Pero no debemos enviar dos señales diferentes que compartan la misma banda de frecuencias (ej: audio y frecuencias bajas de video) porque se mezclarían entre sí. Una de las dos debe ser trasladada de banda, y esto se logra haciendo que module a otra frecuencia fija. Esta nueva señal, que ahora estará modulada por una de las dos que teníamos al principio, recibe el nombre de SUBPORTADORA, y puede ser modulada en igual o en diferente modo que la portadora.. Sus requisitos básicos son: que esté separada lo suficiente de las otras señales, como para que sus bandas laterales no las afecten, y que no esté demasiado separada, para que la portadora no deba ocupar mucha banda. De dos señales, la más angosta será la que module la subportadora.

A veces, aunque se tiene una sola señal, se usa una subportadora de audio para enviarla, porque con ella resulta más fácil efectuar la modulación del emisor. En recepción el detector recupera la subportadora, y luego hay que demodularla. Un método de subportadora de 2400 Hz se usa en transmisión de fotografías. Un tono de 2400 Hz se modula en amplitud con señal de imagen; ya modulado, modula en frecuencia a un emisor FM. Otro uso con subportadora de audio, son los sistemas de transmisión digital por cambio de fase de una frecuencia baja, que dependerá de la norma que se utilice. Esta subportadora se usa para modular el transmisor

TONO LATERAL: La Banda Lateral Unica no genera portadora; para poder transmitir CW compatible se modula la BLU con un tono de audio, que se conecta e interrumpe con el manipulador. Cuando se corta no hay portadora, cuando se conecta aparece la banda lateral elegida. Al recibirlo no puede diferenciarse de la transmisión de un emisor de CW a portadora interrumpida. Otro uso es el RTTY FSK en BLU, pero en este caso se usan dos tonos de audio, uno para MARCA y otro para ESPACIO.

MODOS DE FRECUENCIAS PARA SATELITES, texto difundido por Stephen Holmstead
Los MODOS son las frecuencias de subida y bajada llamadas de UPLINK y DOWNLINK, y en algunos casos involucran al modo de transmisión y/o de comunicación....

EQUIPOS A UTILIZAR EN LA ESTACION TERRENA

- A - Este modo requiere un emisor de 2 metros BLU/CW y un receptor de 10 metros de BLU/CW. Se utiliza en CW y FONE.
- B - Este modo requiere un emisor de 70 cm BLU/CW y un receptor de 2 m de BLU/CW. Se utiliza en FONE y CW aunque algunos satélites permiten RTTY y SSTV.
- K - Este modo requiere un emisor de 15 metros BLU/CW y un receptor de 10 metros de BLU/CW. Se opera en CW y FONE. Este único modo permite operar todo en HF.
- J - La emisión es en 2 metros y la recepción en 70 cm.
- JA- Significa modo J analógico. Se usa un emisor de 2 m BLU/CW y un receptor de 70 cm de BLU/CW. Se opera en CW y FONE.
- JD- Significa modo J Digital. Se usa un emisor de 2 m FM y un receptor de 70 cm de BLU/CW. Se opera en PACKET.
- L - La emisión es en 23 cm y la recepción en 70 cm.
- S - Este modo requiere un emisor de 70 cm BLU/CW y un receptor de 2.4GHz BLU/CW. Se opera en CW y FONE. Algunos aficionados utilizan un conversor de 2.4 GHz con un receptor de 2m de BLU/CW para evitar comprar receptores de 2.4 GHz.
- T - Este modo requiere un emisor de 15 metros BLU/CW y un receptor de 2m BLU/CW. Se opera en CW y FONE.

Algunos satélites operan simultáneamente en 2 modos; por ej., el AO-13 opera en modo BS (modo B y modo S al mismo tiempo), y satélites RS-10 al 13, en KT y KA.

TIPOS DE COMUNICACION POR SATELITES

Independientemente del tipo de transmisión usado, las comunicaciones a través de los satélites de aficionados se realizan en forma hablada (FONE), por telegrafía (Morse o CW), por textos (RTTY, PACKET) o por imágenes (fotografías, televisión).

En general los aficionados diferencian las modalidades, llamando comunicaciones analógicas a las que involucran señales de variación continua, y comunicaciones digitales a las que se transmiten como conmutaciones de nivel. Y de acuerdo con esto se mencionan a los satélites como analógicos o como digitales. Sin embargo la telegrafía en código Morse y el radioteletipo (RTTY), no tienen lugar en los satélites digitales. CW y RTTY se utilizan a través de los satélites analógicos.

SATELITES ANALOGICOS

Muchos de estos reciben la señal desde tierra y la retransmiten.. Los modos más utilizados: FONE y CW. El modo ATV (imágenes móviles) satelital, no se usa entre radioaficionados por su ancho de banda. Sin embargo entre datos de satélites hay llamados ATV por AM en 1,265 GHz (subida). Otro tipo emite SSTV, FAX y WEFAX, modulando subportadoras de audio con imágenes de la Tierra tomadas desde el espacio. La transmisión de imágenes que hemos mencionado es por un sistema analógico, pero debe estar prevenido que también se transmiten imágenes por datos numéricos. El CW y el RTTY se usan mayormente para transmisión de telemetría de satélites.

SATELITES DIGITALES

En general solo trabajan con datos binarios del tipo numérico. Los equipos satelitales aceptan solo pocas normas, definidas no solo por la velocidad de transmisión (ej: 1200 bauds o 9600 bauds) sino por el sistema: PSK, FSK, etc. En tierra, se trabaja a través del equipo de radio, al que se le agrega una computadora con interfaces para todos los sistemas posibles. Lo que más se usa es PACKET. Algunos satélites incorporan equipos llamados TRANSPONDERS, que son convertidores de una banda a otra diferente, y sirven para emisión analógica y/o digital. Sin embargo hay digi-peaters, convertidores de banda solo para datos digitales. El FO-20 pasa del funcionamiento analógico JA (transponder), al JD digital (BBS). Además de MODOS de información en que se transmite, se definen las "vías" usadas:

SIMPLEX

Son comunicaciones en un solo sentido, uno transmite y el otro recibe. La transmisión de la telemetría de los satélites es de este tipo... También lo es la transmisión de imágenes analógicas, como la de los satélites meteorológicos, etc

HALF-DUPLEX (medio duplex o semi-duplex)

Las comunicaciones son en ambos sentidos, pero no pueden ser simultáneas.. Solo cuando un emisor cesa la transmisión, el otro puede responder, ej: packet normal

FULL-DUPLEX (duplex total o simplemente duplex)

Las comunicaciones son en ambos sentidos y pueden ser simultáneas.. En sistemas telefónicos por FSK, hay un tono para los 1 y otro para los 0s.. Para duplex total se usan pares de frecuencias diferentes para las 2 puntas, que deben identificarse para saber quién será considerado iniciador (ORIGINATE) y quién el que responde (ANSWER). Así, una norma suele fijar frecuencias de emisión diferentes para ambos, mientras que las de recepción de cada uno serán las del otro emisor. Con este arreglo se consigue el FULL-DUPLEX con el uso de cuatro frecuencias. El primero en llamar se convierte a ORIGINATE y el otro pasa a actuar de ANSWER

Con transmisiones radiales en FULL-DUPLEX se usan frecuencias separadas, y generalmente hasta bandas separadas.. Casi todos los satélites reciben en una banda y transmiten en otra, por lo que comunicarse en FULL-DUPLEX es bastante común. Por ejemplo, en packet se emite en 145 MHz y se recibe el reconocimiento simultáneamente en 435 MHz. Esto acelera la comunicación en el poco tiempo disponible. Como cierre de capítulo, hacemos una rápida mención a modalidades y usos principales de los satélites. Mayores detalles se hallarán en los próximos capítulos.

El PACKET es un sistema de transmisión/recepción de caracteres en grupos (paquetes). Dos estaciones deben primero CONECTARSE para establecer una comunicación, es decir que cada una se dirige a la otra reconociéndola por un nombre (su LICENCIA o CALLSIGN) y aunque haya otras estaciones en la frecuencia solo tomarán los grupos de caracteres que les estén dirigidos. Esto se llama modo CONECTADO.

La organización de los paquetes de datos corre por cuenta de un equipo llamado TNC (Terminal Node Controller) o controlador de Terminal. La Terminal es un sistema formado por un teclado para enviar los caracteres y por una pantalla o display para ver los datos que se reciben o los que se van escribiendo. El operador no maneja al sistema de comunicación, éste se controla por programa almacenado. Armado un grupo de datos (Frame), se efectúa una operación matemática (CRC) que se basa en que cada carácter tiene un valor binario y puede hallarse un resultado con todos los caracteres de ese frame. Este dato se remite aparte, con todos los caracteres; el receptor comprueba el frame y el valor CRC; si son diferentes se supone que hubo un error en algunos de los caracteres y se pide la repetición de ese paquete hasta que se reciba correctamente. Se hace automáticamente

En packet con satélites, Ud los llama y éstos le responden a su LICENCIA. Habrá un PORT o vía de comunicación reservada para Ud solamente, mientras dure la conexión y esto determina que solo podrán conectarse tantas estaciones como PORTS haya disponibles. Durante la conexión ambas partes intercambian mensajes de control, textos, etc. ¡Debe tratar de DESCONECTARSE antes de que salga de alcance!

EL CORREO ESPACIAL POR PACKET: Si ya conoce a los BBS telefónicos sabrá de que se trata. El satélite recibe los mensajes en packet, los almacena en su memoria, y estos pueden bajarse luego desde cualquier parte del mundo, responderse, etc. El packet satelital a dos bandas diferentes no necesita conmutarse Transmisión/Recepción como el terrestre de una sola frecuencia. El satélite puede mandarle los informes de recepción (ACK) en 437 MHz mientras Ud. sube mensajes en 145 MHz simultáneamente !!. Esto es el FULL-DUPLEX ya mencionado y ahorra mucho tiempo.

TRANSMISION ORIGINADA POR EL SATELITE: Esta se irradia como Broadcasting (o una emisora de radio común). Se trata de información propia del estado del satélite (telemetría) u otra información almacenada previamente (fotos, datos, etc.). Es la comunicación más sencilla. Sólo hay que utilizar un receptor para los modos de esa transmisión: morse, radioteletipo o packet tipo broadcasting. Generalmente la transmisión es por la frecuencia de Baliza (o Beacon) del satélite. Si se emite en FM, el control automático de frecuencia de los receptores anularía el efecto DOPPLER. Pero un emisor FM consume demasiada energía como para usarlo en un satélite a "pilas". Por eso es que se usan transmisores de BLU ó CW y la corrección se hace por medio de variar la frecuencia del receptor para seguirla. Los satélites meteorológicos, con grandes baterías, transmiten imágenes por FM. Cuando un satélite debe recibir señal, dispone de otra banda alejada de la frecuencia de su emisor como para evitar problemas por captar su misma transmisión

EL PACKET EN MODO BROADCASTING utiliza la propiedad de los modernos TNC que permite operar en modo KISS (Keep It Single Stupid!). El KISS anula parte del control habitual del TNC para que pueda ser controlado por otro programa. Esto se usa en la modalidad BROADCASTING con que transmiten boletines algunos satélites. Si controla el TNC con un programa como el PB.EXE recibirá en modo NO CONECTADO. Es un modo eficiente ya que no está limitado por el número de PORTS y no se piden repeticiones de paquetes con fallas. Todos copian simultáneamente lo emitido. Al recibir simplemente no se reclaman los errores (se deja un espacio vacío). En una nueva repetición de transmisión del emisor, se tomará lo que le falte para completar el mensaje total. Requiere que el satélite repita todo al finalizar o que Ud. le pida al satélite las partes faltantes. Esto se hace automáticamente!

Hay toda una "biblioteca de programas" para manejar automáticamente toda la comunicación con el BBS de los satélites. Para los pequeños satélites de la serie PACSAT puede pedirlos a la organización AMSAT. No se olvide de solicitar además los ficheros con textos explicativos sobre su uso. Estos son algunos programas: El PB.EXE le permite conectarse en modo Broadcasting e ir completando los datos. El PH.EXE, muestra y separa los encabezados, el PHADD.EXE le formatea los mensajes a subir y el PG.EXE le permite bajar y subir los mensajes en modo conectado.

Para manejar los modos digitales debe saber usar los programas y los satélites. Una GUIA PARA EL USO DE LOS PACSATS, por Mike Crisler - N4IFD, fué traducida al castellano por John Coppens-ON6JC, y se difundió en packet hace ya algunos años. Pedro Converso-LU7ABF, redactó: Breve Introducción a los Pacsats, para AMSAT-LU. También por packet se ha difundido HOW TO USE THE AMATEUR RADIO SATELLITES, por Keith Baker-KB1SF de 1992, traducido al castellano por Adriana Sánchez, LW9EAB.

COMUNICACION POR TRANSPONDER SATELITAL: Un TRANSPONDER satelital es un conversor heterodino más un AMPLIFICADOR LINEAL de la potencia de radiofrecuencia. Las señales radiales captadas por los receptores de a bordo son heterodinadas para ser cambiadas de banda y luego esta RF es amplificada y emitida por sus antenas.

Hay una cierta tendencia a confundir al transponder con la función de una repetidora terrestre. La diferencia es muy notable: la repetidora detecta o demodula la señal entrante y luego modula al transmisor con ella. En cambio el transponder NO DEMODULA la señal, la heterodina con otra y convierte su frecuencia.

El transponder no cambia la transmisión, solo cambia la banda; si se le transmite en un modo retransmite ese modo. Puede corregir algunos desniveles de señales como cualquier receptor, pero si se le transmite a señal muy potente su control automático puede hacer dos cosas según el satélite: desconectarlo, o limitar la recepción por quedar desensibilizados los receptores. No obtendrá más comunicados por usar mucha potencia y si ocasionará problemas a los demás. Hay límites! El emisor por transponder NO ES UN TRANSMISOR, es un amplificador lineal de RF, por lo que su potencia máxima se reparte entre TODAS las transmisiones en curso.

En realidad el receptor convierte la señal recibida en una banda intermedia, de frecuencias intermedias (FI) que luego se heterodinan para emitir en otra banda. Algunos satélites utilizaron un grupo de FI independientes en lugar de solo una. Se dividía la banda total en cuatro o cinco bandas, y cada una era tratada solo por su propio canal de FI. Esto mejoraba muchísimo el comportamiento en toda la banda del transponder, porque si una estación potente saturaba la recepción del canal de FI, únicamente saturaba una de las secciones y dejaba sin afectar al resto de la banda útil del satélite. Por supuesto que hacer esto es más costoso.

Los transponders son de banda ancha y si Ud. resintoniza su transmisor, el transponder también se correrá, pero según su clase. Hay dos clases de transponders:

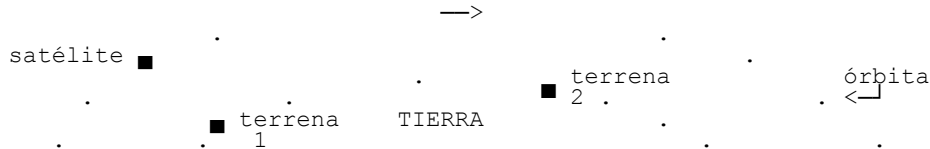
- a) transponders directos o no inversores: Si Ud. sube la frecuencia de su emisor, el transponder sube la frecuencia del transmisor satelital y viceversa.

- b) transponders inversores de banda: Si Ud. sube la frecuencia de su emisor, el transponder baja la frecuencia del transmisor satelital y viceversa.

Estas clases obedecen a según el oscilador heterodino esté debajo de la banda a convertir o por encima de ella. El DOPPLER es combinado y diferente en los dos. Sería menor con transponders inversores, porque cuando el satélite reciba mayor frecuencia, bajará en igual medida la emitida, que el DOPPLER subirá nuevamente lográndose una buena cancelación de ese efecto, pero... hay que recordar que se usan distintas frecuencias para emitir y recibir y el DOPPLER depende de ellas. Los transponders inversores invierten el modo en BLU. Si se sube en banda lateral superior (BLS o USB) el transponder la baja como banda inferior (BLI o LSB).

CORRECCION DEL EFECTO DOPPLER EN LOS TRANSPONDERS

Se acostumbra variar la frecuencia más alta tratando de mantener estable la frecuencia menor. Como el efecto DOPPLER aumenta con la frecuencia, pequeñas variaciones en frecuencias altas dan mejor compensación que variar frecuencias bajas. Piense que tanto en las altas como en bajas frecuencias, habrá cerca suyo otros aficionados, y al tratar de compensar el efecto DOPPLER puede transmitir sobre ellos o provocar que el satélite les transmita encima de su enlace radial interfiriéndolo. Si sube en 145 MHz y baja en 29 MHz, cancele el DOPPLER variando pocos Hz a 145MHz. Si en cambio sube en 21MHz y baja en 145MHz, varíe solo la recepción, ya que si trata de compensar variando su transmisión de 21 MHz, necesitará correrse mucho molestando a los aficionados o saldrá de banda sin notarlo. Si sube 21 MHz y baja en 29 MHz el efecto DOPPLER es menor y fácil de controlar. Con el uso de transponders Ud debe oír su propia transmisión ya que vá a la misma frecuencia en que debe recibir a su interlocutor. Podría pensar que si corrija su transmisión para recibir correctamente anulará el DOPPLER; pero éste será diferente para ambos, pues los dos tendrán ubicación diferente para esa órbita.



Notará que este tipo de corrección tiene sus errores: cuando para Ud el DOPPLER es cero por pasar el satélite sobre su cabeza, ¡para el otro puede ser máximo!. La corrección que se efectúe debe lograr algún promedio conveniente para ambos. En el capítulo sobre recepción de satélites RS-10/13 hallará más sobre el tema, con el uso de fórmulas de promediación de correcciones aprobadas por la mayoría. Luego, los dos deberían corregir las diferencias de frecuencias, que igualmente se producirán debido a la diferente posición respecto del satélite, pero estas serán mucho menores.. En comunicación vocal puede tolerarse cierto apartamiento sin muchos problemas, y en comunicación de datos (packet, etc.), el satélite solo lo transmite; toda la corrección de efecto DOPPLER debe hacerse en el receptor. La generalización de equipos controlados por PC que corrigen DOPPLER automáticamente, ya sea en transmisión como en recepción, pero lo habitual es utilizar un receptor que admita alguna tensión de corrección para corregir el oscilador del mezclador.. Esta tensión se toma de los demoduladores de tono de los modems, de alguna salida especial en los sistemas demoduladores de PSK (como UP/DOWN), etc

Pero las nuevas características de los equipos con sintetizador, hacen posible que pueda controlarse a los divisores programables mediante un programa externo al equipo de radio, es decir, por medio de una PC. Esto permite programar la corrección paso a paso con el transcurso del tiempo, si se conoce como variará la frecuencia debido al efecto DOPPLER, lo que puede obtenerse como en un programa de rastreo de satélites, solo que en este caso, es exclusivo para el corrector. Hoy existen transceptores controlados por PC que corrigen DOPPLER automáticamente, ya sea en transmisión como en recepción, pero lo habitual es utilizar un receptor que admita alguna tensión de corrección para corregir el oscilador del mezclador.. Esta tensión se toma de los demoduladores de tono de los modems, de alguna salida especial en los sistemas demoduladores de PSK (como UP/DOWN), etc

Con BBS satelital y FM, habrá mejora contra el DOPPLER si reduce modulación; esto reduce el ancho de banda emitido, y permite a su señal permanecer más tiempo dentro de la banda de paso del receptor del satélite, sin ser recortada ni distorsionada en FM, ya que demora en llegar a los flancos del pasabanda satelital. Recuerde que para estos BBS satelitales, el receptor no es igual que el de los transponders satelitales. Aquí la banda FI de recepción es bastante más angosta. La modulación recomendada es de $\pm 2,5$ a $\pm 3,5$ KHz de desviación en vez de ± 5 KHz.

CAPITULO 4

SIN PERMISO NI LICENCIA

Todo uso de TRANSMISORES debe hacerse con un permiso o LICENCIA oficial. En la Argentina se tramita ante la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Esta LICENCIA es gratuita pero se debe demostrar que se sabe de radiocomunicaciones y que se conoce bien el equipo de radio. La TRANSMISION ILEGAL es penada por LEY. Los alumnos de escuelas técnicas (como las ENET) pueden recurrir a su profesor de Electrónica o equivalente, dado que muchas de ellas poseen LICENCIA y equipo de comunicaciones en Onda Corta o HF de radioaficionados. Si Ud no tiene permiso para transmitir, pero posee receptores adecuados, igualmente podrá trabajar con satélites en forma legal recibiendo telemetría o mapas meteorológicos, es decir en los modos en que NO NECESITA TRANSMITIR. Y si no posee receptores adecuados tal vez pueda interesarse en la parte matemática del rastreo satelital ...

TELEMETRIA DE SATELITES

Una de las especialidades más apasionantes es conocer como se está comportando cada satélite, sus paneles solares, sus baterías, las temperaturas propias y también otras mediciones hechas por instrumental de a bordo. Esto se hace por medio de envío de datos por la onda de radio y se conoce como TELEMETRIA o sea medición a distancia. Para recibir telemetría no se necesita ningún permiso ...

En el capítulo 7 hallará una práctica detallada de recepción de telemetría...

LA TIERRA DESDE EL CIELO

También los aficionados sin necesidad de ningún permiso o licencia, pueden captar las imágenes de los satélites meteorológicos que muestran las condiciones del clima en la tierra. Una antena, un receptor con la frecuencia adecuada y un programa para recibir radiofotos en PC común, es todo lo que se necesita para comenzar en esta apasionante actividad que puede determinar una vocación seria de especialización futura en el estudio de los recursos terrestres por ejemplo. Los satélites toman imágenes de Tierra usando (a menudo) dispositivos giratorios que captan el brillo de cada punto de la superficie y lo aplican a células fotoeléctricas para su conversión en señal.. Las cámaras de TV eran poco duraderas. Tienen células sensibles a luz normal y otras a infrarrojos para "ver" de noche

Hay satélites meteorológicos polares y geoestacionarios.... Los de órbita polar "barren" la superficie terrestre mientras pasan sobre ella, captando los puntos terrestres en forma sucesiva de Oeste a Este, con un "dispositivo barredor"... En cambio, en los geoestacionarios se aprovecha el mismo giro de estabilización del satélite para captar los puntos luminosos terrestres con sus sensores...

METEOROLOGICOS POLARES

Llevan un SCANNING RADIOMETER nombre técnico del mecanismo de exploración de la superficie terrestre. Un motor hace girar un espejo inclinado de modo que capte la superficie terrestre a través de una angosta línea perpendicular al movimiento de polo a polo del satélite.. Esta luz es enfocada hacia algunos sensores de distintos rangos de luz, visible e infrarroja, resultando imagen multiespectral

El movimiento del espejo es de Oeste a Este si el satélite va de Norte a Sur, pero quedará como de Este a Oeste cuando va de Sur a Norte con satélite invertido. Este movimiento va determinando visión en líneas paralelas consecutivas de la superficie debajo del satélite. Al continuar su viaje de polo a polo cada línea siguiente resulta tomar exactamente la parte debajo de la anterior, como en TV. El grosor de cada línea resulta de captar un ancho de 4 Km de superficie terrestre en los sistemas de menor calidad y un ancho de 1,1 Km en los de mayor calidad. Al fin habrá un barrido horizontal dado por el giro del espejo y un desplazamiento vertical simultáneo dado por el movimiento de polo a polo del satélite. El espejo giratorio solo capta imágenes durante la media vuelta en que está ubicado hacia abajo; mientras el espejo apunta hacia el espacio no hay captación... Cada línea es corregida pues el radiómetro produce una distorsión que es más notable en ambos extremos del barrido debido a la curvatura terrestre, etc, etc. Los primeros sistemas de RADIOMETER eran bastante parecidos a los actuales pero se transmitían menos líneas por minuto... El formato de transmisión también era similar pero no había procesador de control... Se transmitía una línea desde el sensor infrarrojo mientras el espejo tomaba una línea terrestre y simultáneamente el video del sensor de luz visible se grababa en una cinta magnética sin fin. Cuando concluía la línea infrarroja y el espejo giraba mirando hacia el espacio se transmitía la línea visible grabada, de modo que en tierra se recibían dos imágenes por línea, infrarroja y visible, y al final de la recepción quedarían dos vistas terrestres unidas. Para separarlas durante la recepción se sincroniza un barrido al doble del número de líneas recibidas por minuto. Esto hace que se cubra la pantalla en la mitad del tiempo tomando solo media línea transmitida y que se inicie otra con la media línea restante.. Solo es cuestión de borrar las líneas intermedias que no interesen o grabarlas separadas para un uso posterior

TRANSMISION HRPT

Los radiómetros actuales enfocan la luz recibida sobre un grupo de sensores, de modo que pueden separarse distintas gamas del espectro luminoso.. Hay dos sensores de luz visible y 3 para infrarrojos. La imagen es HRPT (High Resolution Picture Transmission) con una resolución de 1,1 Km. Se barre a razón de 360 líneas por minuto. La información se emite hacia tierra separada en cinco canales, en formato digital de 10 bits y a 665 KBytes/seg. en la banda de 1698/1707 MHz. Esta velocidad no está al alcance de equipos sencillos. Se debe entrar directamente al bus de la PC porque los ports serie son lentos para la velocidad de datos

TRANSMISION APT

Para permitir recibir imágenes con equipos más sencillos se procesan los datos con computador de a bordo del satélite de modo que resulta una emisión standard

procesando tres líneas originales por cada una transmitida en formato de menor detalle. Se emiten así 120 líneas por minuto, infrarroja y visible, con el vídeo modulando en amplitud a una subportadora de 2400 Hz, que luego modula en FM a una frecuencia de unos 137 MHz. La resolución queda reducida a unos 4 Km pero es de buena calidad. Este formato se llama APT (Automatic Picture Transmission) y no hace uso de cinta magnética sin fin sino que usa memoria para retener datos. Recibirá APT con un receptor de FM de 137 MHz; y el DOPPLER quedará corregido! Satélites más conocidos son: NOAA y TIROS de EEUU, y los rusos METEOR y COSMOS. Necesitará un programa para PC y una barata interfase para ver las imágenes.

Los satélites NOAA tienen dos transmisiones, la digital HRPT y la analógica APT. Con satélites americanos de la serie TIROS o NOAA la APT es con 120 líneas por minuto. Cada línea dura 500 ms, con 250 ms a infrarrojo y 250 ms a luz visible. Los satélites rusos de la serie METEOR, no tenían sensores infrarrojos y por lo tanto faltaba esa parte de la línea. Por eso durante las noches no transmitían! Los METEOR transmitían 120 líneas por minuto (luz visible) cada una de 500 mseg. Un METEOR ensayó emisión a 120 lpm visible común e infrarrojo a 20 líneas/min. En 1989 el METEOR 3/3 ya tenía imagen con infrarrojos a 120 líneas por minuto. Hay meteorológicos rusos de la serie COSMOS que emiten a 240 líneas por minuto imágenes de altísima calidad. Y aunque se apagan cuando sus imágenes no se reciben en Rusia por hallarse muy alejados de ese país, sí se captan en Europa... ..En la serie COSMOS existen satélites meteorológicos con captación por radar..

METEOROLOGICOS GEOESTACIONARIOS

Los Geostacionarios, como fijos en el espacio, captan solo determinadas zonas. La calidad de imágenes es superior; son bajadas a tierra, procesadas y devueltas al mismo satélite para retransmitirlas (modo WEFAX) en frecuencias de 1691 MHz. Puede captarlos con parábola de microrondas y convertidor para el equipo de 137 MHz. Los geostacionarios también leen líneas sobre la Tierra con dispositivo giratorio, pero aprovechando que el satélite gira sobre sí mismo (eje paralelo al de la Tierra) a unas 100 RPM. El vertical se desplaza mecánicamente en 20 minutos. Conocidos: GOES de Estados Unidos, GOMS ruso, METEOSAT europeo, GMS japonés, etc. Casi todos los satélites meteorológicos hacen tomas nocturnas por infrarrojos.

En Buenos Aires Pedro Corral, LU3AIV, ha desarrollado una gran experiencia con satélites meteorológicos y la divulga durante los seminarios de AMSAT Argentina.

