



Universidad Nacional
Autónoma de México



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

EL RADIO DIGITAL DE MICROONDAS

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
Francisco Antonio Reyna Ramírez

ASESOR: ING. ALFONSO CONTRERAS MARQUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones.

" El radio digital de microondas "

que presenta el pasante: Francisco Antonio Reyna Ramírez
con número de cuenta: 7532254-8 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 14 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Primero</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Márquez</u>	<u>Alfonso Contreras Márquez</u>
<u>Segundo</u>	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>Juan González Vega</u>
<u>Cuarto</u>	<u>Ing. Joel Sánchez Pérez</u>	<u>Joel Sánchez Pérez</u>

DEP/VBOSEM

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a el Ingeniero Alfonso Contreras Márquez por el apoyo en la elaboración y revisión de esta tesina.

A mi hermano, el Ing. Jorge Reyna Ramírez por facilitarme los medios necesarios para desarrollar y conformar la presentación de este trabajo.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por la formación profesional y los conocimientos adquiridos.

A Dios por guiar mi camino.

Dedicado con amor a:

Marysol y Dolores

Antonio y Angela

PROLOGO

El objeto de este trabajo es presentar un resumen de los conceptos generales que son necesarios para el conocimiento de el radio digital de microondas, de manera que el funcionamiento a nivel modular nos sea fácilmente reconocible.

Esta presentación de el radio digital de microondas, y de las variantes que son utilizadas para establecer un enlace vía microondas se exponen en los dos primeros capítulos, enseguida en los demás capítulos se trata de explicar de una manera más detallada, las principales etapas que están involucradas en el procesamiento de la señal, ya sea visto desde el lado de la transmisión ó de el lado de la recepción. Los procesos que se enfatizan más son la generación de señal, la amplificación de la misma y la conversión de frecuencia, esto tomando en cuenta que son las etapas mas comunes y que su operación es similar a el radio de microondas analógico.

En la actualidad la comunicación por radio juega un papel importante en la vida diaria, y de manera somera es preciso el tener la idea global de la operación de este tipo de sistemas.

Espero que este trabajo sirva como referencia auxiliar en el manejo de el tema, y aporte una introducción atractiva para la posterior profundización de los conocimientos en el área de microondas.

Francisco Antonio Reyna Ramírez

**EL RADIO DIGITAL
DE MICROONDAS**

CONTENIDO.

Capítulo I. INTRODUCCION	2
1.1 Evolución de el radio de microondas.	5
1.2 Ganancia de el sistema y Tasa residual de bit error	6
1.3 Deterioro de la transmisión.	9
Capítulo II. CONFIGURACIONES TIPICAS DE EL RADIO	11
11.1 Transmisor.	11
11.2 Receptor.	13
11.3 Repetidor.	16
Capítulo III. CONFORMACION BASICA DE EL RADIO DE MICROONDAS	19
111.1 Generación de Microondas.	19
111.2 Configuraciones de el Oscilador.	20
111.3 Estabilización de la frecuencia.	22
Capítulo IV. AMPLIFICACION DE MICROONDAS.	25
IV.1 Preamplificadores de Recepción.	26
IV.2 Amplificadores de Potencia.	28
IV.3 Tecnología de los Amplificadores de Microondas.	34
IV.4 Linearización de la Amplificación.	39
IV.5 Amplificación de IF y AGC.	41
Capítulo V. GANANCIA Y DISTRIBUCION DE FILTRAJE.	42
V.1 Tecnología de Filtraje.	47
V.2 Ecuación estática.	48
Capítulo VI. UP CONVERTERS Y DOWN CONVERTERS.	49
VI.1 Downconverters.	49
VI.2 Upconverters.	53
Glosario.	54
Bibliografía	59

Capítulo I.

INTRODUCCION.

Los sistemas de radio de microondas son parte integral de el mundo de las telecomunicaciones. Estos sistemas proveen cerca de la mitad de la capacidad de comunicación troncal nacional e internacional de redes públicas y privadas, llevando voz, datos y señales de televisión por canales de radio. El rango de aplicaciones de la tecnología digital a las redes de comunicaciones, las vemos que son utilizadas tanto en Compañías Petroleras como en Compañías Eléctricas, en control Aeronáutico, en operaciones financieras y en la Televisión.

La evolución de las redes digitales, y la demanda de la transmisión de cientos de Mbits/seg, ha creado avances entre los medios de Comunicación como son el uso de la fibra óptica, el uso de el Satélite, y el uso de sistemas de radio digitales.

Haciendo un poco de historia, la transmisión por el radio analógico para enlazar dos puntos, fue introducido en la mitad de 1930 por el uso de la Alta Frecuencia (HF) en las comunicaciones y después por la introducción a la muy Alta Frecuencia (VHF). El primer sistema de esta clase usaba modulación de Amplitud (AM) en la portadora de radio, para transmitir hasta doce canales de voz multiplexados por división de frecuencia.

Subsecuentemente las aplicaciones militares de los, sistemas de radio analógicos durante la Segunda Guerra Mundial

extendió la operación de las bandas de frecuencia hacia arriba en la región de la Ultra Alta Frecuencia (UHF) y es introducida la Modulación de Frecuencia (FM) y variantes de la Modulación de pulsos, tal como la Modulación por posición de pulso (PPM). Comercialmente se desarrollaron los sistemas de alta capacidad análogos FDH-FM y su operación se extendió en el rango de las Microondas. Históricamente en 1951 el enlace de, New York a San Francisco operó con un equipo de radio de 40hz con un ancho de banda de 20 Mhz. La capacidad inicial de transmisión por el canal de radio frecuencia (RF), fue de 480 canales de voz, con el tiempo las capacidades de los sistemas FM análogos crecieron hasta los 1800 canales de voz.

La tecnología de radio de Microondas en los 70's permite la implantación competitiva en el costo, de los sistemas de transmisión de 6000 canales de voz en una RF de 30 Mhz.

La transmisión digital por cable usando PCM de señales de voz y multiplexación por división de tiempo (TDM), fue introducida en los años 60's, mas tarde en los años 70's comercialmente se utilizaban sistemas operados en el rango de 2 a 18 Ghz, con métodos de modulación simple (4PSK, BPSK, etc.) y transmitiendo tasas de datos de 400 Mbits/seg.

Alrededor de los 80's, se adopta ampliamente el método de Modulación por Cuadratura de Amplitud (QAM) en los sistemas de radios digitales. En la mitad de esta década, los métodos 16QAM y 64QAM fueron aplicados comercialmente en el rango de 90, a 200 Mbits/seg (16QAM) y 90, 135, 140 Mbits/seg (64QAM). Estas aplicaciones cubren el rango de frecuencias de 2 a 18 Ghz.

Más recientemente los resultados de las pruebas de campo han reportado, sistemas transmitiendo a 400 Mbits/seg con una modulación 256QAM en la banda de 5 Ghz, y su operación empieza en 1988. Este sistema usa 4 portadoras de radiofrecuencia espaciadas 20Mhz cada una llevando 100 Mbits/seg.

Como notamos históricamente los sistemas digitales, han estado desplazando a los sistemas analógicos, principalmente por el manejo de datos de un punto a otro.

En los sistemas de radio digitales la eficiencia es muy importante y la compensación efectiva de condiciones adversas en la propagación de las ondas electromagnéticas se han venido estandarizando y regulando .

El diseño y la operación de las redes de comunicación y equipamiento son basadas en diferentes criterios, los que son definidos bajo una variedad de nombres , tales como estándares , requerimientos, objetivos, y son agrupados en la NPO (NETWORK PERFORMANCE OBJECTIVES) recomendados por CCITT (INTERNACIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE CONSULTATIVE COMMITTEE), y por el CCIR (INTERNACIONAL RADIO CONSULTATIVE COMMITTEE).