METEOROLOGICOS POLARES CAPTADOS EN ENERO DE 1994 (FRECUENCIA 137 MHz)
por HP2DFA, Omar Gayle

OBSERVACION DESDE EL 24/1/94 AL 30/1/94

| SATELITES NOAA DE ORBITA POLAR | FRECUENCIA |
|---|--------------|
| [X] NOAA-09 Transmisión normal APT VISIBLE/INFRAROJO | 137.620 Mhz. |
| [X] NOAA-10 Transmisión normal APT VISIBLE/INFRAR | 137.500 Mhz. |
| **NOTA** Fué encendido al comienzo de semana luego de 2 semanas de problemas con NOAA 12. Se observa alguna distorsión en el canal derecho cuando está en modo infrarrojo. Es probable que se deba a las dos semanas de inactividad | |
| [X] NOAA-11 Transmisión normal APT VISIBLE/INFRAR | 137.620 Mhz. |
| [X] NOAA-12 Transmisión normal APT VISIBLE/INFRAR | 137.500 Mhz. |
| [] NOAA-13 Inactivo | 137.620 Mhz. |
| **NOTA** El Centro de Comando NOAA ha perdido el control de este satélite. Los intentos de recuperarlo se han suspendido | |

| SATELITES METEOR DE ORBITA POLAR | FRECUENCIA |
|---|--------------|
| [] METEOR 2-16 Inactivo | 137.850 Mhz. |
| [] METEOR 2-17 Inactivo | 137.850 Mhz. |
| [] METEOR 2-18 Inactivo | 137.850 Mhz. |
| [] METEOR 2-19 Inactivo | 137.850 Mhz. |
| [] METEOR 2-20 inactivo | 137.850 Mhz. |
| [X] METEOR 2-21 Transmite Normal APT VISIBLE | 137.850 Mhz. |
| Nota: satélite no oído durante pasos de noche | |
| [] METEOR 3-2 Inactivo | 137.300 Mhz. |
| [X] METEOR 3-3 Transmite Normal APT VISIBLE | 137.300 Mhz. |
| Nota: Satélite no oído durante paso nocturno | |
| [] METEOR 3-4 Inactivo | 137.300 Mhz. |
| [] METEOR 3-5 Inactivo | 137.300 Mhz. |

=====ENVIADO VIA SAT. EN AO-16 Y LO-19 POR HP2DFA=====

HP2FDA - OMAR GAYLE - P.O. BOX 1189 - COLON REP OF PANAMA

--fin del boletín de HP2DFA--

SOBRE RECEPCION WEFAX DE SATELITES METEOROLOGICOS

En el artículo siguiente verá mencionada la frecuencia de 1.7 GHz pero en realidad es un redondeo por las frecuencias de 1691 a 1695 MHz. Además se menciona el modo APT (Automatic Picture Transmission) ya explicado. La expresión WEFAX (Weather Facsimile), para transmisiones desde satélites geoestacionarios o estaciones de radio, indica que son fotos "retocadas" antes de su retransmisión. Hoy se está nombrando como WEFAX a cualquier transmisión de imágenes meteorológicas. No debe preocuparle lo que no entienda, casi todo es económico y sencillo ...

SISTEMAS RECEPTORES DE WEFAX (de EDUCATION NEWS)

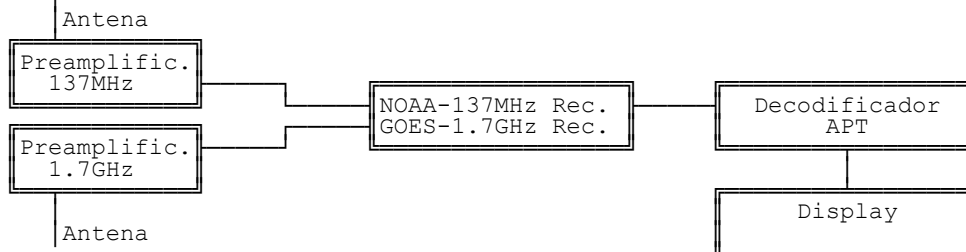
Traducido por LU4HIY

El interés en recibir en tiempo real las imágenes de los satélites meteorológicos en el hogar y en las escuelas se ha incrementado muchísimo en estos últimos años. Se tienen así numerosos artículos escritos sobre la

recepcion de dichas imagenes incluyendose uno en Novedades Educacionales Satelitales de Febrero de 1993; planos para receptores, decodificadores, y antenas se han publicado en revistas y en los satelites de radioaficionados; los colegios y universidades estan dictado cursos para entrenar maestros interesados en construir su propio equipo. Grupos de usuarios como el Dallas Remote Imaging Group, y el Mark's (WB8LEM) se han formado con el mismo proposito.

En esta direccion, yo he tomado clases sobre satelites metereologicos en la Universidad Estatal de Weber en el mes de Junio. Estas clases proporcionan una oportunidad para hacer recepcion del NOAA, en forma manual, e imagenes del GOES, usando varios equipos y programas disponibles hoy en dia en el mercado. Todos los paquetes tienen sus puntos fuertes y sus puntos debiles, pero en general son muy buenos con pocas exepciones. Desde el punto de vista del maestro, Yo encuentre como el mejor a el WEFAX Explorer, de Quorum Communications Inc., y por lo tanto compre el sistema para usarlo en mis clases en la escuela Americana de Vicenza.

Para recibir señales en WEFAX/APT desde los satelites metereologicos, la estacion receptora debe tener una antena, un preamplificador (para antenas de baja ganancia), un receptor para 137 MHz (NOAA, METEOR, FY 1/2, etc) y/o un convertidor para 1.7 GHz (GOES, METEOSAT, etc), un decodificador de imagenes y un dispositivo para exhibirlas (display). El siguiente diagrama en bloques muestra estas etapas:



El sistema del WEFAX Explorer tiene un receptor de 137 MHz, un decodificador de WEFAX/APT en una simple tarjeta lista para instalar dentro de un computador personal con MS-DOS. Ver fig. 1, circuito del WEFAX Explorer. Haciendo esto permite que el computador controle completamente al receptor y al decodificador y solo le falta una antena y un preamplificador para completar el sistema. Para recepcionar al NOAA, Yo uso una antena M-Squares Eggbeater para 2 metros, ver Tabla 1, junto al modulo preamplificador Dartcom 137 MHz para la cabeza del mastil (disponible en AMSAT-UK), alimentado por el WEFAX Explorer a traves del coaxil, ver Tabla 2. Ambos estan montados en el techo sobre la aula que uso, por lo que solo 10 metros de cable coaxil 9913 se necesitan para traer la señal. Ver figura 2, para el montaje de la antena y el preamplificador. Este montaje proporciona muy claras imagenes recibidas desde el NOAA, con la excepcion de las pasadas muy encima con elevaciones de mas de 45 grados. En esos pasos, se desvanece momentaneamente mientras el satellite sube y baja los 45 grados de elevacion. Con el agregado de un plano de tierra y algo de experimentacion, este problema puede corregirse. Existen otras posibilidades de antenas y preamplificadores, pero el costo y el rendimiento logrado con este sistema es dificil de alcanzar.

Quorum recomienda que el WEFAX Explorer sea usado con un computador 386SX/16 ISA o mejor con por lo menos 4 Mbytes de RAM (es preferible 6 Mbytes); una tarjeta de video VGA, VESA V1.01 o compatible, y 512 Kbytes de memoria (es preferible 1 Mbyte) con monitor, un disco rigido de al menos 100 Mbytes, un raton Microsoft o compatible y un coprocesador. Yo uso una 386DX/20 con coprocesador, 4 Mbytes de RAM, video VGA de 640 x 480, raton Microsoft y un disco rigido de 80 Mbytes con exelentes resultados. El sistema fue operado por un corto periodo de tiempo sin coprocesador, sin embargo el modo de operacion "Predict" y el "Navigate" resultaron MUY lentos. En efecto , le tomo mas de 6 horas a "Navigate" (dibujando la linea de costas, los limites de paises, etc) para formar una imagen.

Una vez que el circuito esta instalado y en operacion, yo encuentre que el programa WEFAX Explorer es uno de los mas agradables que he usado. El menu principal es simpatico y amigable con una muy buena interface grafica de usuario (GUI). Ver fig 3, menu principal del WEFAX Explorer. En el lado derecho del area de captura de la imagen estan todos los items relativos a la radio, como la seleccion de frecuencia y de exhibicion, encendido y apagado del preamplificador, ganancia de recepcion, medidor de señal, etc. En el lado izquierdo del area de captura esta el control de volumen, el squelch, el boton de enmudecimiento, las opciones de horario, el auto-archivo, la auto-captura, y la opcion de carga de configuracion de los satelites. Debajo del area de captura, en el borde inferior de la pantalla esta el menu para acceder a las opciones "Predict", "Capture" y "View". Estos items son seleccionados con el raton, y/o el teclado.

El modo "Capture" se usa principalmente para la recepcion de GOES, imagenes tipo METEOSAT, que son enviadas todo el tiempo. En este modo, el menu principal permanece disponible en la pantalla para permitir ciertas selecciones que son hechas mientras se desarrolla la captura, como el enmudecimiento, subir o bajar el volumen, y la auto-captura. Aunque las imagenes del NOAA pueden ser capturadas por este metodo, la opcion "Predict" sera seguramente la preferida.

Cuando comienza "Predict", las seis orbitas terrestres bajas (LEO) de los satelites metereologicos preferidos, deben ser seleccionadas por el nombre, y en orden de prioridad descendente. Una vez echa la seleccion, la pantalla es

dibujada con el area de captura en la parte derecha de la pantalla y dos mapas uno sobre otro en la parte izquierda. El mapa-mundi, abajo a la izquierda, muestra las pistas terrestres y la posicion de los seis satelites seleccionados; mientras el mapa regional, arriba a la izquierda, muestra el area local con las pistas terrestres y la posicion de los seis satelites. En el centro del area de captura estan seis cajas, que muestran informacion de cada uno de los satelites, como su nombre, la hora hasta la adquisicion de la señal (AOS), la hora en tiempo universal, la posicion del satellite en altitud y longitud, el azimut y la elevacion desde la estacion terrestre y la prioridad asignada. Ver figura 4, pantalla de "Predict".

Cuando uno de los satelites entra en rango, las seis cajas de informacion se borran y el area de captura se prepara para la captura, el mapa-mundi es borrado y el conjunto de informacion del satellite activo es impresa como antes con la excepcion de que la señal perdida (LOS) es substituida por la hora AOS. El sistema entonces espera hasta que la intensidad de la señal sea bastante fuerte para sincronizar, entonces la imagen es exhibida en varias lineas a un mismo tiempo hasta la pronosticada LOS. Ver fig. , la recepcion de una imagen NOAA. El programa entonces guarda la imagen como un archivo .TIF, y retorna a la pantalla original, y espera por un proximo AOS.

El programa "View" provee los recursos para ver, y estudiar cualquier imagen de las capturadas. Mas que una barra de menus en la parte de arriba, la pantalla entera esta disponible para exhibir la imagen. Ver fig. 6, vista de una imagen "View" del NOAA. El programa proporciona un completo rango de opciones para manipular la imagenes del NOAA y las curvas de las costas ; una funcion de "navigation" que permite dibujar las lineas de las costas, los limites de los paises, y la latitud y longitud (es deseable un coprocesador); animacion en las imagenes GOES/METEOSAT; y en una version que pronto sera liberada , con la temperatura y en colores.

Resumiendo, los estudiantes y miembros de la facultad gozan la disponibilidad de imagenes metereologicas diarias, y las imagenes complementan muchos aspectos de los temas diarios de clases. El WEFAX Explorer proporciona esto muy simplemente, pero con la potencia necesaria para hacer estudios complejos.

Especificaciones EB-144 (Eggbeater) Tabla 1

| | |
|--------------------------|---|
| Numero de Modelo | EB-144 |
| Rango Frec. Especificado | 144 to 148 MHz |
| Rango Frec. Usable | 135 to 150 MHz |
| Impedancia | 50 Ohms |
| VSWR Max. (roe) | 1.5:1 |
| Diagrama | Omni-direccional en horizon, circular arriba. |
| Polaridad | Horizontal |
| Potencia Maxima | 1 Kilowatt |
| Montaje | Requiere macho con rosca 3/8-24 |
| Conector | SO-239 |
| Medidas | 34" de alto x 28" de ancho |
| Veloc. del viento Max. | 100 mph |
| Materiales: Espiras | 17-7 acero inoxidable |
| Soporte espiras | 3/8" fibra de vidrio |
| Esqueleto | Delrin y aluminio anodizado |
| Material | Acero inoxidable y bronce |

Mudulo Preamplificador para la cabeza del mastil Dartcom 136-138 MHz Tabla 2

| | |
|-----------------------------|---|
| Fuente de voltaje | 10.5 - 14 volts de CC a 15 mA maximo |
| Figura de ruido | Typico 1 dB |
| Ganancia | 12 dB +/- 1 dB (Ajustable hasta 14 dB) |
| Caract. de banda de paso | Variando +/- 1dB entre 136-138 MHz |
| Selectividad fuera de banda | Perdida de ganancia de 10 dB +/- 2 db por MHz con una atenuacion de 50 dB a 130 y 148 MHz |
| Dimensiones | 85 mm x 34 mm x 24 mm |

REFERENCIAS

Manual de Instrucciones del WEFAX Explorer, Quorum Communications Inc., Abril de 1993.. Traducido por LU4HIY @ LU2HDX, Radio Club Lago San Roque, Carlos Paz.

--fin del boletin de LU4HIY--

NOTA de LU4AKC: La misma plaqueta sencilla que usará con el HAMCOMM le serviría para WEFAX con el programa llamado JVFX, y hay otras también muy sencillas que se publicaron en NUEVA ELECTRONICA con su software, ej:FOTOFAX. Estos programas suelen ser para subportadora de FM y deben usar convertidor AM/FM para modo APT

El programa JVFX es un detector de FM por el port serie de la PC.Esta FM tiene un rango desde unos 1500Hz a 2500 Hz mas o menos. Las frecuencias bajas corresponden a los negros de la imagen y las frecuencias mas altas corresponden a los blancos. Como esta transmision corresponde al sistema de RADIOFOTOS con subportadora FM, para satelites meteorologicos que tienen subportadora AM debera usar un convertidor de esa AM (tension variable) a una FM (frecuencia variable).....

Este conversor AM a FM se puede realizar con un VCO de audio como el XR2206 al que se le suministra la tensión variable de la detección de la AM en el pin de control de frecuencia del oscilador, generando FM de acuerdo a esa amplitud AM. Este conversor va delante de la plaqueta HAMCOMM (C.I.741), de modo que sin el conversor JVFX le sirve para radiofotos y WEFAX, y con el conversor recibe APT

CAPITULO 5

TRANSMISION DE DATOS

No debe preocuparse si no comprende algo de lo mencionado a continuación o con anterioridad. No debe ser técnico para operar equipos pero debe tratar de aprender de que se trata!. Todo el trabajo ya está hecho dentro de otras partes del sistema y Ud. sólo deberá manejar los programas de comunicaciones con la PC.

Aquí nos referiremos a emisión de datos en serie desde una PC a otra, vía radio. Para poner de acuerdo a la parte emisora con la receptora se utiliza protocolo. El uso de protocolo significa que los codificadores y decodificadores cumplen con ciertas normas de hardware, agrupación de datos, sincronización, información, de control, etc. Emisiones con protocolo son el PACKET, la de redes por telefonía, etc. Las nombradas utilizan los protocolos de comunicación AX 25 y el X 25

MODOS ASINCRONICO Y SINCRONICO

En algunos modos de comunicación al nivel 1 se lo llama MARCA y al cero ESPACIO. Hay dos modos de transmisión: en modo asincrónico o en modo sincrónico. En modo asincrónico se pueden enviar caracteres sin ningún ritmo, como cuando se teclea en máquina teletipo.. En modo sincrónico la transmisión es con datos agrupados.

ASINCRONICO: se envía un bit de inicio al comenzar un dato y otros al finalizar lo.. Es un sincronismo a nivel de dato, o sincronismo de carácter (ej: Baudot). SINCRONICO: significa que se logra el sincronismo de bits; emisor y receptor deben tener un reloj o CLOCK de control, sincronizado uno con el otro. Esto se consigue enviando algún dato o flag de sincronismo al inicio de una serie para que ambos equipos se sincronicen, y además, pulsos de reloj adicionales entre bits.

CODIGOS PARA PACKET

Esta parte le puede resultar algo compleja pues no se acompañan los diagramas. La PC envía datos por su port serie en modo NRZ (Non Return to Zero), es decir, se mantendrá el nivel alto o bajo (1 ó 0) hasta el cambio de valor; ej: los bits 11111 mantendrán la tensión positiva y sin cambios hasta el primer 0 siguiente, y luego seguirá baja en cero (o valor negativo si es RS-232) mientras haya ceros consecutivos. En packet se utiliza una variación del NRZ llamada NRZI (Inverted) en el cual el cambio de nivel se controla con el bit 0.. Es decir que una larga serie de 0s cambiará el nivel a cada bit de entrada. Cuando aparece un bit 1 no se produce el cambio; por eso, una larga serie de 1s mantendrá el último nivel que existía hasta que llegue un bit cero. Esto hace que falte marcación de bits

HDLC-AX25 en NRZI

El TNC es un equipo que produce PACKET. Recibe datos en NRZ y en un C. Integrado de comunicaciones (Z8530), les aplica el protocolo HDLC de agrupación de datos. El protocolo HDLC puede completarse de diferentes modos; uno de ellos es el AX25. El HDLC-AX25 es un protocolo para emisión de series largas de bits, uno tras otro, sin espaciado. Cada serie o grupo se llama FRAME o TRAMA.. Cada frame está precedido por un BYTE DE SINCRONISMO o FLAG. Este es la serie 01111110 (un 126). Cada frame HDLC-AX25 lleva un flag 126 al inicio y otro 126 al final del grupo. El byte de sincronismo sirve para indicarle al decodificador, donde comienza, y donde termina el grupo de bits que forman cada "paquete" de datos, frame o trama. El HDLC controla errores, al emitir genera CRC, al recibir lo compara con datos

Además de agrupar datos, el HDLC-AX25 los emite en un NRZI modificado, para que no haya muchos 1s seguidos; fuerza un cero si hay más de cinco 1s. Esto se hace para evitar que pueda repetirse el FLAG 01111110 durante el frame de datos. Si se repitiera, cualquier serie 01111110 ;podría cortar un frame antes de tiempo!. Al emitir flags (seis 1s seguidos), se interrumpe la inserción forzada de ceros. Programas como el BAYCOM, generan el HDLC-AX25 NRZI, sin requerir un TNC. Lo hacen directamente por software dentro de la PC y así SALE DESDE UN PORT DE ESTA. Luego de la salida de datos digitales EN SERIE, codificados HDLC-AX25, NRZI, se los debe enviar por las ondas de radio. La transmisión de datos obliga a reducir el ancho de banda ocupado por la larga serie de pulsos. Eso se hace conformando los, generando pulsos especiales (FIR), convirtiéndolos a frecuencias, etc, ... Cuando la comunicación es por datos "convertidos", al equipo que los modifica se lo llama MODEM (Modulador/DEModulador). Hay MODEMs por pulsos, tonos, fases, etc. En el receptor, el mismo MODEM debe decodificar tonos o fases y recuperar NRZI.

Para decodificar el NRZI en un sistema sincrónico se lee la posición donde debería haber un bit, señalada por un reloj o CLOCK. Se lee ese nivel, alto o bajo, y se compara con el anterior; si hubo un cambio el bit es un cero, si no hubo cambio el bit era 1. Además se quitan los ceros, agregados tras 5 unos seguidos. El reloj o CLOCK del receptor se sincroniza con los mismos datos que le llegan. Todo esto lo hace el C.I de comunicaciones (o el programa) es decir, como HDLC.

BAUDS o BAUDIO

Para datos digitales importa la velocidad de conmutación, medida en BAUDIOS, es decir que un cambio de frecuencias, de fases o una conmutación POR SEGUNDO equivale a un baudio. No importa cuantos bits se descifren del cambio, será un baud

BITS, CICLOS y HERTZ

Un bit aislado no puede definir frecuencias. Un ciclo está formado por dos bits PERO SIEMPRE QUE SEAN DIFERENTES: 10 (1 y 0) = 1 ciclo, y 01 = 1 ciclo; pero 11 NO. Por ejemp: 1100 es un ciclo a pesar de ser cuatro bits; lo que cambia es la frecuencia!. En un flujo de datos ésta varía de acuerdo a como se agrupan los bits. Una serie de bits 10101011111000001100 involucra tres frecuencias en Hz diferentes aunque la velocidad de bits es siempre la misma. Si esa serie fuera de 1200 bits/seg los seis primeros bits dan 3 ciclos de 600Hz, los diez bits siguientes forman un ciclo de una frecuencia de 120Hz y los cuatro últimos son un ciclo de una frecuencia de 300 Hz. Es decir que: frecuencia en Hz es igual a la cantidad

de bits/segundo dividido por la cantidad de bits que forman un ciclo completo, o sea, que haya igual cantidad de 1s y ceros. También podemos hablar de frecuencia tomando una serie de 1s completa (hasta el primer 0 siguiente), pero en este caso la dividimos por el doble de bits tomados, es decir que serán la mitad de un ciclo del valor obtenido en Hz. Dibuje la serie de bits en NRZ y verá Hz.

La frecuencia más alta de una serie de bits es justamente la serie 0101010101 y corresponde a LA MITAD de la velocidad de transmisión en bits/s. A 1200 baudios la frecuencia máxima es de 600 Hz. ¡NO CONFUNDIR CON LOS TONOS AFSK DE PACKET!! (eso es otra cosa). En sistemas QPSK o QAM, multifases, esto NO es así, la frecuencia es siempre la misma cualesquiera que sean los grupos que se transmitan.

PULSOS CLOCK o de RELOJ

Los códigos para transmisión de datos en serie tienden a facilitar un uso general sin problemas. Hay códigos no sincrónicos, como el BAUDOT de teletipo, en que se toma en cuenta la duración de todo un carácter entre marcadores de arranque y parada... Pero en otros, en los que el medio tiende a alterar los tiempos en forma irregular (en los grabadores magnéticos de datos puede variar la velocidad de la cinta en cualquier forma), hace falta poner indicadores para saber donde comienza y termina cada bit ya que no puede calcularse por tiempos. Entonces se agregan marcadores muy seguidos, en lugar de solo al comienzo y fin del carácter. Habitualmente hay un marcador por bit... Al conjunto de marcadores se los denomina señal de reloj o simplemente CLOCK. La señal de reloj debe transmitirse junto con los datos, para que sufra las mismas variaciones que ellos. Del lado receptor debe recibirse el CLOCK y utilizarse para extraer los datos.

LA COMPONENTE CONTINUA

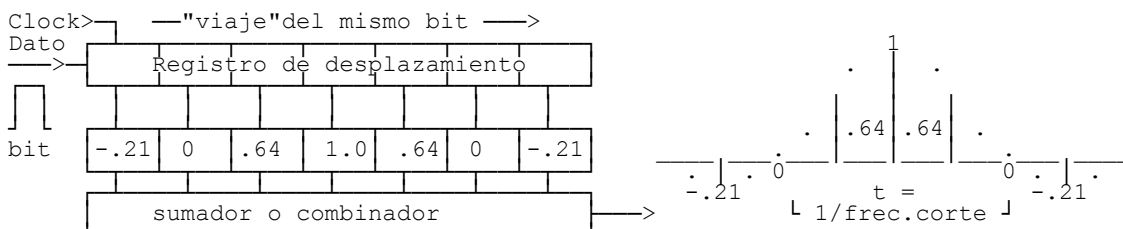
La transmisión serie de bits puede terminar generando una tensión continua si por ejemplo se envían muchos 1s en valor TTL (+5V) seguidos.... Esto también se produce con cualquier serie desapareja de unos y ceros. No se produce con serie 10101010 que es una onda cuadrada... En general, se trata de evitar que un sistema de transmisión de datos genere una C.C, porque habría que utilizar medios de transmisión que transmitan esa C.C, y eso no es fácil... Si un código genera componente continua y se utiliza un emisor INCAPAZ DE TRANSMITIRLA, los datos no podrán identificarse!.. La serie 1111111111100001111111 genera una tensión continua que está durante todos los 1s.. Un emisor acoplado a capacitor dará un valor positivo al principio, pero para los últimos 1s la carga del capacitor se habrá completado y sus valores serán 0s en lugar de 1s!!.. Entonces se usan métodos o códigos de transmisión de bits que evitan o anulan la componente continua. El agregar CLOCK puede anular la C.C, si se busca la forma adecuada de hacerlo. El MANCHESTER es un código sincrónico que elimina la componente continua de la serie de datos, o sea que al pasar unos y ceros a través de cualquier circuito, son lo mismo que una onda alterna. Hay otras formas de codificación de datos en serie con irregularidades, hay mas valores 1 que 0 y el resultado será la aparición de voltaje positivo... Los códigos sin componente continua son los ideales para grabación magnética de datos, y el MANCHESTER se usó hasta en la grabación de video digital, hasta que aparecieron códigos más eficientes. Se verá luego..

Hallar la frecuencia en Hz dará la banda necesaria a usar y retardo en los bordes de los pulsos para conformarlos para la modulación del transmisor. En general la frecuencia máxima en Hz es la mitad de los bits/seg ya que en NRZI se necesitan dos bits diferentes juntos (10 ó 01) para un ciclo. Esta frecuencia mitad de los bits/seg. se conoce como frecuencia de NYQUIST.. A 9600 bits/seg. la frecuencia máxima posible resulta de 4800 Hz pero por ser pulsos habrá componentes de mucha mayor frecuencia. Si se limitan a los de tercera armónica habrá que conformarlos para: $0.35/\text{frecuencia}$ 3ra. armónica, que dará: $0.35/14400 = 24 \text{ useg}$ lo que significa demorar la subida del pulso a 24useg (un pasabajos de 14,4KHz) Esto permite modular con PULSOS RECTANGULARES, pero si solo se quiere emitir la presencia de bits, se pueden conformar filtrando con pasabajos a LA FUNDAMENTAL. Si la CONFORMACION da una subida casi senoidal la banda usada será mucho menor.

Según la velocidad de datos, se utilizan filtros pasabajos a RC, filtros de banda o de conformación de pulsos utilizando amplificadores operacionales, o los filtros más modernos, los basados en la síntesis digital de ondas, como los FIR

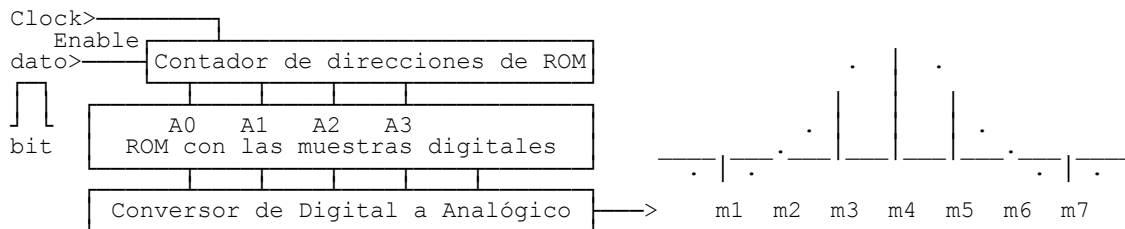
FILTROS FIR

Los filtros FIR (Finite Impulse Response) entregan un pulso con menos armónicas. En realidad el FIR no filtra nada, DIBUJA o GENERA la onda de un pulso perfecto. FILTRO TRANSVERSAL: da FORMA DE ONDA SINTETIZADA, tipo $(\sin x)/x$, usando conversión digital-analógica. Se pasa cada bit por una serie de celdas de un REGISTRO DE DESPLAZAMIENTO sometiendo cada SALIDA TRANSVERSAL a un coeficiente transformador de amplitud. Las salidas secuenciales se integran hasta formar el pulso..



En una transmisión normal, la salida resulta ser la combinación de todos los estados de las celdas del registro de desplazamiento.. Esta combinación recibe el nombre de CONVOLUCION y no se trata en estos textos. Se verá en la version 2.5

ONDA SINTETIZADA: Es otra forma de filtro. Se produce directamente la onda ideal $(\sin x)/x$, utilizando un contador que lee datos de forma de onda desde una ROM.



En el ejemplo se representó una ROM con 16 direcciones y con salida de 32 niveles, o sea datos de 5 bits cada uno. Se representaron solo 7 muestras de la ROM. Cada bit 1 dispara el contador que lee rápidamente la ROM y extrae las muestras o datos digitales de nivel. Luego el DAC los convierte a tensiones de la onda. El método anterior de sintetizador ocasiona demoras de tiempo por cada bit, ya que para armar cada onda necesita "leer" todas las muestras digitales.. Como no puede agregarse tiempo adicional, porque cada onda debe salir a la velocidad de bits, el lector de datos en ROM o en Registro de Desplazamiento, deberá avanzar a velocidad mayor que la de los bits en tantas veces como muestras se necesiten para determinar una forma de onda por bit: o sea $CLOCK = \text{veloc. datos} \times \text{muestras}$

FILTRO PAGINADO EN ROM CON SALIDA NRZ

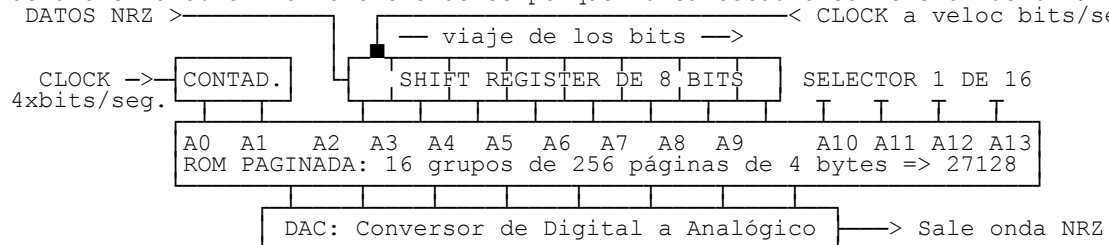
Un sintetizador trabajando con una ROM, tiene el inconveniente de transformar al NRZI en RZ, es decir que separa cada bit, ya que a cada "1" corresponderá un pulso conformado, siempre positivo. Para evitar esto, puede tomarse una serie de bits NRZI y conformar UNA SOLA ONDA que represente esa serie, pero todo en FIR.