La ITU (INTERNACIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION) y el CCIR (COMMITTEE CONSULTATIVE INTERNACIONAL OF RADIO) hacen las recomendaciones y regulan el uso eficiente de el espectro de frecuencias, y la efectiva presentación de el amplio rango de sistemas de radio en las Telecomunicaciones Internacionales . Las recomendaciones del CCIR son basadas en estudios continuos por expertos de laboratorios, manufactureros, y organizaciones de operadores.

1.1 EVOLUCION DE EL RADIO DE MICROONDAS.

Inicialmente la transmisión digital de banda ancha por el radio de microondas se inicia con la aplicación, de una señal de banda base digital a un desviador de Frecuencia Modulada (FM), y subsecuentemente demodulando después con un discriminador en la recepción, por un sistema de radio que fue diseñado para FDM ó FM video. En la misma trama de tiempo, algunas realizaciones de radio digital retornaron a las técnicas de FM análogas y empleaban moduladores de PSK (PHASE SHIFT KEYING) y demodulación coherente. En años mas recientes una semejanza a el radio de microondas analógico retorna, en los días de hoy los sistemas de radio digital de banda ancha la modulación es ejecutada en la IF (FRECUENCIA INTERMEDIA), amplificada y trasladada a RF (RADIO FRECUENCIA) en el transmisor. En el receptor también se amplifica la IF para tener una alta ganancia antes de la demodulación. Este arreglo corresponde directamente a el modulador de IF, en el cual el transmisor, el receptor y el demodulador, son comunes a el radio heterodino FM análogo.

En conclusión el avance de QAM en el radio digital de microondas fue apoyado, por técnicas utilizadas inicialmente para radios de microondas análogos (SSB-AM).

El transmisor y receptor de radio tienen dos intenciones básicas que son: la amplificación y la traslación de frecuencias. Las cuales deberán de efectuarse con la mínima generación de ruido, distorsiones ó interferencias.

1.2 GANANCIA DE EL SISTEMA Y TASA RESIDUAL DE BIT ERROR.

Idealmente, el equipo de radio deberá constituir un canal transparente entre el modulador y el demodulador. Prácticamente esto no sucede. En conjunción con el tipo específico de modulación y demodulación, la función de el equipo de radio puede ser expresada por la ganancia de el sistema (SG) y la tasa Residual de Bit Error (RBER). El SG puede ser pensado de dos diferentes perspectivas. De el primer punto de vista, en la figura 1, vemos que hay una cantidad grande de pérdidas no dispersivas por inserción entre el transmisor y el receptor con algún BER específico. Entonces el SG es un promedio expresado en Db, de la potencia de salida de el transmisor a la potencia de entrada de el receptor bajo esta condición.

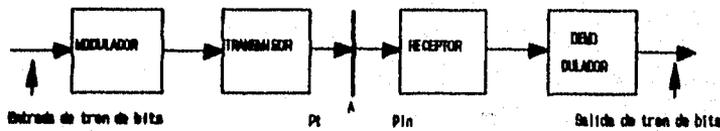


Figura.1

La otra perspectiva corresponde a la configuración de un repetidor, en el que la señal de entrada estará a un nivel causando un específico BER. La SG entonces será la ganancia de el repetidor bajo esta condición, figura 2.