EL PAGINADO DE LA ROM

Como no puedo desarrollar ese tema brevemente, le digo que: en un direccionado, de ROM, RAM, etc, las direcciones "saltan" tantas posiciones como las indicadas por la cantidad de bits inferiores QUE NO FORMAN PARTE DE ESE DIRECCIONADO.. Si de 14 bits de direcciones no uso el bit A0, las direcciones no podrán usar el 1 y saltarán de 2 en 2. Si no uso los bits A0 ni A1 las direcciones "saltan" de 4 en 4 (2 a la 2 = 4). Este es el caso del FILTRO FIR paginado por G3RUH que verá. Entonces, se pueden llenar estos 4 bytes que salta el paginado, con las 4 muestras que corresponden a cada página, que además son datos para graficar un NRZ.

La ROM se divide en tantas páginas como determine la serie de bits a "dibujar". Cada página debe contener la cantidad de muestras que se agregan a lo ya hecho. Para "dibujar una forma de onda NRZ de 8 bits habrá: 2 a la 8va. = 256 páginas. El problema será direccionar páginas, de modo que cada combinación lea solo una. Esto se resuelve haciendo que la ROM de muestras sea direccionada con Registro de Desplazamiento alimentado en serie con la entrada de la serie de bits en NRZ. Una vez que el Registro de desplazamiento (SHIFT REGISTER), direcciona una página, se deben leer las muestras que contiene esa página para agregar a la salida

En el modem G3RUH se toman solo 4 muestras por bits pero con paginado diferente que permite 16 juegos de 256 páginas cada uno. Un contador extrae las muestras. El contador debe contar muestras, así es que se lo conecta para leer hasta 4, o sea 2 bits, desde A0 hasta A1. Las 256 páginas serán direccionadas por Registro de 8 bits (2 a la 8va.=256) desde A2 hasta A9. Si Ud entiende de decodificación binaria, verá que el sumar 1 al registro equivale a 4 en la dirección de la ROM. Es decir que el paginado salta de 4 en 4 en la ROM, cuando en el Registro salta de uno en uno. Si no lo entiende es porque nunca estudió conversión de binarios



Como hay 4 muestras por bits solo usará dos líneas para el contador de lectura, A0 y A1, y el CLOCK debe ir cuatro veces más rápido que la velocidad de bits/s. Las cuatro muestras por bit "dibujan" segmentos del NRZ, pero recién en receptor a) un tramo horizontal a nivel alto (continuación de un 1), b) un tramo horizontal tal a nivel bajo (continuación de un cero), c) un flanco que sube (cambio de un cero a un 1), y d) un flanco que baja (cambio de un 1 a un cero)....

FUNCIONAMIENTO

Los bits entran al Registro de Desplazamiento al ritmo del clock de datos, que funciona a la velocidad de bits... A cada bit que entra al SHIF REGISTER ocurre esto: se cambia la dirección de página estando el contador de muestras en cero, y mientras se mantiene la página, el contador lee los 4 datos, que salen de la ROM hacia el convertor Analógico a Digital (DAC), que agrega un tramo a la onda. La lectura se hace a una velocidad de: $\text{núm.muestras, por bits} \times \text{veloc. bits/seg}$. En este caso, a 9600 bits/seg. las muestras se leen con $CLOCK: 4 \times 9600 = 38400 \text{ Hz}$. Léidas esa 4 muestras, ya entra un nuevo bit al registro, y ¡vuelta a empezar!

MUESTRAS PARA EPROM CONFORMADORA DE PULSOS (no es del tipo usado por G3RUH)

Al grabar la EPROM, cada página tendrá 4 muestras (4 bytes) que deben continuar la forma de onda NRZ desde donde la dejó el bit anterior... Tenga en cuenta que el DIBUJO de la forma de onda transmitida debe lograrse EN EL RECEPTOR, es decir que la ROM de transmisor contendrá los bytes necesarios para que EN EL RECEPTOR aparezca la onda perfecta. 4 bytes hacen el tramo final de los 8 bits de página

Por ejemplo: si el bit anterior era un cero y el entrante es un uno, las cuatro muestras de la nueva página deben generar EN EL RECEPTOR, un flanco que sube...

Supongamos que estoy grabando la EPROM por orden.. Grabo las cuatro muestras de la página 00000000. Se graban solo las cuatro muestras del último bit, en este caso un cero; los 4 bytes deben hacer EN EL RECEPTOR una línea baja horizontal. Ahora, en el Registro de Desplazamiento, "empujo" el último bit con otro nuevo. Este nuevo bit puede ser otro cero o un 1. Si es un cero se repite lo mismo del caso anterior, pero si es un 1 los 8 bits son ahora 00000001; esto hace que ahora el registro direcciona esa página. En ella debo grabar un flanco que vaya de 0 a 1 usando cuatro muestras (4 bytes) Otra vez debe entrar otro bit que empuja la serie, supongamos que sea un cero, queda 00000010 que direcciona otra página (la 2).. En esa página los cuatro bits deben hacer un flanco de bajada... Fijese que si en lugar de un cero hubiera entrado otro 1, los bits cambian a 00000011, página 3 en lugar de la 2, y esta página generará un tramo horizontal alto o 1, y así sucesivamente hasta grabar las 256 páginas del primero de los 16 grupos.

Los grupos quedan determinados por el selector de 4bits ubicado entre A10 y A13 Cada grupo de 256 páginas tiene los 4 bits de grupo y los 8 bits de página así:

```
GRUPO 0: 0000 XXXXXXXX - Las X son páginas desde 00000000 (0) a 11111111 (255)
GRUPO 1: 0001 "
GRUPO 2: 0010 "
GRUPO 3: 0011 "
```

Y así siguen los grupos desde 0000 (0) hasta el 1111 (15) elegidos por selector Como hay 16 grupos, cada página igual, repite flacos y tramos con el mismo tipo que para el grupo 0000, pero se cambia inclinación o forma de flancos de subida y bajada.... Esto cambia el comportamiento de los pulsos y ecualiza el sistema.

MUESTRAS EN LA EPROM ECUALIZADORA DE G3RUH

Los bytes dibujan la onda perfecta SOLO AL RECIBIRSE EN RECEPTOR.. Por lo tanto los datos que se colocan en la ROM toman en cuenta las distorsiones ocasionadas por la respuesta en frecuencia y fase del conjunto Transmisor/Receptor.. Es por eso que se obtienen por programa, mediante la TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER..

MODULACION FSK

La diferenciación entre unos y ceros puede hacerse por frecuencia. Estas frecuencias dependen de normas como para que todos usemos las mismas. Así en Radiotele tipo hay varios SHIFT o separaciones entre frecuencias, ejemplo: 170 Hz, 850 Hz, etc, y velocidades de 50, 75, 100 baudios; y en Packet tenemos diferencias a 300 y a 1200 bauds. El sistema sigue siendo el mismo, solo cambian tonos y velocidad

La palabra SHIFT indica cambio abrupto o salto instantáneo de un estado a otro. Cuando la variación de la frecuencia se hace EN LA PORTADORA se conoce como FSK (por Frequency Shift Keying), se conmuta por desplazamiento de frecuencia. Se hace variando el oscilador del transmisor ante unos y ceros. En el YAESU FT-901DM la conmutación activa un transistor que conecta/desconecta un trimmer del oscilador a cristal. El trimmer se regula para el SHIFT deseado ej: 170 Hz. Al iniciar la emisión FSK está la portadora normal y a cada 0 baja la frecuencia en 170 Hz Pero puede invertirse al batir esta salida con otra RF según sea mayor o menor! Si al recibir batimos la portadora para que nos dé un tono, cada 0 será un tono menor en tantos Hz como sea el desplazamiento emitido.. Un SHIFT de 850 Hz usaban las agencias de noticias internacionales que pueden captarse por onda corta Puede producirse modulación FSK en transmisor de FM a cristal, si se modula con tensión continua directamente en su varactor (varicap). Se producirá y mantendrá una frecuencia que depende del corrimiento de sintonía que causa la tensión. Un modulador de FM a VCO controlado por PLL tiende a oponerse a modulación con Vcc También es imposible generar lo mismo con transmisor FM COMPATIBLE desde modulación G3E del tipo modulador de fase ya visto.. Se desplazará la fase al aplicar la tensión continua y solo durante ese momento se generará CAMBIO DE FRECUENCIA Al quedar la fase "quieta" según Vcc, la frecuencia vuelve a su valor original!

MODULACION AFSK

Un método más usado, es modular con dos frecuencias de audio diferentes, se lo llama AFSK y en él se usa un tono de audio para los ceros y otro distinto para los unos. Hay que diferenciar el AFSK verdadero en que se generan tonos de audio elegidos según el standard en uso, y los llamados FSK solo por que al generarse producen dos frecuencias, una doble de la otra; y el SHIFT entre esas es el que queda determinado por LA MITAD DE LA VELOCIDAD EN BAUDS. En algunos casos a estos códigos se los llama Minimum FSK (MSK). Por ejemplo: a 1200 bauds un desplazamiento (shift) de 600 Hz se considera código MSK. En cambio el AFSK se utiliza con dos tonos: 1200 Hz y 2200 Hz, o con 2025 Hz y 2225 Hz, o 2125 y 2295 Hz.

Otro caso diferente aparece en MANCHESTER, conocido como FM (ó FSK), en que cada dato comienza con un cambio del nivel anterior, si era 1 pasará a 0 y viceversa Este cambio de nivel determina flancos de subida o bajada que invalidan el reconocimiento directo de los bits. Los 1s o 0s seguidos tendrán niveles diferentes ya que deben cambiar a cada bit. Para diferenciar 1 de 0, a uno se le agrega un cambio a medio bit. Según cual tenga doble cambio serán MANCHESTER M cuando sea el 1 y MANCHESTER S cuando el doble sea para el cero. Como uno tendrá doble bit y el otro uno solo se ve que sus frecuencias difieren. Por ejemplo a 1200 bauds de entrada el 1 valdrá 1200 Hz y el cero 600 Hz (MANCHESTER M).

El MANCHESTER es un FSK por analogía; se ve que no habrá tonos definidos ya que estos dependen de la velocidad de transmisión de datos.... En el AFSK verdadero los tonos dependen de la norma en uso, una frecuencia para 1, y otra para cero. La decodificación de los tonos puede hacerse por modem especial (ej: AM7910), o con un discriminador de frecuencias (ej: XR 2211 a PLL) donde solo se detectará que una frecuencia es mayor que otra para definir salida de los unos o de ceros En el MANCHESTER solo será necesario detectar el flanco adicional que tendrá el bit con doble pulso justo a medio bit (el otro no tendrá ese pulso). En general

se hace por tiempos, el flanco inicial abre toma de datos hasta pasada la mitad de la duración de un bit, si hay pulso se conmuta un latch a 1 (en modo M) y si se cierra la compuerta sin hallar flanco es porque el dato era un cero....

LOS CODIGOS MANCHESTER y MANCHESTER 2 Boletines por packet de Antonio, LU4AKC

Dicen por ahí que el nombre MANCHESTER es por el de la localidad de ese nombre en Inglaterra y también nos cuentan que: oohhh !desgracia!, en el mismo lugar hicieron DOS códigos diferentes; a ambos se los llamó MANCHESTER, pero a uno se lo identificó con 2.. Ambos tienen algunas cosas en común pero su resultado no!

El MANCHESTER se usa para grabación magnética, el MANCHESTER 2 se usa en PACKET

MANCHESTER 2: Se lo conoce con todos estos nombres: Código dibit o de doble bit código bifase, código inversor de fase, bifase L o de nivel. El 2 es por BIFASE Se agrega la señal reloj a los datos de tal modo que CADA BIT se convierte en 2 bits, cada uno de la mitad de duración del bit original.. Un 1 se convierte en los bits 10 y un cero en los bits 01. Como puede notar están invertidos, y cada bit genera 2 bits, de ahí los nombres que tiene el código. Aunque se transmitan solo todos 1, siempre habrá una onda cuadrada, e igualmente con los ceros. Para su mejor comprensión dibuje una larga serie de 1s y ceros con esta codificación y notará el cambio de fase, y que la frecuencia de onda cuadrada será el DOBLE que los bits de entrada. Esto nos dice que a 1200 bits se producen 2400 bits modulados a inversión de fase, o sea bifase de 180 grados, o PSK de 180 grados.. Estos 2400 bits/seg equivalen a una onda cuadrada de la mitad, o sea a 1200 Hz. Se demodula con comparador de fase.. La señal reloj de comparación se obtendría más fácil de lo que vé "por ahí" solo con un doblador de frecuencia. Obtendrá una frecuencia de 2400 Hz pero de igual fase para 1s y ceros. Luego la divide otra vez, obtiene 1200 Hz, compara con el PSK y recupera los 1s y ceros...

MANCHESTER (FSK o FM): Tiene dos versiones: el M de marcas, y el S de espacios. Se lo conoce como código dibit a doble frecuencia, código FM, y entre nosotros, FSK (Frequency Shift Keying). Una diferencia con el MANCHESTER 2 es que siempre se producirá un flanco o cambio de nivel a cada nuevo bit de entrada, sin importar que bit sea. Es decir que si el anterior era nivel cero y sigue un bit cero antes de generarlo subirá el flanco a +V, y el cerodará 1. A la inversa, si el nivel anterior era alto (+V) y debe seguirle un bit 1 ó 0, de todos modos caerá el nivel para cumplir que A CADA CAMBIO DE DATO comienza con UN CAMBIO DE NIVEL cualesquiera sean los niveles anteriores o los bits a transmitir. La diferencia entre bits 1 y bits cero se hace produciendo dos cambios para uno de ellos y de jando solo el primero para el otro.. Según el doble cambio sea para el 1 o para el cero será MANCHESTER M cuando el doble cambio sea para los 1s y MANCHESTER S cuando el doble cambio sea para los ceros.

LOS DOS MODOS DEL MANCHESTER (FSK o FM)

MANCHESTER M: El dato transmitido comienza con el flanco que sea, de subida o de bajada.. Si se transmite un 1, a mitad del bit vuelve a cambiar el flanco en sentido contrario al anterior. Es decir que hay dos bits por cada 1 pero a diferencia del MANCHESTER 2 los dos bits pueden ser 01 o 10. Lo que determina cual par será es el flanco anterior, si subía será 10, y si bajaba será 01.. La otra diferencia importante será que los ceros son de un solo bit (no tienen cambio a mitad de bit) y su nivel será 0 o 1 dependiendo del flanco anterior solamente Resumiendo: cada 1 genera dos bit, que juntos duran igual a un bit original y cada 0 dura un bit entero sin cambios. Aquí ya no importan los niveles que tengan Se diferencian 0s y 1s por la cantidad de bits de cada uno. En este caso, los 1 son del doble de frecuencia que los ceros. Entran 1200 bauds, salen 1s con frecuencia de 1200 Hz y los ceros con 600 Hz. Los flancos se recuperan como CLOCK.

MANCHESTER S: Aquí el doble cambio es para los ceros, y los 1s se transmiten enteros. A 1200 bauds los 1s tienen una frecuencia de 600 Hz y los 0s 1200 Hz. En ambos casos de MANCHESTER FSK se acostumbra hacer la decodificación detectando el flanco a medio bit. El bit que trae un pulso al medio da la diferencia..

LA CONFUSION CON LOS MANCHESTER

Lo difícil de saber es si cuando nos dicen que el satélite TAL recibe MANCHESTER FM, se refieren al transmisor de FM o a código FSK (nombres del MANCHESTER) Otra cosa a adivinar es si cuando nos dicen MANCHESTER FSK o PSK, no se estarán confundiendo. He visto autores dando distintos modos MANCHESTER para el mismo satélite Y para hacerlo más complicado... en un texto leí que "hay muchas variedades del código MANCHESTER". ¡¡Espero que se refiera solo a estas tres!!.

En MANCHESTER 2 con entrada de 1200 bauds la frecuencia de salida es de 1200 Hz pero a 2400 bauds, ya que van dos bits por cada bit original en el mismo tiempo (o sea doble frecuencia). Pero la serie 01010101 en la ENTRADA, produce una frecuencia mitad en la salida, es decir 600 Hz a 1200 bauds. Esto es así porque en salida, según MANCHESTER 2, un 1 da 01 y 0 da 01; y nos queda: 0110011001100110 A PESAR DE SER UNA MODULACION POR FASES en este caso se ha producido una modulación en frecuencia también !!! ATENCION: Esto no quiere decir que todos los sistemas bifase sean MANCHESTER 2, ni a frecuencia doble. Los PACSAT "bajan" bifase que NO es MANCHESTER 2. En ellos, un tono de 1600 Hz es conmutado 180 grados (se invierte de fase) en un modulador balanceado y al ritmo de 1200 bauds.... Tampoco el MANCHESTER FSK es el AFSK que usamos en PACKET.. ¡Qué lindo!.. ¿o no?

PRUEBAS: Al oír la salida de un codificador MANCHESTER debería poder determinar se de que tipo es. Dejando conectada la entrada CLOCK y poniendo a 1 la entrada DATA (a +5 V en TTL) debería oírse un tono. Al poner la entrada DATA a cero el tono cambia a más bajo en MANCHESTER M, y a más alto en MANCHESTER S. Si no hay cambio de tono se trata de MANCHESTER 2 (bifase o PSK).... creo En general el MANCHESTER se usa para grabación magnética. Para PACKET se utiliza MANCHESTER 2 (bifase).. La confusión sobre las denominaciones, mencionada en

la última parte, surge porque el MANCHESTER ya es un código FSK o FM, y porque el MANCHESTER 2 (bifase) produce FSK en un emisor de FM. En FM modula los 1s de un lado de portadora y los ceros del otro lado, determinando frecuencias de RF diferentes para 1s y ceros; y eso es FSK de RF..... Pero cuando el MANCHESTER 2 modula un BLU, no se produce FSK sino BPSK; ejemplo: el Packet terrestre en BLU

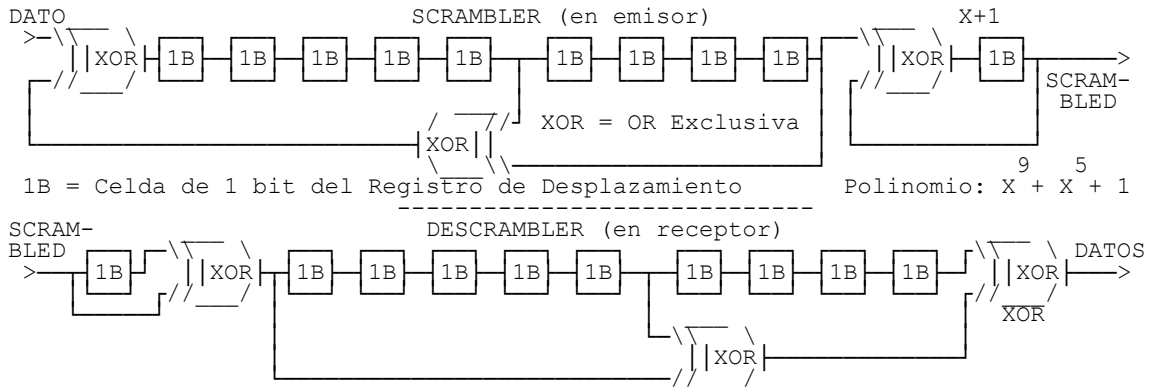
Realmente, espero que se dé cuenta ahora de cómo se produce tanta confusión...
Buena suerte !!!
Saludos de Antonio, LU4AKC

--fin de los boletines de Antonio, LU4AKC --

EL SCRAMBLER: CODIGO ENMASCARADO o DE MEZCLADO ALEATORIO

La creación del MANCHESTER se debió a la necesidad de hallar un código que elimine la componente continua de la transmisión digital y que además agregue transiciones más a menudo que un NRZI para facilitar la recuperación del CLOCK.. El NRZI generará una tensión resultante de la presencia desapareja de unos y ceros, debido al sostén en un mismo nivel durante varios bits. Repase el tema sobre LA COMPONENTE CONTINUA ya visto...El MANCHESTER lograba la eliminación de la componente continua a costa de mayor cantidad de bits a transmitir. Esto significaba también mayor frecuencia y ancho de banda si se quería mantener la velocidad de datos, y a la vez hacía cada bit más angosto por su menor tiempo y más susceptible a error por "jitter", un repetido desplazamiento de posición por desfases

Puede lograrse el rendimiento superior del NRZI, agregando transiciones sin más bits y con la eliminación de la componente continua, si se utiliza un generador de código aleatorio, mezclador o SCRAMBLER, aplicado a una entrada NRZI... Esto se consigue haciendo una OR EXCLUSIVA entre el bit entrante y otros dos que van varios bits adelante, que ya han atravesado varias etapas de una serie en un registro de desplazamiento. El NRZI SCRAMBLED se usa en packet de alta velocidad. Con el NRZI SCRAMBLED se agregan transiciones sin agregar ningún bit adicional! En recepción deberá usar el DESCRAMBLER, que hace la operación inversa y reconstruye los datos originales. Un ejemplo con registro de desplazamiento de 9 bits en video digital, ilustra mejor sobre el tema. ¡No es el que se usa en Packet!. La salida de datos puede tomarse desde otros puntos del circuito si se necesita

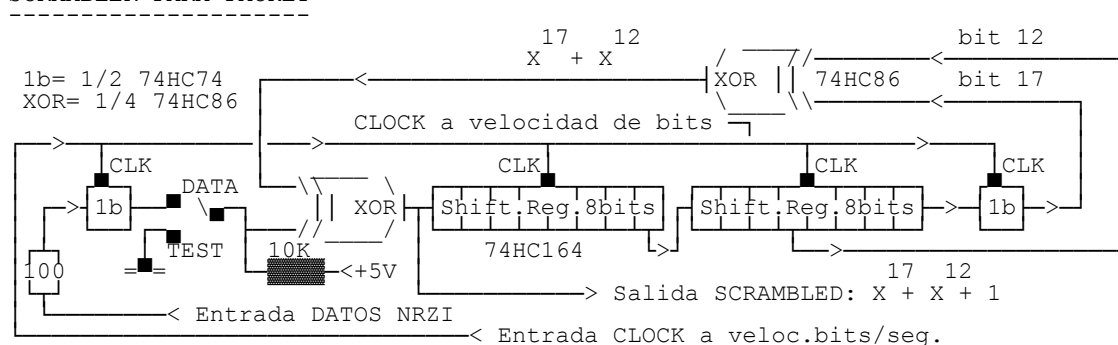


Por simplificación y claridad del dibujo se omitió la señal de Clock de las 1B, la que va en paralelo con todas y todas cambian al mismo tiempo. No hay tiempos que acelerar, la velocidad en bauds es la misma en entrada y salida. La denominación del DESCRAMBLER puede hallarse también como: UNSCRAMBLER, o DE-SCRAMBLER. Se puede representar el agrupamiento de celdas de un bit, usando una expresión polinomial, que para el caso recién mostrado es :

En el SCRAMBLER utilizado por K9NG (packet a 9600 bauds), y luego adoptado por compatibilidad en el modem de G3RUH, resultará :

Los números dan idea de la cantidad de bits del registro. Para packet se usan 17

SCRAMBLER PARA PACKET



El SCRAMBLER utilizado determina la norma y obligadamente se debe usar el mismo si se quiere tener compatibilidad. Por eso es que Ud. puede ensayar fabricarse un modem FSK de 9600 bauds con filtro pasabajos en lugar de FIR, pero deberá usar el mismo SCRAMBLER/DESCRAMBLER, que es norma para packet de alta velocidad. En FSK a 9600baud entra NRZI, pasa por el SCRAMBLER, el filtro FIR, y modula FM

DESCRAMBLER PARA PACKET

Para el primer caso el 4 QPSK estaría formado por 2 BPSK cuyas salidas son puestas en cuadratura de fase. Es necesario que también haya una separación previa de cada byte entrante, para dividirlo en 4 grupos de 2 bits, y una decodificación de estos dos bits de modo de elegir el BPSK adecuado, con la fase adecuada al valor a generar. La salida combinada de ambos BPSK dará la fase en norma .. El desfase de 90 grados se puede conseguir por lógica digital sencilla.

De la decodificación del byte entrante finalmente se llega a que cada modulador recibe uno de cada par de bits separados. Si los bits son 11 entonces cada modulador recibirá un nivel alto (1) en su entrada. De la combinación de sus salidas a 90 grados resulta otra a 45 grados de cada fase generadora. Si en cambio la entrada es 01, un modulador genera una fase contraria al otro. Al combinarse tras el desfase de 90 grados, la salida será otra fase de salida diferente.

Para ver generar las fases por cuadratura en modo analógico, consulte cualquier libro de TV en colores, y verá como se genera la subportadora de color mediante DOS MODULADORES BALANCEADOS EN CUADRATURA. Notará que cualquier fase y amplitud pueden lograrse regulando solo la relación de amplitud entre sus dos entradas y usando inversión de entrada a 180 grados cuando sea necesario. Por favor, olvídense del burst o ráfaga de sincronismo y de la inversión a llave PAL, vea NTSC.

Tenga en cuenta que los moduladores balanceados y en cuadratura tienen la propiedad de cambiar la fase de tono único con solo cambiar las tensiones entradas y con ellos simplifica toda codificación.. Así es como se obtienen todas las fases, combinando las tensiones de solo dos ondas que están en cuadratura de fase. Si la entrada es 01 un modulador recibe una tensión inversa o negativa (0) y el otro la del nivel 1. De ambas surge una fase a 45 grados de las generadoras.... Igualmente, con entrada 11 la salida estará a 45 grados de ellas pero será otra

Como al poner la Q sabemos que se trata de fases se suele anular la P de PHASE, por eso hallará escritos QPSK o solamente QSK. En 4QPSK cada baud dará una de 4 fases diferentes: 00, 01, 10 y 11. Como se ve van 2 bits por baudio; a 1200 baud se transmiten 2400 bits. La velocidad en bits aumentó al doble para igual bauds. El problema en fases está en su decodificación. Pero se llegó por fin a 8 fases. Para producir 8 fases el decodificador de entrada separa el dato en grupos de 3 bits. Los dos primeros bits son puestos en la entrada de cada modulador como en el caso anterior, pero el tercero regula la amplitud de cada entrada según sea cero o 1 de modo que se puedan conseguir 8 posiciones de fases diferentes. Este tercer bit hace que haya dos amplitudes de entrada: con 0 menor, con 1 mayor. En este ejemplo las entradas nunca tienen la misma amplitud por lo cual no hallará vectores fase a 45 grados como en 4QPSK en que se entra con iguales amplitudes. Para estos vectores, el 3er.bit irá: directamente a un selector de amplitud para una entrada pero invertido para la otra (a través de un inversor digital). El resultado es que SIEMPRE una entrada tendrá nivel mayor que la otra y viceversa según a cual les corresponda un 1 o un 0 del tercer bit del grupo de entrada...

Este método tan sencillo maneja entradas de 4 niveles: positivo mayor, positivo menor, negativo mayor y negativo menor y no hay valor cero. Sin embargo hay una norma 8QSK en que todos las posiciones posibles de los vectores están separadas exactamente 45 grados. En este caso se trabaja con solo 3 niveles: positivo, negativo, y cero. Así, los valores de entrada a uno con tensión positiva y cero al otro, corresponden a la fase del tono del modulador que recibe el positivo, ya que el otro modulador no genera nada. Igual con negativo y cero pero en este caso la fase anterior está invertida (180 grados). Cuando ninguna entrada es cero voltio, serán ambas positivas o una negativa y la otra positiva. Este caso es el mismo que en 4QPSK y se generan vectores a 45 grados del tono de cada modulador QPSK o QAM

Fase/amplitud: Al poder descifrar con seguridad 8 fases del mismo tono se probó hacer dos grupos de dos amplitudes muy diferentes. Quedan 16 fases: 8 de una amplitud y las mismas 8 fases de otra amplitud. Así que ahora cada baudio podrá tener 16 valores diferentes: 0000,0001,0010,0011,0100,0101,0110,0111,1000,1001,1010,1011,1100,1101,1110,1111. Si lo mira bien verá que cada baud envía 4 bits, la velocidad aumentó 4 veces!. A 1200 baud enviará 4800 bits/segundo. Este sistema es 16QAPSK o 16 QAM, son 16 fases por Cuadratura Moduladas en Amplitud. Para hacerlo breve, hay métodos de hasta 32 fases que permiten 5 bits por baudio y sigue el progreso !!! Usando 16 QAM a 2400 baudios ya van 9600 bits/segundo!!