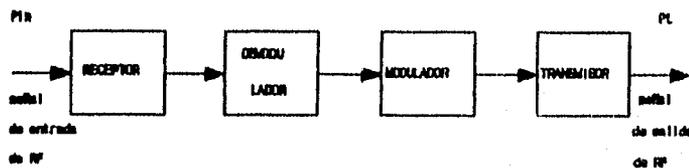


Figura.2

En términos de equipo de radio el SG esta caracterizado por la siguiente fórmula.

$$SG(BER) = \text{Nivel de salida de el transmisor} - \{S/H(BER) + [-174 + \text{Figura de ruido de el receptor} + 10 \log(\text{Baud Rate})]\}$$

Donde el nivel de salida de el transmisor expresado en Dbm , es la potencia medida a el filtro de canal de RF. El S/H (BER) es el promedio de potencia de la señal (medida antes de el

filtro Nyquist de recepción) a ruido (medido en el ancho de banda igual a el Baud Rate) de el pasabandas expresado en Db, incluyendo cualquier degradación incurrida por el radio, resultante en el valor de referencia de BER. Como sabemos el BER esta definido como la tasa de errores de bit que se producen en el paso de la información digital, a través de un sistema ó de un equipo y normalmente se tienen limites de BER estandarizados segun la aplicación.

La Figura de ruido de el receptor (expresado en Db) es el valor medido bajo condiciones de señal muy baja, a la entrada de el filtro de canal de RF, ó a la entrada de el amplificador común de RF, si es que hay uno. La parte de la fórmula entre corchetes ,representa el nivel de ruido a el umbral, en el ancho de banda igual a el Baud Rate.

De la fórmula notamos dos factores que contribuyen a el SQ y que dependen de los parámetros de el equipo de radio ; la potencia de transmisión y la figura de ruido del receptor, con los cuales podemos incrementar o decrementar el SQ.

El RBER es el resultado de errores de bit, que ocurren durante periodos de propagación normal. Estos errores son debido a efectos acumulativos de pequeñas imperfecciones en el modem (Modulador-Demodulador) de el equipo de radio, y los efectos de interferencias en la trayectoria de transmisión.

Un ejemplo específico de los factores los cuales afectan el RBER, son las pérdidas por retorno de IF entre el radio y el modem, además también podemos anexar las pérdidas por retorno de RF de los componentes de la antena.

1.3 DETERIORO DE LA TRANSMISION.

En radio digital como en radio analógico, hay tres clases en las que se subdivide el deterioro de la transmisión, las cuales son:

- i).- Ruido Térmico.
- ii).-Distorsión lineal y no lineal.
- iii).-Interferencias varias.

El ruido térmico es normalmente un factor insignificante excepto durante períodos de desvanecimiento. Generalmente la tasa de señal a ruido (S/N) es alta, esto es el ruido térmico no contribuye significativamente a los RBER (Tasa Residual de Bits Errados). Los sistemas con multiopción no regenerativa ó de control de potencia transmitida, pueden necesitar tomar en cuenta el ruido térmico en la asignación de deterioro para el control de el RBER.

La influencia de el ruido de el oscilador depende de las características espectrales de el ruido, el formato de modulación de señal, y las técnicas usadas en la demodulación. La mayoría de los osciladores tienen mucho más ruido en la fase que ruido en la amplitud, debido a la manera en que son construidos, por lo tanto el interés es usualmente centrado en las características de ruido en la fase. Con una demodulación coherente, el ruido dentro de ancho de banda de el demodulador por recuperación de portadora (típicamente de cientos de Khz) es rastreado por el PLL (PHASE LOCKED LOOP) y su influencia es reducida. Finalmente el ruido de el oscilador local a la

frecuencia de la señal, deberá ser controlado en el diseño de el oscilador ó por el filtraje para prevenir la degradación de la señal.

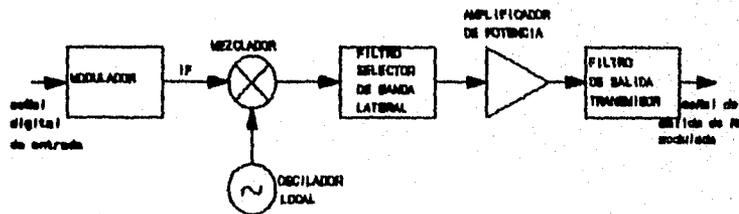
La sensibilidad de varios tipos de modulaciones digitales a las distorsiones lineales ó no lineales, pueden ser cualitativamente entendidas cuando son comparadas con las distorsiones correspondientes en los sistemas análogos de microondas. Estas distorsiones son referidas a el ruido de la intermodulación en sistemas de radio análogos, los correspondientes efectos son referidos a la interferencia intersimbólica en la transmisión digital. El efecto instantáneo de la no linealidad, es algunas veces terminada en distorsión de fase plana. El diseño de el filtraje en el radio digital de microondas, requiere el control de emisiones espurias de el transmisor y de el receptor.

Capítulo II.

CONFIGURACIONES TÍPICAS DE EL RADIO.

II.1 TRANSMISOR.

Las dos categorías de transmisores para la transmisión de ondas digitales son: el tipo directamente modulado, el cual modula la portadora de radio frecuencia con la señal de banda base (usualmente sin amplificación subsecuente). El tipo indirectamente heterodino, el cual acepta una señal de IF modulada como entrada, la traslada esta a RF, la amplifica y le da el nivel apropiado para la transmisión. Algunos ejemplos de estos dos tipos de transmisores se muestran en los esquemas a bloque de la siguiente figura 3.



TRANSMISOR HETERODINO

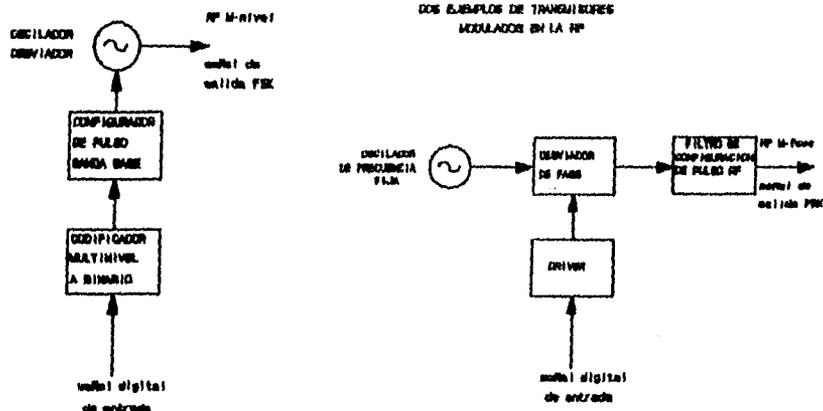


FIGURA 3

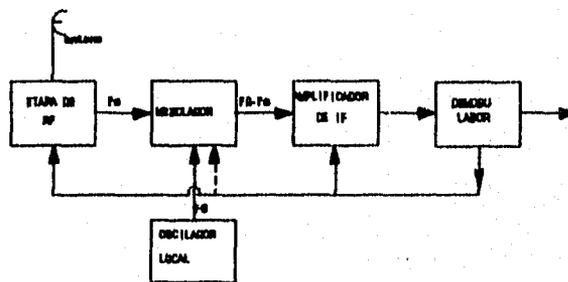
Los transmisores de modulación directa, normalmente usan ASK (AMPLITUD SHIFT KEYING) ó FSK (FRECUENCY SHIFT KEYING) en el oscilador de RF de microondas, ó PSK (PHASE SHIFT KEYING) a la salida de el oscilador de microondas, con un modulador externo a la fuente de RF.

Normalmente todos los tipos de modulaciones son generadas indirectamente en la IF y utilizadas con el transmisor de tipo heterodino, pero usualmente la aplicación de el modulador de IF es en los transmisores lineales para radios digitales de alta capacidad.

11.2 RECEPTOR.

Los principios en los que se basa el receptor heterodino se pueden apreciar en el siguiente diagrama a bloques que nos muestra la versión más práctica. En el receptor heterodino la señal de voltaje recibida es combinada con la señal de voltaje de el oscilador local y adicionalmente convertida en una señal fija de mas baja frecuencia, llamada Frecuencia Intermedia. La Frecuencia Intermedia contiene la misma modulación de la portadora original, siendo la IF ahora amplificada y detectada para reproducir la información original.