En 16QAM verá que los 8 primeros grupos comienzan con 0 y los 8 restantes con 1. Además los tres últimos bits se repiten: una vez en cada grupo. Se hace que el primer bit active el nivel de la subportadora (0 menor, 1 máximo), y los 3 bits finales determinen una de las 8 fases. Quedan así 8 fases en que la subportadora tiene un nivel de amplitud bajo y 8 fases con la subportadora con nivel máximo. En el 16QAM el bit mayor (MSB) se detecta comparando la amplitud del tono usado

Tenga en cuenta que en datos por PSK o QAM las fases se conmutan, es decir que no es lo mismo que la modulación de voz o música por fase (G3E) en que la variación de fase recorre todos los grados de fase continuamente hasta llegar a cada valor extremo (de una onda modulante). Aquí no hay pasos intermedios !!! Cuando comienza la transmisión aparece el tono único que "salta" de una fase a otra según los datos a transmitir y sin interrumpir, en ningún momento, esa única frecuencia; es decir que siempre existe el mismo tono continuamente hasta el final. El 16QAM usa una banda más angosta que el AFSK para igual velocidad de bits/seg. Y una banda más angosta significa más ganancia por menor ruido en la recepción, y la posibilidad de utilizar equipos comunes de banda angosta sin modificar...

La decodificación de multifases se hace regenerando la subportadora (fase cero) para producir la detección sincrónica. La referencia se toma de las mismas fases y según el sistema puede efectuarse por multiplicación de frecuencias o por medio de combinaciones de demoduladores balanceados, combinadores, etc. Por ejemplo: para el 2PSK se suele usar la multiplicación por dos, ya sea mediante rectificador de onda completa o por medio de un PLL que multiplica por 2.. También

se obtiene la referencia por lazo de COSTAS combinando la salida de dos demoduladores balanceados que trabajan desfasados a 90 grados, para dar una tensión de corrección de un VCO que dependa del corrimiento de frecuencia y no sea afectada por la inversión de 180 grados. En todos los sistemas multifase, ya normalizada la fase 0, actúa sobre otros demoduladores rescatando sus valores de 1 o 0. Tras una combinación inversa a la efectuada para emitirlos dará bits originales.

Debe tener cuidado con la multiplicación de frecuencias!... Al cambiar fases se producirán otras frecuencias según lo ya visto al tratar FM y FASE (capítulo 3). Esto puede arruinar todo en los sistemas multifase; ese método no se usa mucho. Hay métodos digitales de decodificación, pero su explicación requiere gráficos.

DPSK

El sistema de 2 fases puede decodificarse sin utilizar CLOCK en un sistema llamado 2DPSK o conmutación por fase diferencial. El modulador de fase es el mismo que en el 2PSK pero los datos sufren un proceso de comparación entre bits sucesivos. Previamente una NOR EXCLUSIVA recibe los bits de entrada; su salida va al modulador de fase, pero también se retorna a su otra entrada a través de un retardo de la duración de un bit. Es decir que se compara siempre el bit transmitido anteriormente con el bit siguiente: si son iguales envía un 1 al modulador si son diferentes se envía 0. El retardo se hace fácilmente con lógica digital.

La decodificación es muy sencilla: en un modulador balanceado entra la señal modulada en fase y como CLOCK se usa la misma señal retardada un bit, de modo que el modulador recibe cada nueva fase y la compara con la anterior: si son iguales la salida se suma, si son opuestas (180 grados) la salida es cero. Como este es un proceso a nivel de fases pero de resultado similar a la codificación en bits la salida AL SER DECODIFICADA será igual a los bits de entrada del lado emisor. El método también se describe como invirtiendo fase (180 grad) tras el retardo. En el DPSK no se necesita regenerar la portadora en fase cero pues la detección resulta de una comparación entre la fase del bit presente y la del bit anterior. El error es mayor en sistemas por fase diferencial. Aquí un bit fallado afectará al siguiente. El número de fallas será doble al de la detección sincrónica. Actualmente el DPSK ya trabaja con multifases. Hoy se utilizan hasta el 8 DPSK. Algunos modems por fase incorporan corrección de errores en adelanto (FEC), llevando bits adicionales en cada frame de datos, lo que anula el diseño "casero". SIEMPRE QUE MODULE FASE CON MODULADORES BALANCEADOS SUPRIMIR LA PORTADORA Y LA RESULTANTE DE MODULACION MARCARA MODULACION DE AMPLITUD, MAYOR EN CAMBIOS DE FASE DE 180 GRADOS (ESTRANGULADA 100%) Y MENOR A OTROS VALORES DE CAMBIO DE FASE.

FILTRADO PASABANDA Y PASABAJOS

Al modular un tono con pulsos se producen frecuencias en banda muy ancha. Se reduce el ancho ocupado mediante filtrado de frecuencias que no altere la información. Este filtrado se conoce como filtrado de NYQUIST y puede hacerse con un circuito sintonizado PASABANDA a la salida ya modulada o con circuito PASABAJOS para los pulsos antes de la modulación. Bien hecho el resultado será el mismo. Sin embargo el filtrado produce modulación de amplitud en la modulación de fase. Recuerde lo dicho de la eliminación de frecuencias laterales en FM (capítulo 3) y la ventaja del uso de filtros FIR antes del modulador, en párrafos sobre FSK.

FRECUENCIAS USADAS PARA MULTIFASE: No se pueden dar los valores con precisión ya que hay varias. Para 2PSK y 2DPSK se usan 1200 Hz ó 2400 Hz a 1200 bits/segundo. Para 4 DPSK, 8PSK, 8DPSK y QAM se utilizan 1800 Hz y alguno a 1700 Hz. Hay además un 4 DPSK y un QAM que usan 1200 Hz ó 2400 Hz. Los datos de frecuencias son de normas de modems del HANDBOOK de la ARRL de 1991. No se ven datos de 4PSK. IMPORTANTE !!! Dada la tendencia a comprar equipos y usarlos sin siquiera saber de qué se trata le sugiero que averigüe los que están en uso antes que la marca y modelo del modem futuro. Hay emisiones a 9600 bits/seg tanto en FSK como con multifase. Un modem QAM exigirá menos ancho de banda que uno FSK para la misma velocidad en bits/seg. Aún en publicaciones consideradas serias puede hallar alguna confusión. Un emisor y receptor preparados para 9600 bits/seg en FSK serán adecuados para QAM a esa velocidad y superiores pero la inversa no es verdad!! De todas maneras ya sabrá que ambos métodos FSK y QPSK son INCOMPATIBLES, y que el que más se está usando en 9600 bits/seg es el FSK de banda angosta (de G3RUH).

LA TERMINAL Y EL TNC

Hace años existía la TERMINAL, un equipo con monitor y teclado, con su programa de recibir caracteres y posibilidad de enviarlos. Pero la Terminal no hace todo el trabajo!. Sus datos deben ir al Nodo Controlador de Terminal (TNC o Terminal Node Controller) el que descifra para la Terminal todo el sistema de modulación y codificación de datos, que forman parte de un protocolo de comunicación. El TNC es una pequeña computadora, sin teclado ni monitor, encerrada en un gabinete. El TNC recibe los datos, los acomoda en memoria, los codifica en serie con C.I. de comunicaciones y los envía al MODEM. El modem recibe los datos en serie y convierte los 1 y los 0 en dos tonos distintos, o en fases distintas, etc, según sea un modem de AFSK o de PSK o QASK (QAM), etc. El TNC posee un microprocesador (usualmente Z80), memoria RAM, y una EPROM programada para controlar todo el flujo de datos, posee un chip de comunicaciones (Z8530) y un CI modem AM7910 para AFSK, y posibilidad de conexión externa de otros modems. Para la recepción se usan los mismos CI en sentido inverso: modem, Z8530, Z80, memoria y Terminal. NOTA: Tenga en cuenta que los llamados MODEMS para PC por línea telefónica, son actualmente verdaderos TNC que incluyen en sus C.I. integrados el software usado.

LA COMPUTADORA COMO TERMINAL Y TNC: Como el TNC es una computadora, en los últimos años se ha popularizado el uso de programas que convierten a la PC en una Terminal y emulan parte de un TNC quedando independiente el MODEM. Un programa popular es el BAYCOM que solo necesita un modem AM7910 (u otro) en el port serie de la PC que uno seleccione, con sus circuitos asociados y tensiones y nada más. Este sistema es muy popular entre los usuarios de la banda de 2m en FM y AFSK. Los modems se conectan al equipo de radio por conectores de micrófono/parlante.

EL EQUIPO NECESARIO

Como casi todo en esta vida, comunicarse puede hacerse con equipos sofisticados y caros como con equipos económicos pero eficaces. Se puede llegar a las playas del verano en un Ford T como en una Ferrari de alto precio. El tiempo y la comodidad son diferentes, pero allí estarán ambos viajeros. Aconsejar sobre que equipos comprar es un asunto difícil. Lo mejor que puede hacer es aprender todo lo que pueda sobre comunicaciones por satélites de aficionados, luego decida.

Los satélites no emiten en la misma banda en que reciben porque al transmitir anularían su propia recepción, o necesitarían ocupar dos extremos de una misma banda (lo que puede resultar excesivo) y deben respetar frecuencias dadas. En general se necesitará un receptor en una banda y un emisor en otra, con sus respectivas antenas. Esto anula las ventajas de los Transceptores que combinan los dos equipos en una sola unidad, aunque algunos modernos permiten el uso SPLIT o de bandas separadas. Aún se consiguen equipos de "línea separada", por lo menos en HF o sea en Onda Corta. Estos cubren las bandas con un receptor y un emisor separados pero con facilidades de interconexión. Son antiguos, baratos y buenos pero en satélites su uso se limita a RS-12/13 o para recepción de algunos otros satélites. La mayoría de satélites trabaja en VHF (144 MHz) y en UHF (430 MHz)

¡ Es también muy importante que controle los modos en que trabaja cada equipo ! Un equipo multimodo trabajará en CW (telegrafía), BLU, FM, y a veces en AM... Desgraciadamente los equipos más baratos y populares en VHF/UHF son sólo de FM, y aunque en VHF se utilizan para subir a satélites, los de UHF deberían tener la facilidad de recibir en BLU, el modo preferido de los PACSAT y otros. Un equipo multimodo en VHF o UHF resulta costoso comparado con un multimodo en HF, si se tiene en cuenta que el de HF es además multibanda. Entusiastas utilizan su receptor multimodo de HF con conversor de UHF para recibir satélites en 437 MHz.

Hay usados de VHF o UHF Multimodos a buen precio, pero podrían no ser adecuados si no permiten un cambio casi continuo de la frecuencia (o a pasos cortos). Será necesario el cambio suave para corregir el efecto DOPPLER !!! Trate de conseguir equipos con lectura digital, son los más precisos en esto de la sintonía. Un ejemplo de la limitación de los equipos está en que un VHF de FM no nos permitiría comunicar por RS-10/11 ya que la subida en VHF debe ser en CW o BLU !!! Algunos aficionados usan CW con un FM, conmutando por entrada PTT del micrófono para generar solo portadora. En este caso debe bloquear la entrada de micrófono. En cuanto a las potencias de emisión: en VHF/UHF 25 a 50 vatios son los más comunes y suficientes. En HF los equipos son como mínimo de 100 vatios y esa es la potencia necesaria para los RS-12/13 sobre antena dipolo común en 21 MHz.

Evite equipos de FM compatible o de G3E compatible, o de FM modulados en un PLL de sintetizador... Todos servirán para fone y AFSK, pero PUEDEN producir problemas en sistemas basados en subportadora PSK o multifase (QAM), aún a 1200 bauds. Para transmisiones FSK a 9600 bits/seg., necesitará modular directamente al oscilador de FM pues se generará una banda muy ancha. Con G3E sería muy complicado.

Las antenas para el que recién se inicia deberían ser las NO DIRECCIONALES o de baja directividad. Muy costosas son las antenas direccionales con seguidor automático del satélite y que permiten trabajar en condiciones difíciles y con baja potencia. Estas antenas se controlan por computadora y por programa de rastreo que acciona un motor de posicionamiento horizontal (acimut) y otro de elevación.

En cambio en HF con dipolo común y 100 vatios estará bien. En VHF 25 vatios en antena 1/4 de onda darán resultado. A veces se usan preamplificadores de antena que se instalan en el mástil para recibir con menos ruidos las señales débiles. Si utiliza antenas verticales de alta ganancia, sepa que estas concentran la potencia en ángulo bajo, hacia el horizonte, y esto hace que cuando el satélite esté a más de 45 grados de elevación puedan comenzar a caer las señales débiles. Estas recomendaciones son para órbitas circulares de alrededor de 900 Km de altura. Para órbitas elípticas de 38000 Km de apogeo, son potencias mayores, antenas direccionales y se usarán preamplificadores de antena para señales débiles.

ALGUNOS PRECIOS: El decir "barato o de poco precio" o "es caro" es relativo a la facilidad de disponer del dinero necesario para cada uno. Mejor guía es dar los precios. YAESU FT-736 popular equipo para trabajar satélites, es uno de los más baratos por Sudamérica, cuesta unos U\$S 2.000 equipado para 144 y 430 MHz, 25 W y unos U\$S 3.000 con módulos de 220 MHz y 1200 MHz (10 W). Es Multimodo, controlable por computadora (CAT), etc, etc. Otros equipos con iguales características arrancan en U\$S 3500 y completos superan los U\$S 5000. Amplificadores Lineales por Buenos Aires se conseguían por menos de U\$S 150 tanto en VHF como para UHF, (unidades separadas), típicamente se excitan con 2 a 5 W y rinden de 30 a 40 W.

¡¡¡ULTIMAMENTE LOS HE VISTO ANUNCIADOS POR MENOS DE 100 DOLARES !!!

Receptores Multimodos desde 60 a 900 MHz como el YAESU FRG 9600 a U\$S 850. Pero los equipos multimodos de VHF YAESU ya no se venden por Buenos Aires, y solo se los consigue de otros aficionados que quieran venderlos. Un receptor multimodo YAESU de HF hasta 30 MHz costaba pagando impuestos unos U\$S 850 en el comercio. Una antena direccional para 144 MHz, 5 elementos, U\$S 35. Un Transceptor de FM una banda, 50 W en 144 MHz U\$S 540 (YAESU 2400), un handy VHF U\$S 380, Conversores de UHF a 28 MHz, se importaban a U\$S 50, más gastos. Un TNC U\$S 220, un modem BAYCOM para armar U\$S 60 (solo trabaja AFSK hasta 1200 bauds), etc, etc.

Para el armador: transistores de potencia de RF para Lineales: 144 Mhz, 50 W, a U\$S 40, módulos completos para Lineales: 144 MHz, 30W, U\$S 60; UHF 25W a U\$S 80. Sintetizador PLL (FM - UHF - VHF) a U\$S 110; filtros cerámicos 455KHz de U\$S 2 a U\$S 4, filtros monolíticos de 10.7 MHz (10M15A) U\$S 4.50, de 21.4 MHz (21F15B)

a U\$S 15 y el 21M15 a U\$S 5, discriminador cerámico de 455 KHz a U\$S 1.80, etc. Para amplificadores de antena: los minicircuitos de 19 a 21 dB y hasta 2 GHz a U\$S 3.60; para conversores de recepción: modulador balanceado a diodos especiales SBL1 a U\$S 13, cristales de sobretono hechos a pedido hasta 62 MHz U\$S 15.. Hay también plaquetas transmisoras (3W) y receptoras con selección a cristales.

En resumen: si Ud. pretende trabajar a todos los satélites debe aprender antes sobre sus frecuencias de trabajo y modos de comunicación para no equivocarse en la compra de equipos. Mejor es que se concentre en satélites que pueda trabajar con el equipo que ya dispone o con el que pueda arreglarse con conversores... Si vive en Buenos Aires u otra gran ciudad, recorra y consulte anuncios.. Estos precios varían bastante entre cada nueva edición SATINIT, que no los actualiza.

SOBRE CONSTRUCCION DE EQUIPOS

Si Ud. es nuevo en esto de las radiocomunicaciones no entenderá mucho de lo que sigue. Guarde todas las recomendaciones de radioaficionados. ¡¡ Le servirán !!. Hace años los aficionados construían sus equipos, pero eso ha ido desapareciendo por la mejor calidad y prestación de los equipos comerciales: diales digitales, selectividad variable, filtros, etc. Lo que aún queda es la construcción de los conversores de banda a cristal (usan el dial digital de HF) y los preamplificadores de antena. Sin embargo algo más puede hacerse pero debe conocer teoría...

La revista comercial NUEVA ELECTRONICA que se edita en España, se ha ocupado en varios artículos de la construcción de equipos para recibir satélites meteorológicos. Vea al final en APRENDER, SIEMPRE APRENDER los números recomendados.

Si pretende construir TODO el equipo le aconsejo hacerlo por partes, es la técnica en uso para TV satelital o por microrondas. Un buen canal de FI conmutable a FM, AM, BLU y CW, le permitirá trabajar hasta los satélites meteorológicos con emisión en banda ancha. Y no pretenda hacerlo de dimensiones reducidas, no debe ser portátil sino que debe haber suficiente espacio como para cualquier modificación o reparación. Por eso es mejor que esté formado por varias plaquetas y no por una placa grande y única. Esta unidad encerrada en su propio gabinete metálico se conectará a cada conversor necesario para trabajar en todas las bandas. En general los receptores utilizan doble conversión con la última FI de 455 KHz y por la cantidad de bobinas y filtros de FI ya existentes, le conviene hacer la 1a. FI de 10,7 MHz. Como los conversores serán más fáciles de hacer si utilizan conversión fija a cristal, debería utilizar una sintonía intermedia (ej: 29MHz) como entrada, con un dial calibrado perfectamente en 500 KHz de ancho. Los conversores deberán tener cristales conmutables en pasos de 500 KHz si desea cubrimiento total de bandas, en VHF/UHF, pero como las frecuencias para satélites ya están definidas bastará un solo cristal fijo en cada conversor. Naturalmente, si ya tiene su receptor de HF multimodos, este canal de FI estará de más.

En la parte transmisora sucede lo mismo. Un canal emisor en FI multimodos y de varios MHz, puede alimentar convertidores de banda de baja salida, para finalmente excitar a amplificadores lineales comerciales (baratos) para esas bandas. La elección de un estable y perfectamente calibrado oscilador OFV de solo 500 KHz de cubrimiento es para tratar de obtener marcaciones legibles de hasta 1 KHz si fuera posible, como para poder ubicar frecuencias como 145,825 MHz o 29,367 MHz

Es decir que tanto en recepción como en emisión contará con su FI SINTONIZABLE y calibrada de 500 KHz de ancho. El modo como la obtenga no importa, bastando con que sea estable y calibrada. Y para llegar a cubrir todas las bandas, utilizará un conversor a cristal para cada una formando unidades independientes sin dial.

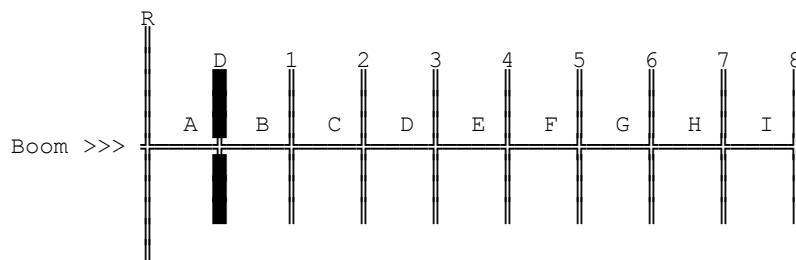
Si todas estas recomendaciones le parecen descabelladas sabrá porqué la gente compra sus equipos y ya no los fabrica como antes se hacía.

=====

A N T E N A D I R E C T I V A V H F - 144 M H Z

=====

Saludos a todos aquellos que leen este boletin, en el os propongo la construccion de una antena directiva, en la cual destacan la sencillez del montaje, la alta ganancia y rendimiento probado, y el coste muy bajo en comparacion con las antenas que existen en el mercado. Es por lo cual por lo que a continuacion os animo a que os aventureis a su construccion.



MEDIDAS : DIAMETRO ELEMENTOS : 6 milímetros
 DIAMETRO BOOM : 18 milímetros
 GANANCIA REAL : 10 decibelios

Longitud elementos :

| | |
|-------------|-----------------|
| Reflector R | 110 centímetros |
| Dipolo D | 98.5 cm |
| Director 1 | 93.5 cm |
| Director 2 | 91.2 cm |
| Director 3 | 90.2 cm |
| Director 4 | 89.2 cm |
| Director 5 | 88.2 cm |
| Director 6 | 87.2 cm |
| Director 7 | 86.5 cm |
| Director 8 | 85.5 cm |

Separacion entre elementos:

| | |
|------|---------|
| A => | 27.5 cm |
| B => | 20.5 cm |
| C => | 29.6 cm |
| D => | 32 cm |
| E => | 32 cm |
| F => | 32 cm |
| G => | 32 cm |
| H => | 32 cm |
| I => | 32 cm |

Respecto a las medidas, decir, que el boom es preferible de aluminio de 18 mm o 20 mm x 20 mm.

Para los elementos directores se recomienda un diametro de 6 mm, en aluminio (aunque se encarece el montaje) o en cobre, (se ha probado con cobre y da muy buen resultado y resulta tambien mas barato).

En el dipolo, cualquier diametro es valido siempre que sea mayor que el diametro de los elementos directores. Un detalle muy importante a tener en cuenta y del que depende el exito del montaje, es el dipolo, os recomiendo montarlo en una caja PVC (para montajes electricos exteriores) y separar cada cuarto de onda unos 5 centímetros y alimentarlo con cable de 50 ohmios RG-58, u RG-213 para tiradas largas.

No olvidar que para obtener la medida del cuarto de onda hay que dividir la medida del dipolo que os proporciono por dos, es decir cada cuarto de onda en este caso mediria 49.25 cm.

Creo que no necesitais mas detalles para que el montaje os resulte satisfactorio, deciros que su GANANCIA REAL esta por encima de 10 decibelios y el coste no sera superior a 2000 pesetas, y unas tres horas de trabajo. Asi podreis disfrutar de una antena directiva hecha por vosotros, de bajo coste y tan competitivas como las que existen en el mercado.

===== A N T E N A D I R E C T I V A UHF 430-440 MHz =====

(c) EB7FTM

=====ENVIA: EB7FTM=====

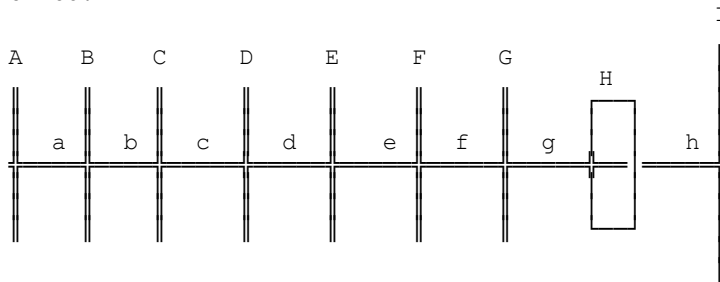
GUILLERMO
SEVILLA

De nuevo un saludo para todos aquellos que leen este boletin, y se aventuran en el maravilloso mundo del "cacharreo" (como se suele decir), en este boletin os propongo la construccion de una antena directiva para la banda de UHF, de radioaficionados de 430 y 440 Mhz.

Su GANANCIA ESTA POR ENCIMA DE 13 decibelios, y su coste es muy, muy bajo, en comparacion con antenas de este tipo que existen en el mercado.

Si os aventurais, ¡¡¡ adelante !!! sereis recompensados con una antena muy competitiva , reducida de tamaño pero eficaz y barata (y como no, el placer de haberla construido uno mismo).

ESQUEMA PRACTICO:



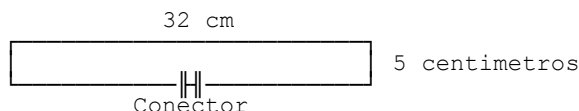
MEDIDAS LONGITUD ELEMENTOS :

| | | |
|------|------|-------------|
| A => | 29.5 | Centimetros |
| B => | 29.5 | CM |
| C => | 29.5 | CM |
| D => | 30 | CM |
| E => | 30.5 | CM |
| F => | 31.5 | CM |
| G => | 33 | CM |
| H => | 32 | CM |
| I => | 35 | CM |

MEDIDAS SEPARACION ENTRE ELEMENTOS:

| | | |
|-----|------|-------------|
| a = | 17.3 | centimetros |
| b = | 17.2 | cm |
| c = | 17.3 | cm |
| d = | 17 | cm |
| e = | 14.9 | cm |
| f = | 10.5 | cm |
| g = | 4 | cm |
| h = | 13.5 | cm |

Detalle de la construccion del bucle:



Procurad no construir el bucle con esquinas cuadradas, acabadlas en curva. Y un simple conector PL o tipo N para UHF sera el soporte de dicho bucle.

El diametro de los elementos debe ser reducido, yo personalmente he utilizado el cable rigido del cable H-100 POPE, extrayendo un metros mas o menos de su interior y de suficiente rigidez para el montaje del bucle.Los demas elementos pueden ser del mismo material. Es indistinto el uso de aluminio o de cobre, dando los mismos resultados. Os recomiendo para vuestro interes y bolsillo, la construyais a partir de una simple antena de TELEVISION DE UHF antigua , os sera muy util.

Recordaros que su ganancia ronda los 13 DECIBELIOS DE GANANCIA, y que por sus prestaciones y simplicidad os animo a que realiceis el montaje.

| | | |
|--|--------|------------------------------------|
| | EB7FTM | Op.: Guillermo QRZ: EB7FTM |
| | | LOC: IM77AJ QTH: Sevilla |
| | | AX.25: EB7FTM@EA7RCS.EASE.ESP.EU y |
| | | EB7FTM@EA7URS.EASE.ESP.EU |
| | | SAT: EB7FTM@ROMIR-1 & TLM DOVE-17 |

- fin de los boletines de EB7FTM -

Rubén Ferreiro, LU6DYD, ha realizado un extenso envío de temas sobre recepción de satélites en boletines de packet. Aquí solamente figuran los tres primeros:

SOBRE PREAMPLIFICADORES EN ANTENA, por Rubén, LU6DYD

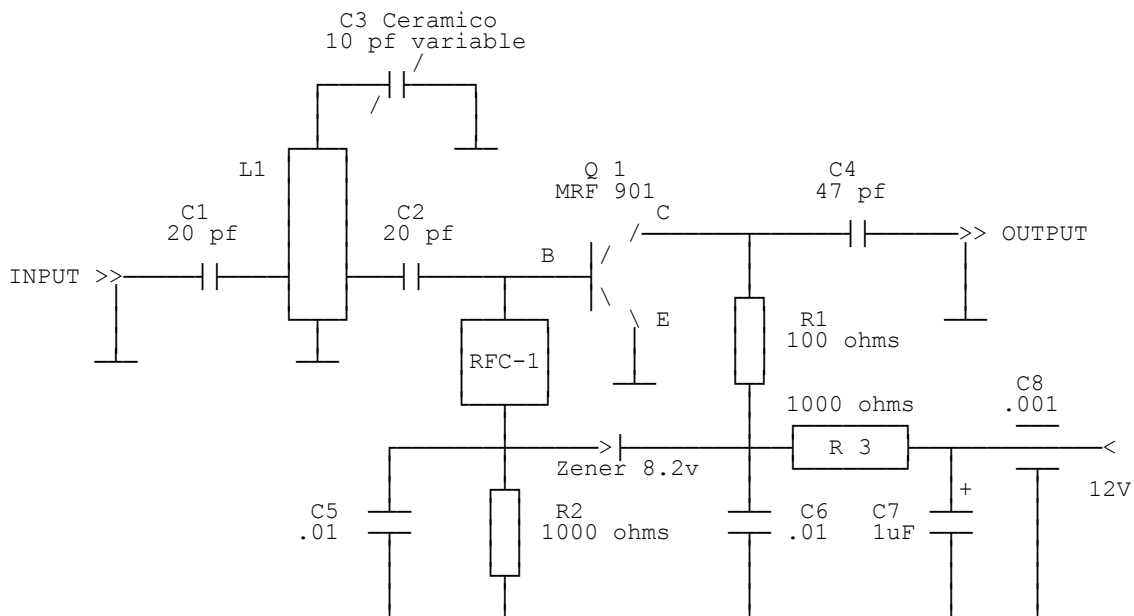
Hola amigos...