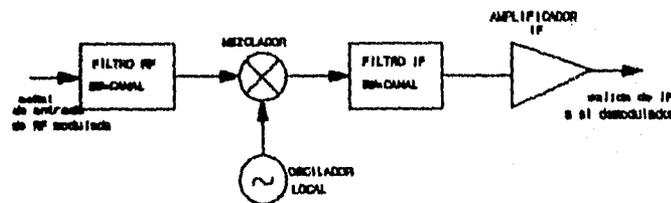
El amplificador de IF (FRECUENCIA INTERMEDIA) suministra la ganancia (y la sensibilidad), además de los requerimientos de el ancho de banda de el receptor. Las características de el amplificador de IF son independientes de la frecuencia a la cual el receptor este sintonizado. figura 4.



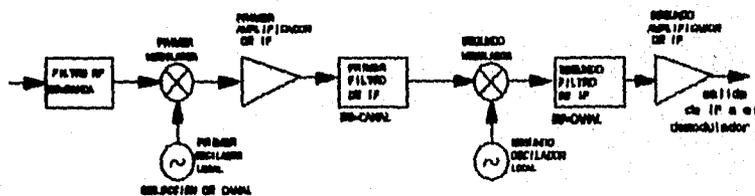
RECEPTOR HETERODINO BASICO

FIGURA 4

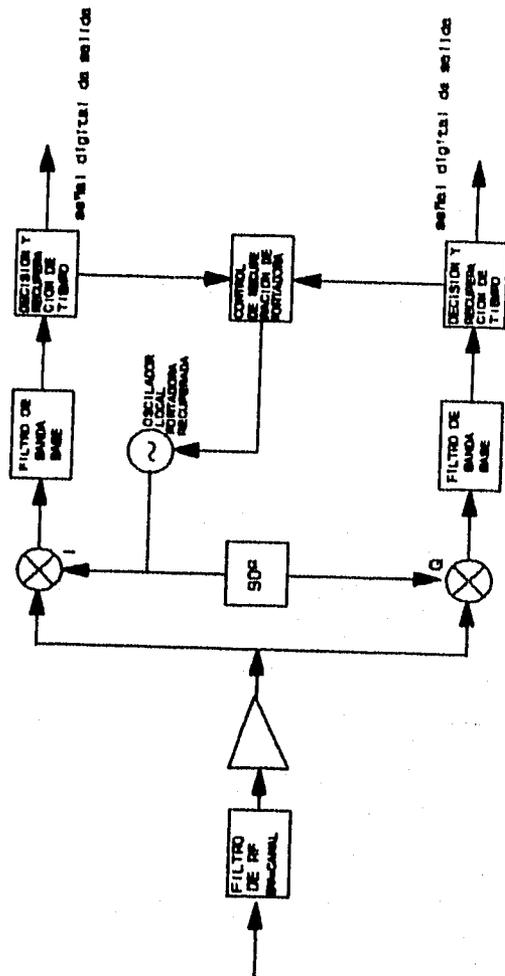
Los receptores digitales de microondas son también de el tipo de conversión heterodina. En los receptores en los cuales se requiere agilidad en la frecuencia, puede ser una ventaja el tener una segunda frecuencia intermedia IF. La demodulación directa de RF es factible, pero solamente se usa comercialmente en pocos casos. Los esquemas a bloque de esas tres alternativas de receptores son mostrados a continuación. figura 5.