Para aquellos que deseen iniciarse en la operación de los distintos satélites amateurs, además de contar con los equipos necesarios para este trabajo es casi imprescindible poseer preamplificadores de antena para elevar y fortalecer las pequeñas, y hasta algunas veces débiles, señales con las que suelen llegar a tierra las transmisiones de estas naves.

Si bien es sumamente importante contar con las antenas adecuadas como para obtener una buena ganancia de ellas, no es menos importante el uso de preamplificadores. Se pueden encontrar en los manuales una gran variedad de circuitos y todos nos ofrecen la posibilidad de amplificar estas señales, pero la gran mayoría adolecen de un pequeño gran problema, el ruido. En los manuales este ruido es descripto como "Noise Figure", Figura de Ruido, traducción mediante, y la excelencia de un preamplificador se la puede medir en base a este factor con respecto a la ganancia del circuito preamplificador.

No es mejor preamplificador aquel que más ganancia tiene, sino por el contrario, podríamos decir que mejor es aquel que menos figura de ruido nos ofrece. En el caso del circuito que describo más abajo, podemos obtener, mediante un buen ajuste de C3, un valor de ruido mejor que 1.8 dB y una ganancia aproximada de 15 dB para 435 Mhz. El ancho de banda de este circuito es de aproximadamente 40 Mhz. Si bien es posible obtener mejores resultados usando otros transistores, éste es muy fácil de conseguir y lo suficientemente "duro" como para soportar algunos "accidentes" de quienes recién se inician en éste trabajo.

El lugar más apropiado para la instalación del preamplificador es lo más cerca de la antena posible. Se sugiere esta situación y NO colocarlo cerca del equipo, para no ingresar al circuito del preamplificador el ruido que nos puede generar el cable coaxil.



Como puede apreciarse en el circuito, todos los componentes son de fácil adquisición y muchos de ellos los podemos encontrar en nuestra caja de rezagos o inventos fallidos. El consumo general de todo el circuito es de unos 6 mA a 12 volts, pero es posible hacerlo funcionar desde 10 a 16 volts. Esto nos permitiría la posibilidad de llevar la alimentación por el conductor "vivo" del cable coaxil, pero este tema será para una futura "charla".

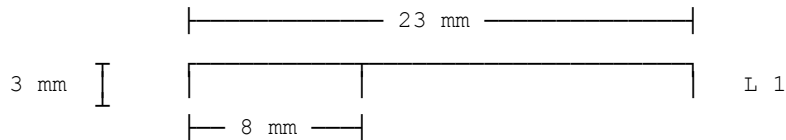
Al componenete denominado RFC-1 se lo puede realizar de la siguiente manera: sobre una cuenta de ferrite se enhebran tres o cuatro vueltas de alambre esmaltado de 020, ese que usan los transformadores y listo! ya que su trabajo es no dejar que la RF existente en la base del transistor ingrese a la fuente de continua que lo polariza.

A propósito he dejado para lo último la construcción de la "bobina" denominada L1. Normalmente estamos acostumbrados a asociar la palabra bobina con un arrollamiento de cable o alambre sobre un cuerpo cilíndrico como núcleo o simplemente sin éste, es decir, con núcleo de aire. Pero en este caso cambiaremos ese concepto por el de un pequeño trozo de alambre, el que haremos resonar gracias a la acción del capacitor variable C3 de 10 pF que se detalla en el circuito.

Este capacitor, C3, debe ser de buena calidad ya que no debemos olvidarnos que la frecuencia en la que deberá trabajar es sumamente elevada (435 Mhz). También hay que extremar los cuidados en las

conexiones de los elementos y principalmente aquellos que vayan directamente asociados a la bobina L1, para que estos sean lo más cortos posible.

Como dije antes, nuestra bobina, L1, no será cilíndrica y tendrá la forma de un pequeño trozo de alambre plateado de 1 mm de diámetro, NO esmaltado. A continuación describiré las medidas y formato de nuestra bobina.



Es aconsejable usar para la construcción de este preamplificador una plaqueta de circuito impreso de doble faz del tipo "fibra de vidrio". No es necesario tener mucha experiencia para realizar el diseño del circuito impreso, debiendo realizarse en base a la medida de los componentes que utilizemos para nuestro preamplificador. Como norma estableceremos que la cara del impreso por donde se colocarán los componentes, deberá ser de masa y solo llevará los agujeros necesarios para que pasen los componentes hacia el otro lado del impreso para ser soldados. La bobina L1 deberá estar colocada inexorablemente del lado de masa del impreso, pero los otros componentes pueden ser soldados directamente del lado de las soldaduras. Las medidas de esta bobina deben respetarse, pero es posible experimentar con ella modificando el punto donde se conectan los capacitores C1 y C2, que es a 8 milímetros del punto de masa de la bobina. Es muy importante mantener la separación de la bobina con respecto al plano de masa, que en nuestro caso deberá ser de 3 milímetros, pero también éste es un factor pasible de experimentación.

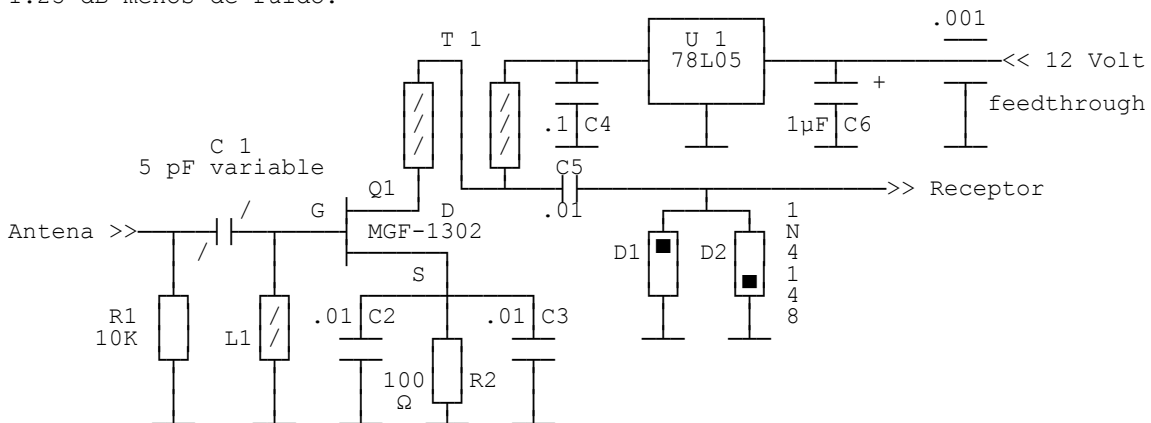
El procedimiento de ajuste es verdaderamente sencillo y lo haremos al sintonizar una débil señal en la frecuencia de trabajo, por ejemplo 436 Mhz. Con la ayuda de un calibrador de plástico procederemos a variar la sintonía de la bobina L1 con el capacitor variable C3, hasta obtener la mayor señal posible en nuestro receptor. Si bien ésta no es una forma muy ortodoxa de ajustar un preamplificador, nos dará buen resultado al comienzo, pero en realidad deberíamos utilizar un generador de ruido, para obtener la mejor relación señal/ruido de nuestro preamplificador. En un próximo envío describiré un sencillo y práctico circuito para la construcción de un generador de ruido.

Si el preamplificador es metido en un gabinete metálico, lo que desde ya se sugiere, es necesario realizar nuevamente el ajuste de C3, debido a que las condiciones de sintonía de la bobina L1 serán modificadas, con toda seguridad, por dicho gabinete.

PREAMPLIFICADOR A FET: por Rubén, LU6DYD

En la nota anterior hice la descripción del circuito de un preamplificador de antena realizado con un transistor bipolar MRF 901 y en este caso les mostraré un circuito similar pero con un transistor del tipo GaAsFet. El uso de estos transistores de efecto de campo de Arseniuro de Galio tiene la ventaja, con respecto a los transistores bipolares, que su factor de ruido "Noise Figure" suele ser muy bajo y en este caso el MGF-1203 (Q1) nos proporcionará un factor mejor que 0.55 dB, con una ganancia de unos 16 dB aproximadamente. El circuito nos brindará un ancho de banda de unos 40 Mhz, teniendo como frecuencia central de operación 436 Mhz.

Al recepcionar las débiles señales proveniente de los satélites de comunicaciones amateurs, es muy importante tomar en cuenta la figura de ruido que nos proporciona el transistor que vayamos a usar en el amplificador de antena y en este caso obtenemos un valor bastante bueno, más aún si lo comparamos con el ruido que nos ofrecía el transistor que usamos en el circuito anterior, el cual se encontraba dentro de los 1.8 dB. Por lo tanto con este nuevo circuito obtendremos una ventaja significativa y que estará por encima de los 1.25 dB menos de ruido.



La construcción de este circuito no tiene ningún secreto y está a la vista su sencillez. Casi todos sus componentes son de fácil adquisición en nuestra plaza, excepto el transistor Q1. Esta clase de transistor se lo puede comprar por correo en cualquier casa de componentes electrónicos de los EEUU. Debido al costo del mismo, alrededor de los 7 U\$S cada uno, la correspondencia no pasa por la aduana y nos llega directamente a nuestro QTH, ahorrándonos tiempo y los inconvenientes que suelen aparecer cuando debemos retirar los paquetes que recibimos desde otros países y que indefectiblemente deben pasar por la oficina de aduanas. Para la bobina L1 usaremos alambre plateado de 1 milímetro de diámetro y la realizaremos dándole 3 vueltas completas sobre una forma cilíndrica de unos 3 milímetros de diámetro, retirando éste elemento cuando hayamos terminado de bobinar el alambre ya que la bobina deberá tener núcleo de aire y sus espiras estarán casi juntas, pero sin tocarse entre sí.

El transformador T 1 se construye sobre un toroide de ferrite de unos 6 milímetros de diámetro exterior, bobinándolo con 5 vueltas de alambre bifilar esmaltado, dos alambres en paralelo número 32. La denominación comercial del toroide es FT-23-63. Este transformador es usado para adaptar el drenaje del transistor y proveer una baja impedancia de carga para el GaAsFET.

La elección del capacitor C1 debe ser muy cuidadosa ya que es el encargado de sintonizar correctamente a la bobina L1 y no debemos olvidarnos que estamos trabajando en frecuencias de UHF. Es aconsejable usar un buen capacitor cerámico o de aire. Es necesario remarcar la importancia de que todas las conexiones se realicen lo más cortas posibles para un buen funcionamiento del circuito.

Se sugiere usar para la construcción del preamplificador de antena una placa de fibra de vidrio de doble faz para circuito impreso. El diseño de este circuito no requiere tener grandes conocimientos en la materia ya que su nivel de complicación es muy leve. Lo que sí debemos tomar en consideración, es la posibilidad de dejar la mayor superficie de cobre sobre ambas caras del impreso, a los efectos de que estas sean la masa del circuito.

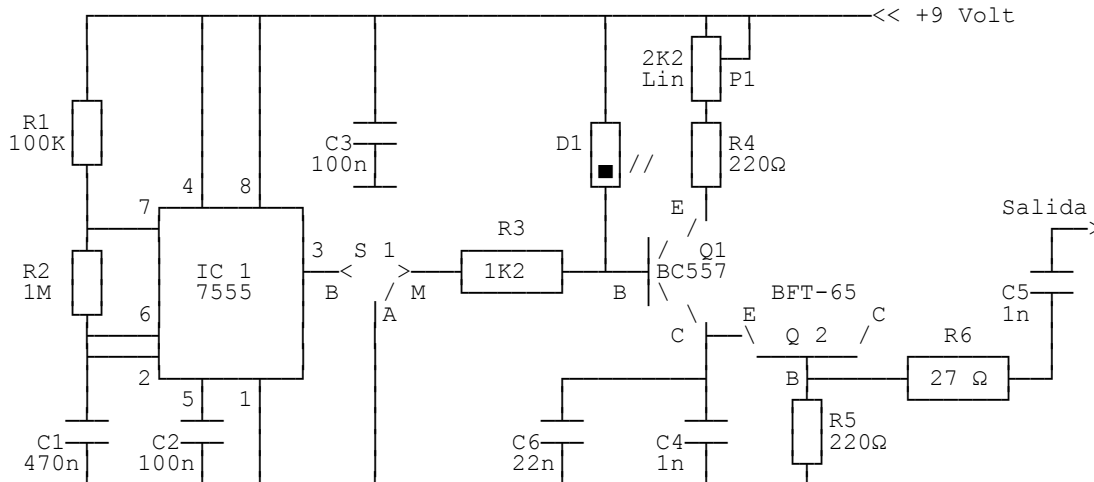
El ajuste es sumamente sencillo y solo debemos realizarlo por medio del capacitor variable C1, para ello es necesario sintonizar en la frecuencia de 436 Mhz una señal lo más débil posible y con una herramienta de algún material aislante, proceder al ajuste del capacitor indicado hasta obtener la mayor señal posible en nuestro receptor. En este caso y por tener el circuito una bobina arrollada, podemos experimentar para mejorar la sintonía del circuito separando o juntando las espiras de la bobina L1, intercalando esta acción con el ajuste de C1.

Se sugiere acondicionar el circuito dentro de un receptáculo metálico y luego proceder a retorcar el ajuste de C1 ya que la proximidad de objetos metálicos al circuito, hacen que se produzcan algunas variaciones con respecto al ajuste inicial.

Es importante explicar que ésta no es la manera adecuada de ajustar correctamente un preamplificador, pero al no poseer ningún instrumento especial y como decía mi abuela "a falta de pan buenas son las tortas", lo haremos de la manera descripta. En un próximo envío les contaré como construir un sencillo generador de ruido para el correcto ajuste de los preamplificadores de antena.

En notas anteriores he descripto dos circuitos de preamplificadores de antena, para ser aplicados a la recepci3n de los sat3lites amateur que operan en la banda de UHF. En los dos casos hice incapiz en el ajuste de estos circuitos y que para ello era necesario utilizar alguna otra herramienta m3s que el calibrador de pl3stico. Me estaba refiriendo espec3ficamente a un circuito generador de ruido, el cual nos permitir3 obtener del preamplificador la mejor relaci3n se1al ruido y como bien se suele decir en los ambientes t3cnicos "Ajustar bien un preamplificador no significa buscar la m3xima ganancia, sino bajar el ruido lo m3s posible".

~~~~~



No entraremos en teoría para explicar que el ruido de banda ancha disponible en la salida, es el resultado de la excitación aleatoria de los electrones de la unión base-emisor del transistor de Super Alta Frecuencia (SHF) Q2.

La fuente de corriente que es P1 controla la cantidad de ruido de salida, actuando sobre la corriente a través de Q2, el cual está montado como diodo zener. Notese que el colector de este transistor no tiene conexión.

Para utilizar adecuadamente esta herramienta, comenzaremos por colocar nuestro preamplificador entre la antena y el receptor. Quitaremos la antena del preamplificador y en su lugar conectaremos la salida de nuestro generador de ruido. Comenzamos regulando el nivel de ruido con la ayuda de P1 hasta que logremos superar algunos dB por encima del umbral del receptor. Acto seguido comenzamos el ajuste del preamplificador haciendo que el ruido del generador vaya incrementándose en el receptor, si este sube demasiado lo reducimos con el control P1. Luego colocamos el interruptor S1 en la posición B y tratamos de obtener con el ajuste del preamplificador la máxima señal cuando ésta es emitida por el generador, y la mínima cuando lo que escuchamos es el "soplido" del receptor. Realizamos esta operación tantas veces como lo creamos necesario y de esta manera lograremos un buen balance entre la ganancia del preamplificador y el ruido natural del mismo.

Operar los satélites amateur, tanto los de fonía como los digitales, no es difícil y solo con algunas instrucciones previas y los elementos mínimos adecuados, es posible realizar buenos contactos con estas naves espaciales. Pero con el transcurso del tiempo comienzan a aparecer ciertos interrogantes tales como "¿por qué fulano puede bajar más bytes que yo?" o "¿por qué no escucho al corresponsal igual que lo hace mengano?".

Bueno, estos interrogantes comienzan a aparecer luego de superar la emoción de los primeros contactos y son buenos que aparezcan ya que eso demuestra el interés por optimizar su estación y a la vez superarse a sí mismo. Para que esto ocurra es necesario trabajar mucho en las antenas, en el cuidado de las uniones de los coaxiales con sus conectores, la elección y/o construcción, entre otras cosas, del preamplificador de antena más adecuado para el trabajo que debamos realizar. En este último punto nos detendremos para hacer una observación más detallada.

Como ya sabemos, la calidad del preamplificador de antena está marcado por el tipo de circuito empleado, el transistor que se usa para él y por último, la atención y cuidado que pongamos en su ajuste. En una nota anterior les describí un circuito generador de ruido, el que nos sirve como herramienta para realizar el ajuste de este tipo de preamplificadores. Pero también nos puede ayudar mucho tener entre nuestros instrumentos un sencillo atenuador de RF, y el que a continuación describo les dará muy buen resultado.

FIGURA 1

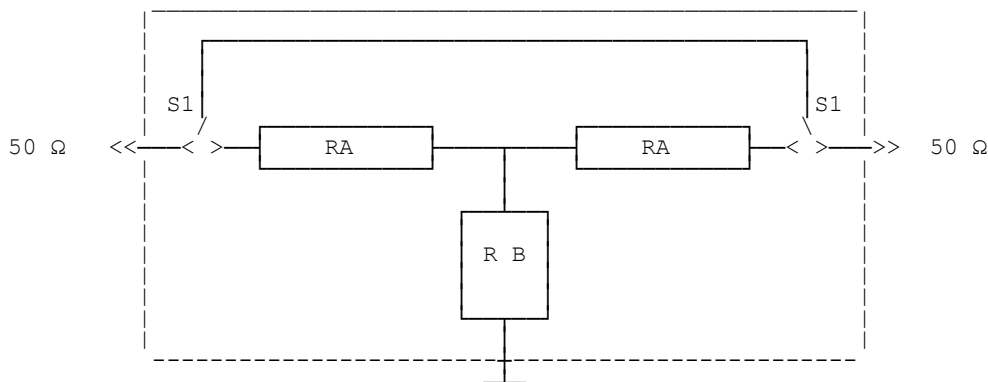


FIGURA 2

| ATENUACION | R A           | R B            |
|------------|---------------|----------------|
| 2 dB       | 5.7 $\Omega$  | 215.2 $\Omega$ |
| 4 dB       | 11.3 $\Omega$ | 104.8 $\Omega$ |
| 8 dB       | 21.5 $\Omega$ | 47.3 $\Omega$  |
| 10 dB      | 26.0 $\Omega$ | 35.0 $\Omega$  |
| 20 dB      | 41.0 $\Omega$ | 10.0 $\Omega$  |

Para la construcción de este atenuador no hay que ser Le Corbousier, famoso arquitecto francés, sino tener ganas y una buena cuota de entusiasmo, la que desde ya es necesaria para mantener vivo nuestro hobby. El factor de atenuación que podemos lograr es directamente proporcional al valor de las resistencias utilizadas y esto lo podemos ver en la figura 2. Como los valores allí indicados son netamente teóricos, se optará por las resistencias que tengan valores lo más próximos posible. Pero si además contamos con algún ohmetro digital, podemos acercar el valor de las resistencias al hacerlas bajar de valor, mediante una leve abrasión del cuerpo de estas con una pequeña lima.

La llave S1 empleada en este caso puede ser un mini-interruptor de palanca y doble inversora. Las resistencias se soldarán directamente sobre los contactos de esta llave, haciéndolos lo más cortos posible. Todo el conjunto es imprescindible que lo coloquemos en un recipiente metálico, como lo indica la línea de puntos en la figura 1, para lograr un buen blindaje a la RF. Y si quisiéramos realizar una cadena atenuadora, podemos unir varios de estos circuitos con niveles de atenuación diferentes entre uno y otro, colocándolos en serie.

El recipiente o gabinete se puede realizar con placas de circuito impreso de fibra de vidrio y doble faz, las que cortaremos según la cantidad de atenuadores que quiéramos tener en la cadena. Una vez cortado y realizados los agujeros para que pase el coaxil de interconexión de circuitos, y los que servirán para el anclaje de la llave S1, comenzamos a soldar las distintas placas entre sí, de tal manera que vayamos dándole forma a todas las "cajitas" que contendrán los atenuadores. Obviamente dejaremos la última tapa para colocarla luego de instalar los circuitos en su lugar.

La conexión entre atenuadores se deberá hacer con cable coaxil y en los extremos de la red colocaremos el conector que creamos más apropiado, es decir, BNC, PL-259 o N. Cada circuito deberá estar totalmente blindado del anterior si se usa una cadena atenuadora y el cable que los interconecta pasará por un agujero de la pared que los separa, soldando su malla en ese punto. Finalizada esta tarea colocamos la placa de circuito impreso que hace de tapa trasera. Debemos tomar muy en cuenta que cuanto mayor sea el nivel de atenuación elegido, más necesario será vigilar el blindaje y el



desacoplo ya que las eventuales fugas de señal con niveles de salida pequeños son nefastas sobre la precisión de la atenuación.

73's de Ruben - LU6DYD @ LU6DYD.#VMA.BA.ARG.SA [BulSatgate]

- fin de los boletines de LU6DYD -

#### MODIFICACION DE EQUIPOS COMERCIALES

Otra forma de conseguir lo necesario a menor precio que comprar equipo especial es tratar de modificar el existente. Esto es muy delicado ; tenga cuidado !.

Un radioaficionado me comentó que logró captar PACKET en VHF con un receptor de banda de broadcasting de FM al que había modificado el oscilador para que trabaje en 144/148 MHz en lugar de 88/108 MHz. Pero tenga en cuenta que si no cambia el canal de FI de 200KHz de ancho a un ancho de 16 KHz, los resultados serán muy poco aceptables. Tal vez un barato filtro cerámico pueda solucionar esto. En el libro SATELITES2 de Carlos Huertas (ver nota final APRENDER, SIEMPRE APRENDER) se sugiere la conversión de receptor de FM de 88/108 MHz a 137 MHz y reducir la selectividad de FI a 30/40 KHz de ancho de banda para satélites meteorológicos.

Aquí van algunas recomendaciones diferentes tomadas desde la red de packet ...

SATELIT, por Omar Castro, LU5EO

Hola a todos...muchas veces nos parece que para trabajar con los satélites digitales hacen falta equipos de varios miles. Bueno no es tan así y además podemos usar mucho de lo que hay en casa.

Empezamos por el receptor y sin duda tiene que ser un equipo de UHF que sea capaz de recibir de 430 a 440 mhz en FM y la posibilidad de llegar al módulo de FI para sacar audio directo (casi todos los UHF de aficionados tienen esa posibilidad)...generalmente cuando tienen el integrado de la familia del 3357 esta en la patita 9. En lo posible sería recomendable usar un filtro de FI con la letra "D", pero se pueden obtener buenos resultados con el "E", que trae la mayoría...Como habrán notado estamos hablando del 99 % de los equipos de UHF que hay dando vueltas, ya sea dual bander o de una sola banda.

Es claro también que hablamos de los Satélites de 9k6 (uo22,ko23,ko25, etc).

Tenemos ya solucionado el tema receptor y ahora el transmisor y el misterio, noo...no tan misterioso. Generalmente será muy difícil utilizar un dualbander para recibir y transmitir dado que a pesar que se pueden modular directamente, tendríamos problemas con la sintonía, dado que la recepción hay que modificarla constantemente (me refiero al efecto doppler) y lo recomendable sería usar un receptor de 144 MHz, por ejemplo el FT-2400 no presenta inconvenientes para modular el varactor...el audio iría directamente al PLL de transmisión.

Pero hay otra alternativa y es conseguir una plaquita transmisora de las que se usan en los monocanales telefónicos, fáciles de conseguir y que tienen aproximadamente 3 watt. Agregando un transistor ya tenemos 15 o 20 watt, mas que suficientes...Generalmente estas placas son con sintetizador y podemos tener varios canales de subida.

Como vemos el tema receptor transmisor ya lo solucionamos, falta el tema modem y las antenas. Realmente son fantásticas esas naves y es posible llegar a tener mas de 600 kb en solo una pasada.

Para Satélites de PSK.

Bueno como dijimos anteriormente, trataremos de hacer satélite con elementos que tenemos en casa. Quedamos que usabamos nuestro VHF para tirarle a los sat, y que a los de 9k6 los recibiamos con nuestro UHF, con algunas variantes. Pero para los de PSK la cosa se complica un poco, el transmisor lo dejamos como esta o sea nuestro VHF de uso comun o el que armamos con una plaquetita de un monocanal y un lineal de 15-20 watt, pero la recepción tiene que ser en BLU...Para esto usaremos nuestro UHF (ya sea dualbander o el que tengamos) de FM...?..Ahh pero para que funcione en BLU hay que cambiar todo el canal de FI (frecuencia intermedia)...Esperen sigan leyendo que esto es posible y cómo? de la siguiente manera. Casi todos (o todos) los equipos de FM de UHF tienen una primera conversión de 21.400 Khz...O sea Antena-Amplificador de RF-Mezclador-Amplificador de FI de 21.400 - Filtro de FI de 21.400 (cerámico).

Desde aquí arrancamos, o sea entre el amplificador de FI y el filtro cerámico (que es como un cristal de tres patitas)...De la entrada de este (lado mezclador o amplificador de FI) sacamos un condensador de .001 (mil picos), de ahí una resistencia de 15 K (quince mil ohms) a masa, de la unión de esta con el condensador una resistencia de 620 ohms (seiscientos veinte ohms), del otro extremo de esta una a masa de 150 ohms (ciento cincuenta ohms) y de la unión de la resistencia de 620 y 150 sacamos un cable coaxial (tipo RG174) Ahh!!...sigue en el proximo capítulo dentro de seis meses.....

Bueno seguimos ahora...la ficha de antena de nuestro querido y medio olvidado equipo de HF . A esta altura ya nos dimos cuenta de que la frecuencia de 21.400 da justito en la banda de 15 metros y por supuesto lo ponemos en BLU.

El método es el siguiente, ajustamos el UHF en la frecuencia del satélite, por ejemplo 437.125 para el caso del LUSAT1, ajustamos el HF en 21.400 y estaríamos recibiendo la frecuencia del LUSAT, pero lo esperamos siempre mas o menos 10 Kcs arriba, o sea en 437.135 y para recibir esa frecuencia ajustamos el HF en 21.390, Pero según como trabaje el oscilador de nuestro UHF (por suma o por resta) se puede dar que sea al revés, o sea para recibir 437.135 tendríamos que ajustar el HF en 21.410 Kcs...Parece complicado pero no es tan así. Falta agregar que también se invertiría la banda lateral, o sea si ponemos BLS en el HF, en realidad estaríamos recibiendo BLI.

Bueno, son mas palabras que hechos, en realidad es facil y si queremos hacer

satelite en todos los casos tenemos que meter mano en nuestros equipos, aunque sean especiales para otro uso... Como comentario: las tres resistencias que usamos son un atenuador de mas o menos 15 db, como para no cargar mucho la FI del UHF y para atenuar la señal y no saturar el receptor.

73 de Omar..LU5EO.

--- Fin del mensaje de LU5EO ---

Nota de LU4AKC: Antes de decidirse a abrir su equipo, controle los valores de FI que utiliza. ;;; No es tan común que caigan dentro de la banda de HF !!!!  
-----

#### OTRAS PARTES DEL EQUIPO

Las antenas son bastante fáciles de construir y ajustar si se tienen los datos. Las antenas direccionales obligan a usar programas de rastreo para orientación de las mismas, ya que son de alta ganancia pero de haz estrecho, y si no se las apunta bien el satélite quedará fuera del haz de transmisión o de recepción. La orientación se hace a mano o automáticamente con rotores (horizontal y vertical) controlados por computadora. En el programa SATAR2.ZIP, que acompaña este texto podrá seguir los datos de AZ (acimut) y elevación que le servirían para orientar estas antenas manualmente. Las antenas NO DIRECCIONALES se comportan en promedio. Deberá usar cable coaxial pero en VHF/UHF deberá ser del tipo de bajas pérdidas.  
-----

Un capítulo aparte son los modems. Cada vez hay más modos diferentes de transmisión de datos. Vea el capítulo anterior sobre TRANSMISION DE DATOS. Aunque la mayoría de los MODEMS puede ser construida por aficionados no se ven por aquí señales de que los hagan, salvo el que usa el CI AM7910. Todos compran los equipos y algunos ni siquiera saben cómo funcionan. En otras regiones todavía quedan armadores o adaptadores de los baratos MODEMS telefónicos que se venden para PC

Para la moderna transmisión a 9600 bits/seg, son más populares los modems a FSK. En FM se produciría FSK modulando en directo al varactor del oscilador modulado es decir, sin amplificador. Un modulador de FM COMPATIBLE desde G3E, es incapaz de generar FM a CC aunque module directamente al varactor.. Modulará únicamente las componentes de frecuencia de los pulsos. Vea FM COMPATIBLE en el capítulo 3

En la revista 73 AMATEUR RADIO de Mayo de 1990 se difundía que en Japón se utilizaba un modem QAM de 9600 bits/seg de solo 3 integrados principales, más dos operacionales, un regulador de 5V y un 74HC00 sacados de un modem-fax telefónico. El integrado principal era el YM7109 y se ve sumamente sencillo de repetir... Se habría descrito en el ejemplar de noviembre de 1989 de CQ HAM RADIO como el modem PRUG 9600 bps que utiliza una frecuencia subportadora de 1700 Hz. Pero debe saber que eran tiempos de componentes de menor integración e identificables. Recuerde que los 9600 bauds en QAM (16 fases) no se parecen a los 9600 bauds FSK

En este momento estoy mirando mi modem-fax telefónico y se ve muy sencillo pero las especificaciones no serían adecuadas: 16 QAM a 600 bauds o 4 PSK a 600 bauds. Sin embargo, sin más explicaciones, el manual habla de emisión a 9600 bits/seg. Lo peor de todo, es que los modernos modems para PC incluyen todo el sistema en uno o dos integrados principales de los que no pueden averiguarse más datos !! Además tenga en cuenta que los modernos MODEMS telefónicos para PC incluyen el software de control dentro de los Circuitos Integrados y no es igual al de PACKET  
-----

Cada vez que incorpora un equipo controlado por software deberá aprender su uso. Por todo esto, la práctica final de este trabajo se hace recibiendo telemetría en alfabeto Morse común. ; Tiene que aprender mucho más para mayor equipamiento!

\*\*\*\*\*

## CAPITULO 7

### TRABAJANDO CON SATELITES

Como práctica de trabajo satelital, un grupo de satélites rusos nos permiten iniciarnos en la recepción satelital con equipo mínimo. Van desde RS-10 a RS-13... Las frecuencias de uso, canales de telemetría y observaciones se dan en textos. Es conveniente que tenga IMPRESAS las tablas y recomendaciones importantes.

SOBRE RS-10 a RS-13  
Texto parcial de un boletín de Pablo, LU4AMZ

Envío, por si a alguno le resulta de interés algunos datos sobre los satélites Rusos Radio Sputnik 10/11 y 12/13 más conocidos como RS10/11 y RS 12/13:

1) RS-12/13 son un conjunto de transpondedores redundantes que se lanzaron al espacio en 1991 como carga secundaria de un satélite meteorológico Soviético. A bordo del satélite hay dos de esos transpondedores totalmente separados. Por lo general el RS-12 está activo mientras que RS-13 solo lo hace si hubiera algún problema con el primero.

2) Lo importante de RS-12/13 es que se trata de un LEO (en inglés Low Earth Orbit) es decir, de un satélite de órbitas bajas con respecto a la tierra. En su configuración actual la frecuencia de subida, es decir la que usa el radioaficionado para llegar a él, es en los 15 metros mientras que la bajada, la que usa el satélite para llegar a nuestras antenas, está en los 10 metros. El modo que acabo de describir es el modo K.

3) Disponen de Radiobaliza, subida/bajada y robot, pudiéndose lograr información de Telemetría sobre la radiobaliza.

\*\*\*\*\* EN UN MAIL LES MANDO UN PEQUEÑO DECODIFICADOR DE TELEMETRÍA PARA RS-10. ESTA EN FORMATO 7PLUS Y SE LLAMA RS10TEL.ZIP.

73'S Y DX'S PABLO-LU4AMZ  
(BBS EN 28105 KHZ).

--fin del boletín de LU4AMZ--

Nota de LU4AKC: el programa se acompaña como RS10.ZIP

#### FRECUENCIAS DE SATELITES RS-10/11 SATELITE TRANSPORTE : COSMOS 1861 (INVEST.COM)

Tabla de LU4AKC

| RADIO SPUTNIK                         | RS-10                     | RS-11                     |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TRANSMISORES                          | 5 Watts                   | 5 Watts                   |
| POTENCIA DE EMISION DE BALIZA Y ROBOT |                           |                           |
| POTENCIA MENOR                        | 300 mW                    | 300 mW                    |
| POTENCIA MAYOR                        | 1 Watt                    | 1 Watt                    |
| FRECUENCIAS                           |                           |                           |
| BALIZAS                               | 29.357 MHz<br>145.857 MHz | 29.407 MHz<br>145.907 MHz |
| SUBIDA ROBOT                          | 21.120 MHz<br>145.820 MHz | 21.130 MHz<br>145.830 MHz |
| BAJADA ROBOT                          | 29.403 MHz<br>145.903 MHz | 29.453 MHz<br>145.953 MHz |
| MODO A                                |                           |                           |
| SUBIDA                                | 145.860 A 145.900 MHz     | 145.910 A 145.950 MHz     |
| BAJADA                                | 29.360 A 29.400 MHz       | 29.410 A 29.450 MHz       |
| MODO K                                |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.160 A 21.200 MHz       | 21.210 A 21.250 MHz       |
| BAJADA                                | 29.360 A 29.400 MHz       | 29.410 A 29.450 MHz       |
| MODO T                                |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.160 A 21.200 MHz       | 21.210 A 21.250 MHz       |
| BAJADA                                | 145.860 A 145.900 MHz     | 145.910 A 145.950 MHz     |
| MODO KA                               |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.160 A 21.200 MHz       | 21.210 A 21.250 MHz       |
| SUBIDA                                | 145.860 A 145.900 MHz     | 145.910 A 145.950 MHz     |
| BAJADA                                | 29.360 A 29.400 MHz       | 29.410 A 29.450 MHz       |
| MODO KT                               |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.160 A 21.200 MHz       | 21.210 A 21.250 MHz       |
| BAJADA                                | 29.360 A 29.400 MHz       | 29.410 A 29.450 MHz       |

BAJADA 145.860 A 145.900 MHz 145.910 A 145.950 MHz

\*\*\*\*\*

FRECUENCIAS DE SATELITES RS-12/13  
SATELITE TRANSPORTE : COSMOS 2123 NAVSAT

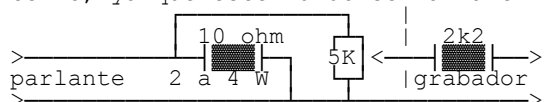
Tabla de LU4AKC

| RADIO SPUTNIK                         | RS-12                     | RS-13                     |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| POTENCIA CONSUMIDA                    |                           |                           |
| TODO APAGADO                          | 4.6 Watts                 | 3.5 Watts                 |
| MAXIMO USO                            | 35.0 Watts                | 25.0 Watts                |
| POTENCIA DE LOS TRANSPONDERS          |                           |                           |
| TRANSMISOR 10m                        | 8 Watts                   | 8 Watts                   |
| TRANSMISOR 2m                         | 8 Watts                   | 8 Watts                   |
| POTENCIA DE EMISION DE BALIZA Y ROBOT |                           |                           |
| POTENCIA MENOR                        | 450 mW                    | 450 mW                    |
| POTENCIA MAYOR                        | 1.2 Watts                 | 1.2 Watts                 |
| FRECUENCIAS                           |                           |                           |
| BALIZAS                               | 29.408 MHz<br>145.912 MHz | 29.458 MHz<br>145.862 MHz |
| SUBIDAS ROBOT                         | 21.129 MHz<br>145.831 MHz | 21.138 MHz<br>145.840 MHz |
| BAJADAS ROBOT                         | 29.454 MHz<br>145.958 MHz | 29.504 MHz<br>145.908 MHz |
| MODOS A                               |                           |                           |
| SUBIDA                                | 145.910 A 145.950 MHz     | 145.960 A 146.000 MHz     |
| BAJADA                                | 29.410 A 29.450 MHz       | 29.460 A 29.500 MHz       |
| MODOS K                               |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.210 A 21.250 MHz       | 21.260 A 21.300 MHz       |
| BAJADA                                | 29.410 A 29.450 MHz       | 29.460 A 29.500 MHz       |
| MODOS T                               |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.210 A 21.250 MHz       | 21.260 A 21.300 MHz       |
| BAJADA                                | 145.910 A 145.950 MHz     | 145.960 A 146.000 MHz     |
| MODOS KA                              |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.210 A 21.250 MHz       | 21.260 A 21.300 MHz       |
| SUBIDA                                | 145.910 A 145.950 MHz     | 145.960 A 146.000 MHz     |
| BAJADA                                | 29.410 A 29.450 MHz       | 29.460 A 29.500 MHz       |
| MODOS KT                              |                           |                           |
| SUBIDA                                | 21.210 A 21.250 MHz       | 21.260 A 21.300 MHz       |
| BAJADA                                | 29.410 A 29.450 MHz       | 29.460 A 29.500 MHz       |
| BAJADA                                | 145.910 A 145.950 MHz     | 145.960 A 146.000 MHz     |

\*\*\*\*\*

PREPARATIVOS

Para mayor utilidad, conviene grabar las señales recibidas desde los satélites. Prepare un grabador común con sus cables de conexión al receptor. Ensaye la grabación de modo que no se introduzca zumbido de fuente desde el receptor..El zumbido de fuente de alimentación (conectada a la red eléctrica) es un problema en los equipos que solo permiten tomar el audio desde una salida para parlante externo, ya que este ruido se halla en etapas de salida y luego del control de nivel de salida (volumen), por lo que este control no puede reducirlo. Igualmente deberá colocar un atenuador si utiliza la entrada de micrófono del grabador, la que tiene mucha amplificación para este uso.



El atenuador está formado por dos resistores y un preset para el ajuste fino. El pequeño resistor 2K2 va dentro del plug al grabador. Ensaye grabar el ruido del receptor con el control de volumen al mínimo. Mejora si puede oír la salida del grabador para ver si se graba zumbido fuerte. Regule este atenuador de salida al mejor nivel de atenuación de la molestia. Luego sintonice una señal débil en su receptor. Pruebe si puede grabarla a alto nivel regulando el control de volumen solamente. Si no es posible, por la atenuación de salida, busque un compromiso. Es preferible atenuar mucho la salida (parlante) y compensar nivel con control de volumen, pero no exagere. El volumen debería trabajar a mitad de recorrido. Ensaye grabar emisiones utilizando los filtros de CW si los tiene. Trate de monitorear la salida del grabador mientras graba, para regular bien el receptor

Se supone que ya sabe usar un programa de paso de satélites como SATAR2 u otro. Seleccione un horario de paso que dé un valor de elevación de 45 o más grados sobre su zona de escucha. Anote los pasos ya que ;deberá apagar la computadora! No piense que necesita una gran antena para recibir algo... Yo usé una vertical acortada (varios tramos de 2 m de caño de electricidad), sintonizada con bobina y tandem antiguo, ya que esta antena era para trabajar en banda de 7 MHz con un acoplador, y estaba a sólo 4 metros de altura rodeado de edificios de 30 mts !! Imagínese como recibirá Ud con una antena normal para 29 MHz a buena altura!!! Seleccione y anote los pasos de satélites RS-10/11 y RS-12/13 ya que deberá trabajar con la computadora apagada, sobre todo si tiene una muy mala antena como la que usé yo. Luego podrá probar si su PC interfiere la recepción...

#### GRABANDO

Recuerde: Actualmente solo están activos de cada par: RS-10 y RS-12 de modo que ajuste la recepción a las frecuencias de sus BALIZAS. ; Recuerde el DOPPLER ! Sobre la hora de paso mueva el dial tratando de percibir la telegrafía (con el receptor en ese modo!). No se desanime. Compruebe que no equivocó con la hora o la frecuencia de la BALIZA (29.357 MHz para RS-10 ó 29.408 MHz para RS-12) pero sepa que debe sintonizar por encima de la frecuencia normal debido al DOPPLER .

Recuerde tener apagada la computadora !!! Al ir recibiendo notará un cambio en la frecuencia del tono telegráfico. Vaya corrigiendo con el dial. GRABELO!.. Al acercarse, el nivel de audio puede ser exagerado para su grabador. Esté atento Un buen nivel de audio es el menor que permita buena grabación y no permita que el ruido de fondo se grabe muy intenso en los silencios de transmisión de CW.

Cuando ya esté seguro que tiene bien grabado el paso del satélite, encienda la PC para notar si interfiere. Si tiene antena baja seguramente notará ruidos.

#### DECODIFICANDO LO GRABADO con el HAMCOMM

Al armar este paquete de programas, me pareció conveniente agregar este excelente programa de comunicaciones por telegrafía y radioteletipo. Es el HAMCOMM que va en forma de HAMCOMM.ZIP y debe extraerse con PKUNZJR HAMCOMM.ZIP preferiblemente en otro directorio (el PKUNZJR.COM está incluido en este disquete).

En el HELP del HAMCOMM, al pedir OVERVIEW y con la tecla TAB elegir Converter tendrá un circuito hecho con un único LM741 y sin necesidad de fuente externa para hacerlo funcionar ya que el programa envía ondas cuadradas a terminales de port serie que se aprovechan en rectificador puente para dar +10V y - 10V ... Si lo conecta a salida de parlante sería conveniente agregar protección de sobretensión con dos diodos en paralelo para no dañar el LM741. Vea el archivo leer.lro que le agregué para mayor explicación. Esto es lo que se decodifica:

```
II00 - T00- A-6 AO L9 E RS10 RS10 NS81 NR00 ND07 IG45 NU45 NW00 IK00 NO00 AS39
AR21 AD34 AG30 MU00 AW00 AK46 AO00 RS10 E E E RS10 NS81 NR00 ND05 IG45 NU45
NW00 IK00 NO00 AS39 AR21 AD34 AG30 MU00 AW00 AK46 AO00 AO L9 E RS10 RH10 NS81
NR00 ND07 IG45 DE45 NW0-S- IK00 N--0 AS3-E AR21 AD-- AG30 MU00 AW00 ---46 AO8
TEEEE E-- E E RS10 NS81 NR00 ND05 IZ--S E E E E E E E EE- -30 - -00 5 A00- U-
6 AO D9 E RS10 S RS10 NS81 NR00 ND07 IG45 B-45 NW00 IK00 ..... ,etc, etc
```

Como puede ver también se producen errores por ruidos debido a la mala antena y a que usé un circuito sencillo, sin filtros de audio. Sin embargo hay suficiente repetición como para extraer partes decodificables. El HAMCOMM debe grabarlos.

Solo resta buscar las equivalencias en la tabla de telemetría, o utilizar algún programa que la descifre como RS-10.EXE (gracias LU4AMZ) en el que deberá poner los datos a mano a medida que se los pide. Ejecute el programa con RS10. Aparece una pantalla donde se le pide que entre un grupo de 4 datos (las letras y los 2 números) y se irán completando los renglones de los datos de los 16 canales. Al finalizar apriete y los 16 renglones se grabarán en un archivo con nombre de la fecha (ej: 19SET93.RSS). Ahora apriete y tendrá una distribución de los módulos con los datos descifrados. Este gráfico le permite ver en forma muy rápida cuales receptores o transmisores están activos y saber el modo conectado

#### LA TELEMETRIA DE RS-10/11

Aquí va la tabla de los canales de telemetría con lo que significan esos datos. Notará que las dos letras de cada grupo son sólo un switch que indica cuál de las dos alternativas de cada canal se están cumpliendo. Los números, en cambio, indican una medida de algún valor que debe transformarse con la fórmula indicada en cada canal. El error en las letras puede descifrarse (son solo dos posibilidades) pero en los números no. Por eso es conveniente tomar varias repeticiones. Cada transmisión comienza identificando el satélite, siguen los 16 canales de telemetría y cierra con el nombre del satélite. Un silencio y repite todo... CANALES DE TELEMETRIA PARA SATELITES RS-10/11 (de libro SATELITES de C.Huertas)

14y15 corregidos por LU4AKC

- 1\_ IS Muestra de TELEMETRIA cada 90 minutos  
 NS Muestra de TELEMETRIA cada 10 minutos  
 nn (numeros).Tension de la BATERIA: nn/4 = Volts
- 2\_ IR RECEPTOR de 2m con atenuador de -20 dB  
 NR RECEPTOR de 2m sin el atenuador  
 nn (numeros).Potencia de Salida en 2m: nn/10 = Watts
- 3\_ ID RECEPTOR de 15m con atenuador de -10 dB  
 ND RECEPTOR de 15m sin el atenuador  
 nn (numeros).Potencia de Salida en 10m: nn/10 = Watts
- 4\_ IG RECEPTOR 15m conectado  
 NG RECEPTOR de 15m apagado  
 nn (numeros).Tension AGC,RECEPTOR de 15m: nn/5 = Volts

5\_ IU RECEPTOR de 2m conectado  
 NU RECEPTOR de 2m apagado  
 nn (numeros).Tension AGC,RECEPTOR de 2m: nn/5 = Volts

6\_ HW Canal de COMANDO ESPECIAL apagado  
 NW Canal de COMANDO ESPECIAL conectado  
 nn (numeros).Tension de AGC,Canal especial: nn/5 = Volts

7\_ IK BALIZA de 10m = 1 Watt  
 NK BALIZA de 10m = 300 mW  
 nn (numeros).Parametro de COMANDO de SERVICIO, modo 10m

8\_ IO BALIZA de 2m = 1 Watt  
 NO BALIZA de 2m = 300 mW  
 nn (numeros).Parametro de COMANDO de SERVICIO, modo 2m

9\_ AS MEMORIA 1er.PANEL con status: OFF  
 MS MEMORIA 1er.PANEL con status: ON  
 nn (numeros).TEMPERATURA TRANSMISOR 10m: nn -10 = °C

10\_ AR MEMORIA 2do.PANEL con status: OFF  
 MR MEMORIA 2do.PANEL con status: ON  
 nn (numeros).TEMPERATURA TRANSMISOR 2m: nn -10 = °C

11\_ AD CARGA de MEMORIA, canal ABIERTO  
 MD CARGA de MEMORIA, canal CERRADO  
 nn (numeros).TEMPERATURA FUENTE 20 volts: nn -10 = °C

12\_ AG MEMORIA del CODESTORE con status:ABIERTO  
 MG MEMORIA del CODESTORE con status: CERRADO  
 nn (numeros).TEMPERATURA FUENTE 9 Volts: nn -10 = °C

13\_ AU MEMORIA, Salida de informacion por BALIZA de 10m  
 MU MEMORIA, Salida de informacion por BALIZA de 2m  
 nn (numeros). Control Backup FUENTE 9 Volts: nn/5 = Volts

14\_ AW RECEPTOR ROBOT de 15m con atenuador de -10 dB  
 MW RECEPTOR ROBOT de 15m sin atenuador  
 nn (numeros).Tension FI RECEPTOR ROBOT 15m: nn/5 = Volts

15\_ AK RECEPTOR ROBOT de 2m con atenuador de -10 dB  
 MK RECEPTOR ROBOT de 2m sin atenuador  
 nn (numeros).Tension FI RECEPTOR ROBOT 2m: nn/5 = Volts

16\_ AO CANAL de COMANDO ESPECIAL 2m,Potencia de Salida = 1 Watt  
 MO CANAL de COMANDO ESPECIAL 2m,Potencia de Salida = 300 mW  
 nn (numeros).Contador QSO del ROBOT (0 a 32=0 y 33 a 128=80 a 89)  
 La telemetría de RS-12/13 es diferente, aquí va un boletín de Adriana, LW9EAB

#### TELEMETRIA DE SATELITES SOVIETICOS RS-12/13

Informe Nro.: 01  
 Fecha : 10/DIC/94  
 Hora UTC : 14:20 Hs.

|         |         |
|---------|---------|
| II D 81 | AI D 34 |
| IN K 0  | AN D 29 |
| IA K 08 | AA D 39 |
| IM K 46 | AM D 34 |
| NI D 46 | MI K 00 |
| NN D 00 | MN K 46 |
| NA D 00 | MA D 00 |
| MN D 00 | MN D 89 |

Periodo tomado de telemetría:.....90 minutos  
 Voltaje promedio de baterías en periodo de 90 minutos..... 20.25 volts  
 Atenuación del receptor de 2 metros:..... 0 db  
 Potencia de salida del transmisor de 2 metros:..... 00 Watts.  
 Atenuación del receptor de 15 metros: .....0 db.  
 Potencia de salida del transmisor de 10 metros: .....0.8 Watts.  
 Estado del receptor de 15 metros:.....ON  
 Voltaje en AGC del receptor de 15 metros:.....9.2 volts  
 Estado del receptor de 2 metros: .....OFF  
 Voltaje en AGC del receptor de 2 metros: .....9.2 Volts  
 Estado del canal (frec.) de comando: .....OFF  
 Voltaje en AGC del receptor de canal (frec.) de comando: ....00 Volts  
 Estado de potencia de salida de Baliza Nro. 1 (10 metros):...MAXIMO  
 Parámetros del comando de service: .....00  
 Estado de potencia de baliza Nro. 2 (10 metros): .....MAXIMO  
 Parámetros del comando de service: .....00  
 Estado de la primer tarjeta de memoria: .....OFF  
 Temperatura del transmisor de 10 metros: .....24 grados C.  
 Estado de la segunda tarjeta de memoria: .....OFF  
 Temperatura del transmisor de 2 metros: .....19 grados C.  
 Data disponible en la primer tarjeta de memoria: ..... M1 DATA  
 Temperatura de las baterías de 20 Volts: .....29 grados C.  
 Data disponible en la segunda tarjeta de memoria: .....M2 DATA  
 Temperatura de la batería de 9 Volts: .....24 grados C.  
 Salida de información: .....Baliza número 1.  
 Control de voltaje de baterías de 9 Volts de backup: .....00 Volts.

Atenuación del receptor del robot en 15 metros: .....0 db  
Voltaje en AGC del receptor del robot en 15 metros:..... 9.2 Volts.  
Atenuación del robot en 2 metros: .....-10 db  
Voltaje en AGC del receptor del robot en 2 metros: .....00 Volts.  
Potencia de salida del canal de comando en 2 metros: ..... MAXIMO  
Número referencial de QSO's del robot (0<32=80 a 99=33 a 128 QSO's):89

OBSERVACIONES: Aparentemente a partir del 5-12-94 habría dejado de funcionar el robot Modo K ya que la baliza número 2 (29.454,3) ha dejado de funcionar escuchándose letras y signos ininteligibles

Información producida por LU5ALS para AMSAT Argentina vía Coordinador de Area LU5ALS - Miguel Arno C.C. 645 CP 7600 Mar del Plata - Argentina

Programa utilizado para trackear las pasadas: OSCARLOCATOR

LW9EAB - Adriana Sánchez  
C. Tejedor 725 Dpto 4. Mar del Plata- Argentina  
Coordinadora de Area  
AMSAT Argentina

--- Fin del boletín de LW9EAB ---

#### USANDO LOS TRANSPONDERS Y EL ROBOT

Una vez que esté práctico con la recepción y decodificación de la baliza puede intentar utilizar los transponders. Estos son combinaciones de receptor y transmisor en bandas diferentes. Según como se combinen los receptores y los transmisores se determinan los modos de funcionamiento. Consulte la telemetría para saber "como viene" el satélite.. Vea la tabla de frecuencias de satélites RS-10 a RS-13.. No está permitido operar en FM ni en AM para resguardar la energía de estos satélites. Use BLU y CW para un mejor rendimiento de potencias... Utilice el programa HAMCOMM si no sabe telegrafía y le interesa este modo. HAMCOMM 2 le dará CW pero por TONO de BLU. Debe adaptarlo si emitirá CW con el PTT de un FM. La versión HAMCOMM 3 permite manipular CW o FSK desde el pin TX del port RS232!

Los transponders RS-10 a 13 SON DIRECTOS. No invierten la banda de frecuencias.  
\*\*\*\*\*

#### COMUNICACION CON LOS ROBOTS DE LOS RS-10 A RS-13

Para obtener la QSL confirmatoria de su operación con los RS-10 a 13, debe contactar en telegrafía con el ROBOT de a bordo, ya sea manualmente o utilizando la PC y el programa HAMCOMM. Si sabe transmitir a mano, pruebe cualquier velocidad que le sea cómoda para comprobar si le responde igualmente. Realizar el QSO es todo un desafío aunque use la PC ya que el efecto DOPPLER lo obliga a resintonizar mientras se comunica; y es peor si sube en modo A: 145.820 MHz (RS-10). Si no posee emisor en 2 metros, utilice el ROBOT RS-12. Subirá en banda de 21 MHz. La comunicación en CW con el ROBOT será así (ejemplo con RS-10):

Ud llamará: RS10 DE LU0XXX AR donde LU0XXX debe ser su LICENCIA  
repite las veces necesarias.. El caracter AR es uno solo, ;sin espaciar A y R !

Robot responde: LU0XXX DE RS-10 QSL NR 1543 OP ROBOT TU USW QSO 1543 73 SK

donde 1543 es un número de serie únicamente para Ud y que le permitirá reclamar la QSL a Rusia. Envíe el pedido y número acompañando un cupon SASE de respuesta internacional o IRC. Se venden en Correo Central de Bs As y en los del interior. Los cupones IRC son aceptados internacionalmente y circulan ida y vuelta, es decir, el mismo que Ud. envía DENTRO del sobre, en destino es cambiado por franqueo y guardado esperando que otro interesado lo compre nuevamente, algunos están mas usados que otros. Su precio varía con la cotización del franco francés, que si mal no recuerdo, es la moneda con que se ajustan los franqueos mundiales. Consulte en ventanilla de venta de sellos postales, estaban a \$1.50 c/u (Bs As). Esta es la última dirección publicada, para pedir la QSL en Rusia....

Andrey Mironov  
UL Vvoloshinoj.D11. KV72  
141000 Station Perlovskaya  
Moscow, Rusia

A veces el ROBOT viene anunciando por medio de su CQ por donde está recibiendo.

CQ CQ DE RS10 QSU 145820 KHZ AR ó CQ CQ DE RS10 QSU 21120 KHZ AR

Cuando Ud ensaye conectarse con el ROBOT, debe oír su propia transmisión por la frecuencia de bajada del ROBOT, o sea, por donde Ud. debe recibir la respuesta. ¡Y no se sorprenda si le responde que lo recibe débil, con interferencias, etc!

-----

#### COMUNICANDO CON OTROS RADIOAFICIONADOS

El uso de satélites para comunicar con otros radioaficionados se justifica en que se consigue un mayor cubrimiento utilizándolo como "intermediario" elevado. Para ello debe usar los transponders, conociendo por la decodificación de BALIZA en qué modos puede efectuarse la comunicación. Ensaye brevemente con un CQ ... Lo primero que notará será que puede oír su propia transmisión ya que emitirá en una banda y recibirá en otra (con otro equipo y otra antena). Note que RS-12 suele venir conectado con subida en 21 MHz (modo K). Esto le permitirá trabajar solo con un equipo de HF, si es de los modernos que operan a banda diferente en transmisión/recepción (modo SPLIT). Aunque RS-10 también puede, no lo hace últimamente así que con RS-10 deberá subir en banda de 2 mts... Estudie en que frecuencias bajará al subir en cada una de las de otra banda... Aprenda las normas de uso y costumbres de los radioaficionados dedicándose a solo oír la banda.

-----  
USO DE LOS TRANSPONDERS DE RS-10 EN MODO A  
Recomendaciones de usuarios de AMSAT-NA \* Traducción LU4AKC

Los dos objetivos básicos del operador de satélites son: la eficiencia en el uso de los recursos del equipo en órbita y evitar la interferencia a otros usuarios. Estas notas de operación para el transponder Modo A del RS-10 fueron preparadas para ayudar a los usuarios a cumplir con estos objetivos. Está efectivizándose un plan de bandas para el transponder del RS-10. Según se lee en el libro "The RS Satellites Operating Guide" por G. Gould Smith WA4SXM (publicado por AMSAT-NA), la bajada (o "downlink") debería usarse como sigue:

29.357 Baliza (beacon)  
29.360 Límite inferior de la banda  
\* porción para CW \*  
29.380 Centro de la banda  
\* porción para BLS \*  
29.400 Límite superior de la banda  
29.403 Baliza (beacon) o ROBOT (según necesidad)

Por favor!, use la porción adecuada de la banda para evitar interferir con los usuarios de los otros modos.

A fin de compensar el desplazamiento por efecto DOPPLER en el Modo A se debe tener en cuenta que la subida (uplink) se realiza en frecuencia mayor que la de bajada (downlink). Se sube en 2 metros y se baja en 10 metros. Se aconseja dejar fija la frecuencia de bajada y variar la de subida, para compensar el desplazamiento ocasionado por el efecto DOPPLER. Se usa una ecuación para determinar la frecuencia de subida para este transponder no-inversor de la banda. Será:

Frecuencia de subida = -(constante de traslación) + frec. bajada - (Doppler)

UTILICE LA REGLA DE LOS SIGNOS! Es decir: -(- dato) = + dato y -(+ dato) = - dato

Por convención se considera al desplazamiento Doppler positivo (+) al acercarse y negativo (-) al alejarse. El valor de la constante de traslación se da en el libro "The Satellite Experimenter's Handbook" por Martin Davidoff K2UBC (publicado por la ARRL) como -116.500 MHz. Recientemente, WD8LAQ informó que la frecuencia de subida estaba varios KHz por encima de la calculada usando esta constante publicada. Por experimentación, N3KVQ determinó que la constante será más precisa si su valor es -116.5048 MHz. A simple vista la diferencia parece muy pequeña pero se trata de 4800 Hz y esta diferencia es suficiente para hacer perder un comunicado en CW o en Banda Lateral Superior (BLS). No ha quedado en claro si la diferencia es que la constante se dió con precisión de solo 0.5 MHz o si se han producido cambios en algunos componentes del transponder en órbita.

Cuando esté ajustando con su señal, si es en CW envíe unos pocos dits (puntos) o hable ante el micrófono en fonía de BL Superior, por ej; dando sólo su LICENCIA. El mantener el manipulador conectado o estar silbando frente al micrófono produce un gran gasto de energía en el satélite e interrumpe los otros QSOs; y le va a provocar dolor de oídos a los desafortunados oyentes de esa frecuencia particular, debido a la modulación plena que significa.

En cambio ajustar sintonía dando su LICENCIA es operativamente muy eficiente ya que las otras estaciones en QSO sabrán que hay otro colega presente en escucha, y que podrán llamarlo en el acto al concluir su contacto previo.

El gran monto de desplazamiento DOPPLER debido a la baja órbita terrestre del satélite es todo un desafío para su habilidad operativa. Si un comunicado entre dos aficionados se está llevando a cabo correctamente y hay otro cercano que no se cuida, se puede producir un corrimiento del segundo sobre el primero. Por eso es importante respetar normas comunes de operación.

El método recomendado es elegir una frecuencia de bajada, sintonizar la frecuencia de subida correspondiente a esa bajada, y luego, gradualmente, incrementar la frecuencia de subida para ir compensando el efecto DOPPLER durante la pasada. Para pasada típica del RS-10 (acimut 10 grados, elevación máxima de 40 grados), el desplazamiento DOPPLER al comienzo del paso será de unos 3.7 KHz en banda 2m.

Muchos usuarios del RS-10 tratan de evitar el uso de los últimos 10 KHz del fin de la banda para prevenir el salirse del límite de la misma, a causa del efecto DOPPLER. Un cálculo detallado muestra que si se usa el procedimiento adecuado un comunicado se desplazará solo 1 KHz en el transponder mismo. Esto es así por que mientras en la Tierra el desplazamiento DOPPLER total es de por lo menos 8 KHz, las técnicas de compensación de frecuencias reducen el desplazamiento en el transponder mismo. Así los comunicados que comiencen con bajada en 29.399 MHz no se desplazarán fuera de banda. Hay 40 KHz útiles en toda la banda, así que por favor! sepárese y use el total de ella !.

Con el cambio tan rápido del desplazamiento por DOPPLER durante cada pasada del RS-10 es bastante complicado intentar manejar la ecuación para el "uplink" en tiempo real. Una alternativa es usar la tabla que se presenta aquí. Simplemente sintonice la bajada a la frecuencia deseada y déjela ahí, luego busque en esta tabla la frecuencia de subida (uplink) apropiada.

La columna AOS (Acquisition Of Signal o aparición de la señal), le da la frecuencia de subida al comienzo de la pasada del RS-10. La columna TCA (Time of Closet Approach o instante de máxima aproximación), le da la frecuencia de subida para cuando el satélite esté más cercano.

En la columna AOS se incorporó el desplazamiento por DOPPLER en una forma promediada considerando una pasada típica de RS-10 de 10 grad. de acimut (AZ) y con una elevación máxima de 40 grad. en esa pasada. Los valores de la tabla deberían estar dentro de 1 KHz de la frecuencia correcta. Con un poco de práctica en el





Si hasta ahora no se dió cuenta,le informo que el HAMCOMM es un poco difícil de usar por los muchos ajustes que tiene por programa. Hágase una tabla con los ajustes mas comunes... ; RECUERDE !: Con el HAMCOMM 2 la transmisión solo es por TONOS... La salida PTT cambia y quedará fija mientras en pantalla se esté en el modo TX. Por eso no sirve esa salida para CW. Si debe accionar un transmisor de CW o por el PTT de uno de FM, rectifique el tono y excite un transistor ON/OFF. En el HAMCOMM 3 ya viene una salida por pin TX del RS232 que sirve para CW/ FSK conectándolo a un transistor conmutador del mismo modo que el usado para el PTT

Ensaye y repita las comunicaciones via RS-10/13 hasta ser un experto. Trate de enseñar o difundir sus experiencias a quien le haya picado el bichito de la curiosidad por los satélites. Muchos no se animan por considerarlo muy difícil .. Mientras tanto vaya aprendiendo sobre otros modos de comunicación. Ensaye Radio teletipo con el HAMCOMM en bandas de radioaficionados o captando a las agencias noticiosas internacionales por un receptor de ondas cortas. Practique el PACKET aunque más no sea con el disquete del BAYCOM (que va aparte con textos de construcción y otras ayudas). Para algunos satélites le servirá bien, para otros en modo PSK no !. Recién entonces podrá pensar en los satélites para otros modos !

Recuerde que los modos de transmisión con portadora permanente como FM, AM, FSK en portadora, RTTY, etc, pueden estar prohibidos para TRANSPONDERS en algunos satélites; para evitar, por ejemplo, excesivo consumo de energía de las baterías.

;SU PRACTICA CON TRANSPONDERS LE SERVIRA PARA CUALQUIER SATELITE QUE LOS TENGA!

\*\*\*\*\*

## CAPITULO 8

### DATOS DE OTROS SATELITES

Información difundida por el sistema de PACKET-BBS

#### MAS SATELITES DE RADIOAFICIONADOS

por Máximo, LU5AIM

Estas son las frecuencias de los satelites de aficionados, ya que hay muchos amigos que estan en condiciones de trabajarlos y no saben donde encontrarlos cuando los programas de trackeo dicen que estan visibles para nuestra estacion.

#### AMSAT-OSCAR 10:

=====

Modo B : 70 cm up; 2 m down.

Beacons

Baliza general : 145.810 Mhz

Baliza de ingenieria : 145.987 Mhz

Transponder (invierte modo) :

Subida : de 435.030 Mhz a 435.180 Mhz

Bajada : de 145.825 Mhz a 145.975 Mhz

Modos de operacion : BLU y CW.

En los keplerianos lo reconocemos como AO-10.

Este satellite es el mas viejo que tenemos en servicio, su baliza ya no emite.

Pero el transponder sigue funcionando bastante bien.

#### AMSAT-OSCAR 13:

=====

Modo B : 70 cm up; 2 m down.

Modo JL : 24 cm y 2m up; 70 cm down.

Modo S : 70 cm up; 13 cm down.

Beacons

Modo B :

Baliza general : 145.812 Mhz

Baliza ingenieria : 145.985 Mhz

Modo JL : 435.651 Mhz

Modo S : 2400.324 Mhz

Las balizas transmiten la telemetria del satellite en CW, RTTY y PSK 400 Bauds.

Transponders (invierte modo) :

Subida : 435.423 Mhz a 435.573 Mhz

Bajada : 145.975 Mhz a 145.825 Mhz

En los keplerianos lo reconocemos como AO-13.

Modos de operacion BLU y CW, lo mas comun es escuchar estos modos, se hacen

pruebas en SSTV en la frecuencia de 145.950 Mhz.

NOTA de LU4AKC:

En los satélites AO-10 y AO-13 notará, al hacer el TRACKING gráfico, que a veces permanecen mucho tiempo en el mismo lugar, en tanto que los demás siguen su movimiento en el mapa. Se debe a que son satélites de órbita elíptica y en ese momento están subiendo o bajando de su apogeo (unos 38000 Km) que se encuentra justo sobre ese lugar del mapa (generalmente en el hemisferio norte) Viendo sus datos keplerianos notará la diferencia en ECCENTRICITY y MEAN MOTION

#### AMSAT-OSCAR 16: PACSAT

=====

Modo J :

Subida : 145.900, 145.920, 145.940, 145.960 Mhz

Modo subida : FSK (FM) 1200 bps AX.25 Manchester 2

Bajada : 437.02625 Mhz

Modo bajada : BPSK (BLU) AX.25 1200 Bauds

Raised cosine : 437.05130 Mhz (Actualmente la frec de bajada es esta)

Modo : BPSK (BLU) AX.25 1200 Bauds

Bajada en modo S : 2401.1428 Mhz

Modo : BPSK (BLU) 1200 Bauds

En los keplerianos lo reconocemos como AO-16.

#### AMSAT-OSCAR 18: WEBERSAT

=====

Bajada : 437.07510 Mhz

Modo bajada : BPSK (BLU) AX.25 1200 Bauds

Raised cosine : 437.10200 Mhz (Actualmente la frec de bajada es esta)

Modo : BPSK (BLU) AX.25 1200 Bauds

En los keplerianos lo reconocemos como WO-18.

#### AMSAT-OSCAR 19: LUSAT

=====

Modo J :

Subida : 145.840, 145.860, 145.880, 145.900 Mhz

Modo subida : FSK (FM) 1200 bps AX.25 Manchester 2

Bajada : 437.15355 Mhz BPSK (BLU) 1200 bps AX.25

Raised cosine : 437.12580 Mhz (Actualmente la frec de bajada es esta)

Modo bajada : BPSK (BLU) 1200 bps AX.25

Beacon : 437.125 Mhz

Modo beacon : CW 12 ppm (baja la telemetria).

En los keplerianos lo reconocemos como LO-19.

#### FUJI-OSCAR 20: JAS-1B

=====

Modo JA :

Subida : de 145.900 Mhz a 146.000 Mhz

Bajada : de 435.900 Mhz a 435.800 Mhz  
 Baliza modo JA : 435.795 Mhz  
 Modo baliza : CW  
 Modo de operacion : BLU y CW.  
 Modo JD :  
 Subida : 145.850, 145.890, 145.910 Mhz  
 Bajada : 435.910 Mhz  
 Modo de subida : FSK (FM) 1200 bps AX.25 Manchester 2  
 Modo de bajada : BPSK (BLU) 1200 bps AX.25  
 Señal distintiva con que hay que llamarlo : 8J1JBS  
 Funciona como un BBS comun.  
 En los keplerianos lo reconocemos como FO-20.  
 AMSAT-OSCAR 21 = RS 14: (anulado)  
 =====  
 Modo B:  
 Subida : 435.016 Mhz  
 Bajada : 145.987 Mhz  
 Baliza : 145.817 Mhz  
 Modo baliza : CW  
 Modo de trabajo :  
 En 145.987 Mhz por cada ciclo de 10 minutos :  
 0 - 1 Telemetria en packet comun (se puede bajar hasta con un Baycom!)  
 2 - 6 Deja encendida una repetidora de FM con las frecuencias de subida y bajada anteriormente citadas y se lo puede trabajar hasta con un handy de esos bibanda "fullduplex", de este modo uno se escucha en la bajada lo que transmite y es una forma de saber como lo esta tomando el satellite. Obviamente, tambien se lo puede trabajar con dos equipos de FM separados y con antenitas verticales tipo "Ringo".  
 7 - 9 Pasa un mensaje vocalizado digitalmente, en idiomas ruso (voz femenina) y en ingles (voz masculina).  
 En lo keplerianos lo reconocemos como AO-21.  
  
 UOSAT-OSCAR 22:  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.900, 145.975 Mhz  
 Bajada : 435.120 Mhz  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como UO-22.  
  
 KITSAT-OSCAR 23: KITSAT A  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.850, 145.900 Mhz  
 Bajada : 435.175 Mhz  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como KO-23.  
  
 KITSAT-OSCAR 25: KITSAT B  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.870, 145.980 Mhz  
 Bajada : 435.175, 436.500 Mhz (Lo escuche en esta ultima frecuencia)  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como KO-25.  
  
 ITAMSAT-OSCAR 26: ITAMSAT 1  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.875, 145.900, 145.925, 145.950 Mhz  
 Bajada : 435.822, 435.867 Mhz (Lo escuche en esta ultima frecuencia)  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como IO-26.  
  
 AMRAD-OSCAR 27: AMRAD  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.850 Mhz  
 Bajada : 436.800 Mhz (No lo escuche nunca)  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como AO-27.  
 POSAT-OSCAR 28: POSAT-1  
 =====  
 Modo J:  
 Subida : 145.925, 145.975 Mhz  
 Bajada : 435.250, 435.275 Mhz (No lo escuche nunca)  
 Modo : 9600 Baudios subida y bajada.  
 En los keplerianos lo reconocemos como PO-28.  
  
 RS 10/11:  
 =====  
 Modo A:  
 Subida : 145.860 a 145.900 Mhz  
 Bajada : 29.360 a 29.400 Mhz  
 Balizas : 29.357 y 29.403 Mhz  
 La baliza transmite en CW a 12 ppm.  
 Modo de trabajo : BLU y CW. (No invierte el modo en la bajada).  
 En los keplerianos lo reconocemos como RS 10/11.  
  
 RS 12/13:  
 =====

Modo K:  
Subida : 21.210 a 21.250 Mhz  
Bajada : 29.410 a 29.450 Mhz  
Balizas : 29.408 y 29.454 Mhz  
La baliza transmite en CW a 12 ppm.  
Modo de trabajo : BLU y CW. (No invierte el modo en la bajada).  
En los keplerianos lo reconocemos como RS 12/13.

MIR:

====

Modo : Simplex  
Subida y bajada en la misma frecuencia : 145.550 Mhz  
El modo en que generalmente trabajan es en packet 1200 Baudios FSK AX.25.  
Tambien en ocasiones trabajan en fonia en FM.  
En los keplerianos lo reconocemos como MIR.

STS-58: COLUMBIA (fines de 1993)

=====

Modo : Simplex  
Subida y bajada en la misma frecuencia : 145.550 Mhz  
El modo en que generalmente trabajan es en packet 1200 baudios FSK AX.25.  
Tambien ocasionalmente trabajan fonia, en FM, donde las frecuencias de subida son : 144.910, 144.930, 144.950, 144.970 y 144.990 Mhz.  
La frecuencia de bajada de fonia es la misma que en packet : 145.550 Mhz.

Bueno, por ahora son todos los satelites de aficionados que podemos trabajar. Espero que sea de utilidad para todos y en base a esto se hagan una tablita simplificada de las subidas y bajadas de cada satelite para tenerla a mano. Les mando un saludo a todos y disfruten los satelites que es bastante divertido e interesante ya que cada tipo ofrece condiciones de trabajo distintas a los demas. 73s y buenos QSOs !!

Cordialmente. Maximo. [LU5AIM@LU7ABF](mailto:LU5AIM@LU7ABF).

-----

--fin del boletin de LU5AIM--

SOBRE EL RS-15

Boletín de Alejandro, LU8YD (dic.94)

Hola!

Si todo fue bien en el lanzamiento previsto entre el 25 y 28 de diciembre, comenzaremos el año con un muy buen satélite ya que el RS15 opera en modo A pero como su órbita tiene una altitud prevista de 2300 Km ( mas del doble de la altura de RS12 y RS10), permitirá realizar contactos a mayor distancia con pasos de hasta 33 minutos de duración.

Creo que este es el satélite en modo A de mayor altitud lanzado hasta la fecha por lo que se podrán hacer experiencias interesantes sobre todo con el comportamiento de la banda de 10 metros.

Luego de ordenar los datos keplerianos de prelanzamiento que ya circulan por LUNET, para que los aceptara el ITRAK, se hicieron algunas estimaciones de lo que en teoría se podría trabajar: como todo Centro y Sud América, buena parte de E.E.U.U., parte del oeste de Africa sobre todo desde la mitad norte de Argentina.

Sin duda que esto tiene un precio y es que habrá que mejorar seguramente las estaciones, veremos en que medida, por lo pronto la atenuación de espacio libre aumenta con relación a RS10 en 7.23 dB debido a la mayor altitud de la orbita.

Estos son los datos disponibles del RS15:

Altura orbita: 2300 Km.  
Inclinación: 67 grados.  
up-link: 145.857 Mhz-145.897 Mhz  
dn-link: 29.357 Mhz- 29.397 Mhz Potencia: 5 W

Baliza #1: 29.353 Mhz 0.4 o 1.2 W  
Baliza #2: 29.398 Mhz 0.4 o 1.2 W  
Antenas: dipolos.

cordiales saludos, nos vemos via RS15!

LU8YD Alejandro Coordinador AMSAT LU

- fin del boletin de LU8YD -

\* \* \* DOVE (DO-17) \* \* \*

Del libro " HOW TO USE THE AMATEUR RADIO SATELLITES", por Keith C. Baker  
Traducido y difundido en packet por Adriana, LW9EAB

PAIS: BRASIL NASA ID #: 20440 Intl: 90-05E Puesta en órbita:22 Ene. 1990

DATOS ORBITALES:  
TIPO DE ORBITA: Circular (Polar)  
INCLINACION: 98.6 Grados  
ALTURA PROMEDIO: 793.4 km.

PERIODO ORBITAL: 100.7 Minutos

FRECUENCIA Y DATOS DE MODOS:

| MODOS                  | DOWNLINK (MHZ) |
|------------------------|----------------|
| 1200 bps FSK (FM)      | 145.82516      |
| AX.25 or DIGITAL VOICE |                |
| 1200 bps FSK (FM)      | 145.82438      |
| AX.25 or DIGITAL VOICE |                |
| 1200 bps BPSK (1 WATT) | 2401.2205      |

NOTAS:

El DOVE (sigla de Digital Orbiting Voice Encoder) se diseñó como una herramienta educativa para introducir niños de escuela y principiantes a los satélites de aficionados. Diferente de sus primos, sin embargo, en este uno puede oírse usando un modem de packet de FM ordinario! además, se equipa con una voz digital encoder la que, esperanzadamente, pronto será activada. La idea fue construir y poner en órbita un "pájaro" que requiriera de un equipo relativamente simple para recibir. Todo lo que se requiere es un modem TNC normal de packet y un equipo normal de 2 metros FM. Sin embargo, antes de que Ud. se excite demasiado, tenga en cuenta que el DOVE es un satélite que opera en bajada únicamente. Desafortunadamente, la computadora a bordo del DOVE está "estrellada", desde hace varios meses antes pudo liberarse completamente para uso general. Hasta ese punto, sobre 145.825 MHz el tráfico de packet era muy fuerte sobre las pasadas superiores, requiriendo únicamente antenas simples para recibir. Yo frecuentemente conseguí una señal copiable de packet sobre mi estación. La información recibida era mayormente telemetría, también unos pocos mensajes de saludo de sus dueños brasileños había de vez en cuando.

La buena noticia es que el DOVE todavía vivirá mucho!. A partir de esta impresión se estaban poniendo en marcha varios radioaficionados dedicados a aislar y evitar un problema en el modulador S-band del DOVE que ha hecho sumamente dificultoso trabajar sobre la computadora. Varios operadores de este pájaro, voluntarios, dedicaron literalmente meses en idear software trabajando alrededor de innovadores procedimientos para conseguir que la computadora a bordo del DOVE operara permanentemente. Durante una prueba reciente, el procesador de conferencias se cambió exitosamente y podría oírse bien sobre un equipo de 2 metros FM.

Manténgase alerta sobre la frecuencia de bajada del DOVE... Ud. podría ser sorprendido un día y encontrarse con que le está "hablando" a Ud.! El libro de Gould Smith "Decoding Telemetry from the Amateur Satellite", contiene una discusión soberbia simplemente sobre qué le cuenta la telemetría sobre su salud

-- fin del boletín de LW9EAB --

CARACTERISTICAS DE UOSAT-B

Por Pat Gowen - G3IOR - Traducción John Coppens - ON6JC/LU

OSCAR-11 (UoSAT B) Número de catálogo NASA 14781

Este satélite estabilizado por gradiente de gravedad, fue diseñado y construido por el grupo de AMSAT de la Universidad de Surrey y lanzado por EEUU en una órbita circular casi polar con un período de 98 minutos y una altura de 700 km.

OSCAR-11 no tiene transpondedores, pero transmite telemetría científica importante, incluyendo datos 'WOD' (recolección de datos en órbita completa) de mucho de sus canales de adquisición. Estos incluyen numerosas temperaturas, lecturas de magnetómetros, radiación y datos de impactos de micro-meteoritos. También transmite regularmente boletines de interés general para la radioafición, y noticias especiales sobre actividades espaciales.

El satélite cumplió un papel muy útil en la provisión de datos de seguimiento y posicionamiento Doppler en numerosas expediciones científicas incluyendo la excursión transpolar Ruso-Canadiense. Un encodificador de voces provee telemetría hablada y mensajes previamente cargados en la computadora de abordó.

Las transmisiones se reciben fácilmente utilizando una antena con dipolos cruzados (turnstile) o una pequeña antena Yagi preferiblemente de polarización circular y cualquier receptor de FM en la banda de 2 metros. Una cámara de CCD provee imágenes de la tierra.

Demoduladores y programas de computadora están disponibles de AMSAT-UK para la interpretación directa de la telemetría, WOD, imágenes, boletines, etc., recibiendo el audio directamente del equipo de radio, o utilizando grabaciones previas.

Frecuencias:

|        |              |                     |
|--------|--------------|---------------------|
| Baliza | 145.826 MHz  | (AFSK/FM 1200 Baud) |
| Baliza | 435.025 MHz  | (AFSK/FM 1200 Baud) |
| Baliza | 2401.500 MHz | (AFSK/FM 1200 Baud) |

Reportajes del Oscar-11 y su uso educacional serán bien recibidos en el Centro Espacial UoSAT, Universidad de Surrey, GU2 5XH, UK, el cual también puede proveer información sobre el valor educacional de sus satélites.

(Datos de Pat Gowen, G3IOR. Traducción John Coppens, ON6JC/LU)

## CARACTERISTICAS DE MIR

por Pat Gowen, G3IOR -traduc. John Coppens, ON6JC/LU

MIR Número de catálogo NASA: 16609

La MIR (significando: Paz o Tierra) es la Estación Espacial de la USSR (Federación Rusa), sucesor de la serie 'SALYUT', y fue puesta en órbita el 19 de Febrero de 1986. Está permanentemente habitada. Tiene un sin número de módulos conectados, como el KWANT-1, KWANT-II, KRISTALL, los cuales tienen, cada uno, una designación propia de la NASA, aunque son parte del mismo objeto.

La estación está en una órbita circular terrestre con una inclinación de 51.6 grados, un período promedio de alrededor de 92.3 minutos, un perigeo de 363 km y un apogeo de 410 km. Luego de un período de 3 a 5 semanas, la fricción de la atmósfera reduce la altura y aumenta la velocidad angular de tal forma que un 'empuje' del motor es preciso para reubicar la estación. Por este motivo, es necesario la puesta al día de los datos orbitales desde una fuente confiable, como lo es la distribución de los datos por packet, sino resultarían errores acumulativos importantes en el seguimiento.

La tripulación del MIR recibe un entrenamiento en la radioafición y exámenes de Boris Stepanove UW3AX y Leonid Labutin UA3CR, y fueron asignados indicativos consecutivos en un formato fijo UnMIR, por ejemplo U1MIR, U2MIR etc.

La estación está equipada con dos tranceptores para FM en 2 metros, uno de 2.5 y otro de 25 W, y un TNC estándar para 1200 Bauds AX.25, con programa para uso como terminal y mini-BBS (UnMIR-1). Estos dos modos de operación pueden funcionar simultáneamente. La estación también puede funcionar como digipeater. Además, la estación cuenta con agregados especiales que permiten la transmisión continua de boletines, o la retransmisión de llamados terrestres en períodos de un minuto de recepción y un minuto de transmisión. Se espera la pronta instalación de tranceptores en 432 MHz. La antena es una antena bi-banda 432/145 MHz de 5/8 largos de onda, montada en el exterior de la estación, adyacente al panel solar principal.

Mientras que las comunicaciones terrestres con la MIR en VHF se desarrollan principalmente en 143.625 MHz, en FM banda ancha, la frecuencia para uso de radioaficionados es S.22 (145.550 MHz), en FM directa, con 10 kHz de desviación telefonía y packet, aunque en algunos eventos especiales se usarán canales con frecuencias de subida y bajada diferentes.

La señal de MIR es fuerte, fácilmente escuchada en cualquier receptor de FM para 144 MHz, con antenas sencillas. Para contactar con la MIR, bastaría en teoría una equipo portátil de 2 metros con 1 Watt, pero, por el nivel enorme de actividad que existe en la zona de recepción, desde la altura de la MIR, se requiere en la práctica de una potencia efectiva mucho mayor.

Mientras que se lograron contactos entre estaciones portátiles y móviles en horarios silenciosos o zonas remotas, en Europa y otras áreas donde se utiliza intensamente al canal S.22, se precisan alrededor de 100 Watts con una antena con polarización circular y control de acimut y elevación para lograr confiabilidad en las comunicaciones.

QSL via UW3AX y UA3CR directo, o (con mas tiempo) via:  
P.O. Box 88, Moscow, RSF/USSR

(Datos de Pat Gowen, G3IOR. Traducción John Coppens, ON6JC/LU)

-----  
--fin de boletines de ON6JC/LU--

## MUESTRAS DE OTRAS TELEMETRIAS

La práctica anterior con Telemetría del RS-10 le ha mostrado el método general es decir: recepción, decodificación del morse, tabla de equivalencias. Hay satélites que la transmiten en Radioteletipo o en Packet y solo deberá usar una tabla de traducción de los caracteres recibidos. Pero cada satélite tiene sus propios códigos de traducción de modo que debe tener una tabla para cada satélite! Podrá hallar otros programas para traducción de cada telemetría de satélites en los BBS de radioaficionados o consultando a AMSAT .....

Boletín parcial del difundido por EA2CLS

-----  
Telemetría en Radioteletipo del AO-13

Z HI. THIS IS AMSAT OSCAR 13  
19.45.21 5900  
.004E .0000 .030B

64 9 0 193 11 238 1

190 8 165 137 178 8 175 106 200 8  
144 130 8 8 167 28 99 8 145 8  
13 8 144 139 9 8 143 122 117 8

145 23 172 142 144 119 158 160 142 8  
 142 157 142 17 209 141 143 8 180 142  
 136 133 216 154 146 146 13 162 137 209  
 HI HI DE OSCAR 13. MODE SCHEDULE TO APR 04.  
 B MA 0 TO 90.  
 BS MA 90 TO 120.  
 S MA 120 TO 145 TRSP.  
 S MA 145 TO 150 BCN.  
 BS MA 150 TO 180.  
 B MA 180 TO 256.  
 OMNIS MA 230 TO MA 30. ALON/ALAT 180/0.  
 HI HI DE AMSAT OSCAR 13

Nota de LU4AKC: OSCAR 13 también emite en CW y PSK

#### Telemetría en Packet AFSK del DO-17

DOVE-1\*>TIME-1:  
 PHT: uptime is 111/16:00:49. Time is Sat Feb 26 10:14:05 1994  
 SWITCH\*>SWITCH  
 DOVE-1\*>TLM:  
 00:56 01:59 02:86 03:33 04:58 05:56 06:6E 07:54 08:6D 09:6E 0A:A1  
 0B:F8 0C:E8 0D:DA 0E:2E 0F:25 10:DB 11:A4 12:01 13:DF 14:B1 15:AC  
 16:80 17:74 18:73 19:75 1A:72 1B:49 1C:7D 1D:71 1E:D4 1F:65 20:D1  
 DOVE-1\*>TLM:  
 21:C5 22:78 23:2D 24:21 25:27 26:78 27:00 28:00 29:2E 2A:03 2B:48  
 2C:00 2D:96 2E:6A 2F:9E 30:CD 31:9F 32:00 33:00 34:A3 35:AA 36:A7  
 37:AD 38:B0  
 DOVE-1\*>STATUS:  
 80 00 00 80 5D 18 CC 02 00 50 00 00 0A 0F 3C 05 17 00 0F 04 01  
 DOVE-1\*>BRAMST:  
 22nd Feb 1994

DOVE reports have been received from :

G7NDS G8UYZ GD7HEJ GM6UOY HS1GOS  
 IW4BKX JH0TOG K1QPM K2MPD K3VDB  
 K5EKH KD7DBV KA3AFY KA3BVJ KA3WQE  
 KA6PUW KA7LDN KB1GW KB1SF KB1ZK

These will change in 3 Days.

[vk7zbx]  
 DOVE-1\*>BCRXMT:  
 vmax=759160 battop=766771 temp=357713  
 DOVE-1\*>LSTAT:  
 I P:0x3000 o:0 l:13884 f:13884, d:0 st:0  
 SWITCH\*>SWITCH  
 DOVE-1\*>TIME-1:  
 PHT: uptime is 111/16:01:19. Time is Sat Feb 26 10:14:35 1994  
 SWITCH\*>SWITCH  
 DOVE-1\*>TLM:  
 00:58 01:58 02:89 03:35 04:59 05:58 06:6E 07:50 08:6E 09:6E 0A:A2  
 0B:F8 0C:E8 0D:DC 0E:36 0F:24 10:DA 11:A4 12:00 13:DF 14:B0 15:AB  
 16:80 17:78 18:79 19:75 1A:72 1B:52 1C:7C 1D:73 1E:D5 1F:66 20:D4  
 DOVE-1\*>TLM:  
 21:C4 22:74 23:2E 24:24 25:26 26:3C 27:00 28:01 29:40 2A:00 2B:64  
 2C:01 2D:8D 2E:65 2F:A0 30:CD 31:9E 32:01 33:00 34:A3 35:A9 36:AE  
 37:AD 38:AD  
 DOVE-1\*>STATUS:  
 80 00 00 80 5D 18 CC 02 00 50 00 00 0A 0F 3C 05 17 00 0F 04 01  
 DOVE-1\*>LSTAT:  
 I P:0x3000 o:0 l:13884 f:13884, d:0 st:0

#### Telemetría en Packet del WO-18

Time is --- Feb 27 09:10:07 1994  
 WEBER-1\*>TLM:  
 00:73 01:8E 02:70 03:A2 04:76 05:AD 06:46 07:A5 08:71 09:56 0A:A7  
 0B:AE 0C:D0 0D:BE 0E:08 0F:73 10:B4 11:91 12:05 13:BA 14:AA 15:A6  
 16:6C 17:6C 18:66 19:6B 1A:64 1B:69 1C:66 1D:71 1E:C3 1F:64 20:A4  
 WEBER-1\*>TLM:  
 21:9C 22:7B 23:3D 24:2F 25:33 26:75 27:01 28:02 29:37 2A:10 2B:4C  
 2C:02 2D:B6 2E:83 2F:A5 30:A3 31:A6 32:38 33:7B 34:AC 35:AA 36:A8  
 37:AC 38:D5 39:EE 3A:A8 3B:88 3C:FD 3D:FF 3E:4A 3F:D6 40:A8 41:A8  
 42:D6

#### Telemetría en Packet BPSK del LO-19

Time is --- Feb 26 10:51:04 1994  
 LUSAT-1\*>TLM:  
 00:65 01:90 02:67 03:74 04:6A 05:96 06:62 07:93 08:6A 09:8C 0A:A3  
 0B:B0 0C:E8 0D:DC 0E:2F 0F:35 10:DB 11:83 12:00 13:E2 14:AA 15:A7  
 16:6D 17:6D 18:6E 19:70 1A:6E 1B:4A 1C:68 1D:67 1E:D4 1F:62 20:BB  
 LUSAT-1\*>TLM:  
 21:9D 22:75 23:2B 24:21 25:2F 26:52 27:00 28:00 29:1C 2A:39 2B:12  
 2C:01 2D:8B 2E:4E 2F:A3 30:A3 31:A2 32:04 33:6E 34:A7 35:A8 36:9F  
 37:A6 38:AD 39:A8 3A:A8 3B:04 3C:FF



Time is --- Feb 26 10:51:34 1994

LUSAT-1\*>TLM:

00:5F 01:90 02:69 03:7A 04:64 05:9C 06:6B 07:96 08:6A 09:91 0A:A5  
0B:AC 0C:E8 0D:DB 0E:30 0F:34 10:DC 11:83 12:00 13:DF 14:AA 15:A9  
16:78 17:70 18:6D 19:72 1A:6B 1B:3F 1C:67 1D:65 1E:D3 1F:5F 20:BC  
LUSAT-1\*>TLM:  
21:9F 22:76 23:2D 24:1F 25:2D 26:27 27:01 28:54 29:00 2A:1D 2B:14  
2C:01 2D:88 2E:4E 2F:A2 30:A4 31:A2 32:01 33:6D 34:A6 35:A6 36:A0  
37:A8 38:AC 39:A9 3A:A9 3B:02 3C:FF

Nota de LU4AKC: tenga en cuenta que el LUSAT-1 a veces usa su transmisión por la baliza de CW que no poseen los otros PACSATS ...

--fin del boletin de EC2CLS -

-----  
EL PROYECTO DEL LUSAT-1 (texto de antes de lanzarlo en enero de 1990)  
HACE TIEMPO Y NO MUY LEJOS  
Difundido en packet por Juan, LU3AGJ - por AMSAT ARGENTINA

En 1989 AMSAT Argentina, asociada con AMSAT-NA pondra en orbita el LUSAT-1 junto a otros 3 satelites de la serie MICROSAT. Estos satelites son pequeños cubos de aproximadamente 230mm de lado que pesan menos de 10 kg, de alli el nombre de MICROSATS. La idea de poner en orbita un satellite con un Digipeater en orbita se remonta a 1981, cuando el primer TNC fue presentado en la primera "Networking Conference" de la ARRL.

Esa primera idea quedo en segundo plano por un tiempo, debido principalmente al trabajo en los Phase-3, hasta que en Noviembre de 1987, durante la reunion anual de AMSAT-NA, se volvio a discutir. Un mes despues, ya se habia refinado el proyecto inicial, y ya se tenia el proyecto mecanico completo.

Luego de esta breve historia de como nacio la idea, vamos a la parte tecnica. Para ello tenemos que reveer un poco la teoria de Packet Radio. Imaginemos el satellite operando con el transmisor en una banda y el receptor en otra, de manera que la comunicacion es "full duplex", con muchos usuarios, todos con equipos similares desparramados sobre el area de cobertura del satellite. Asumamos tambien que el trafico esta equilibrado, toda la informacion que "sube" iguala a la que "baja".

Debido a que los usuarios estan desparramados sobre el area de cobertura, ellos no pueden oirse unos a otros, todos transmitiran en forma aleatoria esperando que sus "paquetes" lleguen a destino. Puede demostrarse que esto producira colisiones en el link de subida lo que reducira la capacidad del canal de tal forma que solo el 18,8% de los paquetes llegara a destino. Por otra parte, el "downlink" que no soportara colisiones, podra soportar 5 veces mas trafico que el "uplink"

Como solucionamos esto? hay dos formas: primero, los usuarios podrian usar velocidades de transmision 5 veces mayores que las de recepcion, este tipo de solucion es la adoptada en el proyecto RUDAK del AO-13, en que el "Uplink" de 2400 bps esta balanceado con un "Downlink" a 400 bps. La segunda solucion, es la adoptada por el FO-12: tener multiples canales separados en el uplink. Para el LUSAT-1 se han adoptado ambas soluciones. Como en el FO-12, habra cuatro canales de "Uplink" para los usuarios, de todas formas, cada uno de ellos podra ser programado para soportar 1200, 2400, 4800 y posiblemente 9600 bits/seg. El transmisor del "Downlink" lo hara a 1200 b/seg pudiendo llegar a velocidades superiores en el futuro. Debido a la decision de usar tecnologia facilmente conseguible, los usuarios podran operar el satellite con el mismo tipo de equipo que se requiere para el FO-12, el "uplink" a 1200 bps Manchester 2, FSK en FM, y el "Downlink" a 1200 bits/segundos PSK Bifase en BLU

#### RECEPTOR

El satellite tendra canales de 15 kHz de ancho, con lo que a una velocidad de 1200 bps, y una desviacion en FM de 3 kHz, sumado el efecto Doppler, con los pasos tipicos de 5 kHz de una radio de FM cubriran justo los 15 kHz de ancho de banda. Cuando en el futuro se aumente a 4800 bps el uplink, los usuarios deberan ajustar su frecuencia de transmision en pasos menores que los 5 kHz que permiten estos equipos, ademas las radios mas comunes de FM no podran manejar los 4800 bps sin alguna modificacion.

El corazon del receptor es el chip Motorola MC3362, receptor de FM en un chip en pareja con los filtros NDK de 15 kHz de ancho de banda centrados en 10.7 Mhz. La primera FI esta en el rango 40-50 MHz, y la segunda es de 1.8 MHz. Cada MC3362 alimenta a un par de filtros apareados Butterworth de 2 polos, los que estan optimizados para velocidades de 1200 y 4800 bits/seg. Una llave analogica CD4066 selecciona la salida de los filtros. El filtro adecuado es elegido por la CPU.

Toda esta parte del receptor cubre un area de 38 x 75 mm en la plaqueta del receptor y consume 4 mA a 5V. este circuito esta repetido 5 veces para proveer los 4 canales de usuario y el canal de control. Delante de este banco de 5 FIs hay un Preamplificador a GaAsFET con una figura de ruido menor a 1dB, un filtro helicoidal de 3 etapas y un mezclador con MOSFET de doble compuerta. La salida del mezclador va a 5

seguidores por emisor para aislar las 5 FIs.

#### FUENTE DE PODER

El modulo regulador de carga contiene el pack de Niquel-Cadmio, el cargador que acondiciona la energia recibida de los paneles solares y los reguladores de +5 y +10V que proveen energia a los distintos modulos. Los paneles solares utilizan celulas de silicio de alta eficiencia con reflectores en la superficie posterior (BSR). Esta tecnologia es nueva, y permite una mayor eficiencia. Si un foton no produjo electricidad al atravesar el silicio al entrar, el reflector le dara una segunda chance para lograrlo. Los paneles solares son producidos bajo contrato por Solarex.

Debido a que el precio de baterias NiCd calificadas para el espacio es prohibitivo, se decidio a emplear la solucion ya adoptada para el UO-11, esto es utilizar baterias comerciales de buena calidad las que son sometidas previamente a pruebas de calificacion, con ciclos extensos de carga y descarga a temperaturas similares a las que soportara en el espacio, revisandolas con rayos X para detectar problemas internos y luego de esto seleccionando solo las mejores celdas. La potencia disponible de los paneles solares es de 14 watts maximo, lo que al final de una orbita da un promedio de 7 a 10 watts disponibles.

#### CPU

La CPU, que es el corazon del satellite, esta basada en un procesador NEC CMOS V-40 (similar al 80188). La computadora incluye ademas 256 Kb de memoria EDAC (Error Detection And Correction) para el almacenamiento del software critico, 2 Mb de RAM organizada como 4 bancos de 512 Kb con doble acceso, 8 Mb de RAM organizada como acceso serie (pseudo-disco), 6 ports serie I/O para protocolos multiples, 6 canales de decodificacion Manchester para la recepcion, 1 port serie I/O para la telemetria, control de los distintos modulos, experimentos y sistemas, un conversor analogico/digital de 8 bits para medicion de senales, tensiones de referencia para los sistemas de telemetria, 8 ports I/O para soporte de experimentos externos, un "Perro Guardian" que reseteara automaticamente la CPU en caso de fallas, y control de reset desde tierra para el caso en que todo lo anterior falle.

#### TRANSMISOR

El transmisor se encuentra en las fases finales de diseno, o sea que algunos parametros pueden cambiar. Tendra modulacion BPSK, y la potencia podra variarse con un comando desde tierra. Los planes actuales proveen dos niveles de potencia: 1.5 y 4 watts. El transmisor comienza en un oscilador en 109 MHz, y es seguido por 2 dobladores hasta 437 MHz. El diseno de los amplificadores se basa en la utilizacion de transistores Motorola MRF750 para el driver y MRF752 en la etapa de salida. la tension de colector en el driver se seleccionara entre los +5V y +10 V por comandos desde el bus para el cambio de potencia.

#### INTERCONEXION

Todos estos modulos que formaran el satellite, estaran interconectados por un Bus de 25 conductores con conectores DB25 standard. Este bus estara hecho en circuito impreso flexible. De los 25 cables, un 40% son para distribucion de energia, otro 40% para transporte de datos de Packet del receptor a la CPU y de la CPU al Transmisor, y los ultimos 5 cables son usados por la CPU para controlar los distintos modulos y para telemetria.

Para poder comprimir todos los comandos y telemetria en estos ultimos 5 cables, se ha creado una pequena (180mm) LAN (Local Area Network), con la CPU actuando como Nodo Principal de la red, y cada modulo como nodo esclavo. La comunicacion de la CPU con los modulos consiste en paquetes de 2 bytes. El primer byte (con el bit mas significativo MSB=1) direcciona hasta 128 esclavos, y el segundo byte (MSB=0) es un campo de 7 bits de datos a ser pasados al modulo (RXD). Al recibir una direccion valida, el modulo automaticamente retorna 2 bytes de 8 bits de datos (TXD) por otro cable. Todos estos datos son enviados con protocolos asincronicos normales.

En el lado de la CPU, estos datos asincronicos son generados y recibidos por un UART incluido dentro del procesador V-40, mientras que en cada modulo se utiliza un integrado inteligente: el Motorola MC14469F Addressable Asynchronous Receiver/Transmitter (AART). Todo este circuito de interconexion incluyendo el Bus de interfase, esta incluido en una plaqueta de 200 x 38 mm la que esta fijada a uno de los paneles laterales del satellite.

#### ACTUALIDAD DEL LUSAT-1

LUSAT-1, el Primer Satellite Argentino, puesto en orbita ya hace años, el 22-01-90 por un cohete Ariane de la Agencia Espacial Europea, esta respondiendo en forma excelente a los comandos desde Tierra, de acuerdo a los informes de telemetria que diariamente emite a las estaciones de Control.

Los parametros de temperatura, potencia, bateria, etc son inmejorables. LUSAT-1, un satellite con forma de cubo de 23 cm de lado y 7 kg de peso lleva bordo una Personal Computer (PC) que funciona como correo electronico y una baliza de telegrafia (CW) que transmite en la frecuencia de 437.125 Mhz. Orbita la tierra cada 100 minutos y por Argentina lo hace 4 veces por dia.

Amsat Argentina, entidad sin fines de lucro, propietarios del mismo,

celebra este nuevo aniversario saludando a todos aquellos que han participado en la concreción de este evento que sigue y sigue orbitando la tierra y cumpliendo con la tarea asignada a la perfección.

AMSAT ARGENTINA

--fin del boletín de LU3AGJ--

-----  
COMUNICANDO CON LOS PACSAT  
por Manfred, XQ2FOD

Después de algunos meses de operación satelital, y a pedido de varios colegas, quiero enviarles este boletín resumiendo algunas informaciones, datos y experiencias al respecto.

Me referiré solamente a los satélites usados en packet con posibilidad de operación automática.  
Hay dos tipos distintos, que requieren también instalaciones de radio diferentes: Son los que operan PSK, y los de FSK.

Los de PSK requieren lo siguiente en tierra:

- Transmisor de 2 metros FM común y corriente;
- Receptor de 70 cm de SSB, capaz de sintonizar en pasos de 100 Hz o menores.
- TNC compatible con TAPR (PacComm, MFJ, AEA, entre otros)
- MODEM PSK
- Computador PC-compatible con disco duro, 286 o mejor.
- Programas PG/PB.
- Preamplificador de bajo ruido para 70 cm.
- Antenas omnidireccionales para ambas bandas.

Con estos equipos se logran enlaces aceptables, pero para tener operación "a toda prueba", es necesario contar con antenas direccionales, rotor de azimuth-elevación, y un sistema de seguimiento automático.

La subida se realiza con modulación FSK-Manchester, y la bajada en PSK. Ambos enlaces son a 1200 Baud. Normalmente la corrección para el desplazamiento Doppler se efectúa conectando el modem de PSK a las líneas UP/DOWN del receptor, pero también puede hacerse con el PC, a través de la interfase de control de la radio, en caso que la tenga.

Los satélites que operan en este modo son:

- PACSAT (AO-16)
- LUSAT (LO-19)
- ITAMSAT (IO-26)

-----

Los satélites de FSK requieren los siguientes equipos:

- Transmisor de 2 metros FM, con modulación directa de FM en el oscilador.
- Receptor de 70 cm FM, capaz de sintonizar en pasos de 1 KHz o menores, con ancho de banda de 15 KHz o mayor.
- TNC compatible con TAPR.
- MODEM FSK
- Computador PC compatible rápido, 386 sx 25 o mejor.
- Programas PG/PB
- Preamplificador y antenas igual que para los de PSK.

Tanto la subida como la bajada se hace en FSK directo, con unos 3 KHz de desplazamiento, con velocidad de desplazamiento controlada, a 9600 Baud. Esto da un ancho de banda de 15 KHz. El modem de FSK no tiene salida para corrección de frecuencia, por lo que hay que hacer la compensación Doppler por control computarizado, o bien fabricando un pequeño circuito de control automático de frecuencia, que se instala dentro de la radio.

En el modo FSK es necesario conectar el modem directamente al modulador de FM, y al discriminador. Es decir, no sirven la entrada de micrófono ni la salida de parlante.

En FSK operan los siguientes satélites:

- UOSAT 5 (UO-22)
- KITSAT A (KO-23)
- KITSAT B (KO-25)
- POSAT (PO-28)

Lo ideal es equiparse para ambos modos, pero si alguien quiere hacerlo para uno solo, le sugiero que sea FSK. Los equipos requeridos son más baratos (sobre todo el modem), la operación es más fácil, también es más fácil automatizarla, y la velocidad de comunicación es 8 veces mayor.

En teoría el PSK debiera ser más robusto, es decir, debiera ser más fácil comunicar con satélites PSK cuando la antena no es la mejor. Pero en la práctica, por lo menos en mi estación, obtengo mucho mejores resultados con los satélites FSK. Me interesaría que aquellos que tengan experiencia con satélites me cuenten si a ellos les pasa lo mismo, o si hay algo anormal en mi estación.

Ahora les contaré en qué consisten los programas PG y PB:  
A diferencia del packet terrestre, donde toda la comunicación se

hace una vez que las dos estaciones se hayan conectado, en los satélites se usa un sistema distinto: Si yo quiero saber lo que hay en el satélite, mando un paquete UI pidiendo el directorio. Entonces el satélite transmite su directorio, también en paquetes UI, es decir, fuera de conexión. Yo recibo lo que puedo, y luego le transmito otro paquete UI al satélite con la lista de hoyos que quedan en mi directorio. Entonces el satélite transmite sólo lo que falta para completar esos hoyos. El directorio queda grabado en mi disco duro. Si en una órbita no se completa, no importa; en la próxima pasada se sigue, sin perder ni un byte. Exactamente igual funciona la bajada de mensajes.

Entonces, al sacar cosas del satélite, uno nunca se conecta a él. Simplemente manda balizas con las peticiones, y el satélite pone las respuestas en balizas que pueden ser recibidas por todos. La ventaja de este sistema es que si una estación pide un mensaje, TODAS las estaciones que están en el área de cobertura del satélite reciben ese mensaje, sin necesidad de que el satélite lo transmita por separado a cada estación. Eso significa un tremendo ahorro de tiempo.

El PB es el programa que se encarga de realizar este tipo de comunicación sin conexión. Para ello pone el TNC en modo KISS.

Para subir mensajes al satélite, se emplea el PG. Este programa SI se conecta al satélite. Se emplea un sistema que evita grandes problemas cuando el satélite se sale del alcance de la estación que está subiendo un mensaje. Simplemente se continúa la operación en la órbita siguiente.

El PB y PG se complementa con unos pequeños utilitarios que preparan los archivos antes de subirlos, y los procesan después de bajarlos (PFH, PFHADD, etc).

#### Mensajes:

Qué tipo de mensajes hay en los satélites? Mi experiencia en este momento se limita básicamente al KO-23. Hay abundancia de mensajes personales, muchos de ellos de interés general, otros no tanto. También aparecen muy a menudo las últimas versiones de todo tipo de programas relacionados con la radioafición. Por ejemplo, yo bajé de ese satélite la versión 5.15b del FBB, sólo dos días después del lanzamiento oficial en Europa. Cabe hacer notar que no hay problema en bajar archivos de 500 KB, como ese del FBB. En dos o tres órbitas pasan, incluso usando antenas marginales como las mías. Con antenas direccionales, probablemente habría pasado en una sola órbita (Nota: Esto es para FSK; en PSK la cosa es mucho más lenta). En otros satélites hay más tráfico automático entre BBS's. En estos momentos se está proponiendo un esquema de dividir los satélites que hay entre los distintos tipos de usuarios (personas, BBS, SatGates, etc). Casi todos los mensajes están comprimidos. El compresor más usado es el PKZIP 2.04G, pero también se usa el LZH, ARC, y otros.

Para terminar, una descripción de mi estación. No es la única ni la mejor manera de implementar una, pero funciona:

- La antena es una "doble J". Son dos antenas J, de 2 metros y 70 cm, que comparten el mismo conductor principal.
- Preamplificadores: Advanced Receiver Research de 0,55 dB de cifra de ruido, para 2 metros y 70 cm. El de 2 metros casi nunca lo ocupo, mientras el de 70 cm es FUNDAMENTAL.
- La radio es una YAESU FT-736, equipada para 6 metros, 2 metros, 70 cm y 23 cm. Es más bien cara, pero permite hacer todo lo relacionado con satélites, también en fonía. Le puse un circuito AFC interno para FSK, y le instalé los arranques necesarios al modulador y discriminador.
- TNC: Para PSK, un PacComm PSK1-T.  
Para FSK, un PacComm Tiny-2 con modem NB-96.
- PC: 386DX40 con 8MB RAM y 212MB en disco duro, con 8 puertas seriales. En este PC corro un sistema multitarea que me permite ofrecer servicio de BBS terrestre en HF y VHF, 24 horas al día, igualmente el sistema satelital, y al mismo tiempo usar otros programas imprescindibles en la vida diaria, como el simulador de vuelo, Spacequest, etc...
- El FT-736, como también el TS450 que uso en HF, están conectados al computador a través de sendos ADAPTADORES RS232-TTL. Estos los construí dentro de los enchufes RS232 (de 9 patas), y se alimentan desde la puerta serial. Para manejar las radios, uso unos pequeños microprogramas escritos en assembler.
- El PB lo llamo desde un BAT que luego de la pasada del satélite procesa lo que bajó, limpia los restos incompletos, y vuelve a llamar al PB.

Lo que falta:

1) Un programa que planifique el acceso automático a VARIOS satélites. Lo estoy haciendo.

2) Antenas direccionales, con rotor az-el y control:  
El rotor está encargado a USA, las antenas se pueden construir rápidamente, el programa de control aún no lo empiezo.

3) Organizar el traspaso de archivos del BBS terrestre a los satélites. Eso es a futuro.

Espero que este boletín haya servido para clarificar un poco cómo funciona el packet satelital. Por supuesto estoy llano a responder cualquier consulta (siempre que PUEDA responderla), y también estoy abierto a todo tipo de sugerencias de colegas que puedan aconsejarme, sobre todo en los puntos antenas, control de posición, y control automático multisatelital.

Saludos, Manfred.

XQ2FOD @ KO-23  
XQ2FOD @ XQ2FOD.SER.CHL.SA

-- fin del boletin de XQ2FOD --+

#### APRENDER, SIEMPRE APRENDER

Si al leer estas notas descubre un interés en el tema, puede pedir más datos a quien le acercó las mismas, sobre todo si es en una escuela técnica. Otra fuente de consulta son los libros SATELITES y SATELITES2 de Carlos Huertas. Se hallan en librerías técnicas o en Editorial HASA, Rincon 686, 1227. Buenos Aires ARGENTINA. Tal vez alguna biblioteca de escuela técnica los tenga para consulta. SATELITES trata sobre satélites, su posición orbital, lanzamientos y comunicación. SATELITES2 sobre los meteorológicos, programas de rastreo, sistema packet y de los últimos lanzamientos. Hallará hasta el modo PSK de dos fases, con esquemas. En Buenos Aires se pueden consultar en la biblioteca del Radio Club Argentino, Carlos Calvo 1424. Por falta de personal de biblioteca no atienden permanentemente así que mejor es averiguar por teléfonos 304-0555 ó 305-0505 (14 a 20hs).

En el mismo lugar se reunían socios y dirigentes de AMSAT ARGENTINA en días martes o jueves (averigüe por teléfono). Solían vender a bajo precio información impresa sobre los satélites, construcción, etc. A veces dan conferencias. Recibían correspondencia en: AMSAT, Casilla Correo 187. Sucursal 1, 1401. Buenos Aires, ARGENTINA.

Una excelente guía para quien se inicie en las comunicaciones con los satélites de Packet (o Pacsats) es la GUIA BASICA PARA EL USO DE PACSATS, por N4IFD Mike Crisler, editada por AMSAT-NA.. Aquí fué traducida por John Coppens ON6JC/LU y distribuida en idioma castellano en versión de 1991, por la red de Packet.

En ARGENTINA se difundía la revista/boletín LUSATelital, con trabajos y notas sobre satélites de radioaficionados. Se publicó desde mediados de 1993. Desgraciadamente su editor Mario I. Rivera, LU3BDH, ha comunicado que dejaría de publicarse luego del número 8 por falta de apoyo económico. Para informarse escriba a: Mario I. Rivera - Cortina 2665 - 1408. Buenos Aires - ARGENTINA.

La revista comercial NUEVA ELECTRONICA que se edita en España, se ha ocupado en varios artículos de la construcción de equipos para recibir satélites meteorológicos. Los primeros se ocupaban de recibir en un televisor hogareño y eran complejos, los más recientes son para decodificarlos y verlos por programación de computadoras tipo IBM o similar. Vea los números: 4-5-6-8-19-75-92-99-100-112-116, etc. Tenga en cuenta que yo no tengo la colección completa y puede haber otros números más interesantes sobre satélites Meteosat y sobre los polares..

Entre los libros de publicación en idioma inglés se recomienda el SATELLITE EXPERIMENTER'S HANDBOOK distribuido por AMSAT-NA.

!! Y no olvide que en los PACKET-BBS tendrá noticias al día sobre satélites !!

#### INFORMACION DEL RADIOCLUB MORON

Moron, 19 de febrero de 1994

Amigos radioaficionados:

El 13 de febrero proximo pasado, sera un dia recordado por los socios del RADIO CLUB MORON, pues luego de aunarse voluntades y esfuerzos, sufrido ansiedades y los molestos mosquitos del verano, conjuntamente con la constancia casi diaria de un grupo de gente radioaficionada, pudieron anotarse en el libro de guardia del R.C.M., los primeros contactos VIA SATELLITE desde la soñada "Sala de Satelite" que se acaba de inaugurar. El primer contacto fue a traves del transpondedor del satellite Oscar 13 realizado por LU5EDP Guillermo Bogo con la estacion I6TCR de Ortona Italia, le siguieron a continuacion:

|        |              |        |        |              |
|--------|--------------|--------|--------|--------------|
| LW6DAZ | contacto con | XE1KK  | Mejico | Capital      |
| LU7DIB | "            | XE1KK  | "      | "            |
| LW6DAZ | "            | W2GFF  | USA    | Alabama      |
| LW6DAZ | "            | KA3DPQ | USA    | Honolulu     |
| LW6DAZ | "            | K5ADQ  | USA    | Nueva Mexico |
| LW7EWY | "            | W2GFF  | USA    | Alabama      |
| LW9EOD | "            | XE1ZOG | Mejico | sur          |

Este ultimo colega, de visita por el R.C, colaboro tambien activamente en la puesta en marcha de la estacion.

Realmente fueron momentos excitantes que todos disfrutamos, sumado al placer de ver aquel sueño hecho realidad. Queremos agradecer a todos los que de una manera u otra lo hicieron posible.

La Sala PERMANENTE para contactos VIA SATELITE esta compuesta por :

Un transceptor ICOM de VHF  
Un transceptor ICOM de UHF  
Un rotor azimutal  
Un rotor de elevacion  
Dos antenas Yagui para VHF con polarizacion circular  
Dos antenas Yagui para UHF con polarizacion circular  
Un preamplificador de VHF  
Una cavidad resonante en VHF  
Una computadora compatible IBM

Desde ya, todo aquel radioaficionado, (socio o no socio) que se interese por el tema y desee comunicar, consultar, dar sugerencias, nuevas ideas, informar sobre lo ultimo, o simplemente hechar un vistazo, las puertas del RADIO CLUB MORON estaran abiertas.

Tambien les decimos que hay muchos proyectos y sueños en mente.  
Si usted quiere participar y/o colaborar en algun proyecto. desde luego que sera bien recibido por todos.

Los horarios son :  
Martes - Viernes - Sábado    después de las 18:00 hs

Castelli 1550 Moron  
Casilla de Correo 13    1708.MORON ( Bs. As.)

C.D. R.C. MORON

\*\*\*\*\*

Aprenda a relacionarse con otros radioaficionados. Vaya al Radioclub, consulte las revistas sobre el tema, pregunte via packet, etc... La mayoría de nosotros averigua casi todo a pura vocación. Ustedes tienen esta ayuda inicial. No desaprovechen el esfuerzo ajeno pero no esperen todo de los demás.....

!!! BUENA SUERTE Y BUEN TRABAJO SATELITAL !!! - Antonio, LU4AKC - Julio de 1995

-----  
73 de Antonio Bernardon, LU4AKC  
-----