CONVERSION SIMPLE HETERODINA



DOBLE CONVERSION HETERODINA



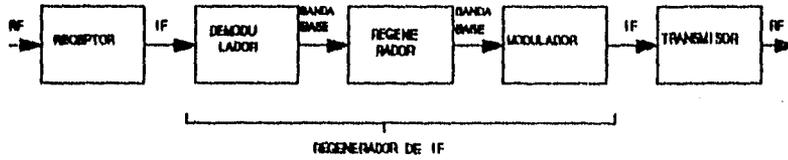
DEMODULACION DIRECTA DE RF

FIGURA 5. ALTERNATIVAS DE RECEPTORES

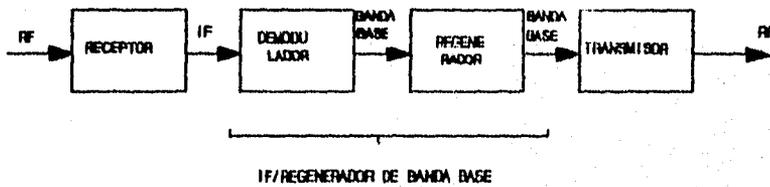
II.3 REPETIDOR.

Un repetidor de radio digital de microondas, consiste de el equipo que recibe una señal de RF modulada a una frecuencia especifica, la amplifica y usualmente la recorre conforme a un plan de canalización de RF a otra frecuencia para su retransmisión. En el proceso la señal será recorrida a una frecuencia mas baja que la frecuencia intermedia IF, en donde tenemos que la amplificación, la combinación de diversidad de espacio, y la ecualización en el dominio de la frecuencia pueden llevarse a cabo económicamente. Es posible entonces, demodularla, regenerarla y remodularla para la RF ó la IF, con el subsecuente corrimiento de frecuencia a la salida de el repetidor. Las configuraciones posibles de el repetidor son las siguientes:

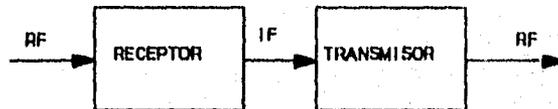
- a). Receptor y transmisor heterodinos con interfases de IF a el demodulador y modulador respectivamente. Figura 6a.
 - b). Receptor heterodino con interfase de IF a el demodulador - regenerador, el cual turna las interfases con el transmisor directamente modulado en banda base. Figura 6b
 - c). Repetidor heterodino no regenerativo (el receptor y el transmisor heterodinos), interconectados con el IF con no intervención de el equipo demodulador-regenerador-modulador. Figura 6c.
 - d). Repetidor de RF no regenerativo sin corrimiento de frecuencia. Figura 6d.
- A continuación se dan los diagramas a bloque. figura 6.



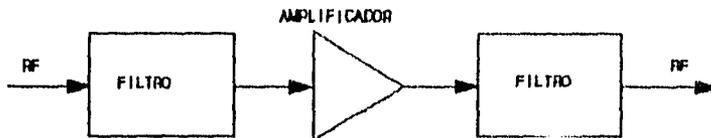
a). RECEPTOR Y TRANSMISOR HETERODINO CON REGENERADOR DE IF.



b). RECEPTOR HETERODINO, IF/REGENERADOR DE BANDA BASE Y TRANSMISOR DIRECTAMENTE MODULADO



c). REPETIDOR HETERODINO NO REGENERATIVO



d). TODA LA RF NO SE REGENERA, REPETIDOR
SIN CORRIMIENTO DE FRECUENCIA

FIGURA 6 . TIPOS DE REPETIDORES

El primer tipo es el mas comúnmente usado en sistemas de media y alta capacidad. Ver figura 6a.

El segundo es frecuentemente usado en sistemas de pequeña capacidad y en sistemas operando a frecuencias de microondas muy altas. Ver figura 6b.

El tercer tipo casi no es usado. Ver figura 6c.

El cuarto tipo de repetidor directamente no regenerativo de RF, es esencialmente un amplificador de RF de banda limitada, para cada dirección de transmisión, el cual es usado en un sinnúmero de aplicaciones incluyendo 64QAM. Ver figura 6d.

Capítulo III.

CONFORMACION BASICA DE EL RADIO DE MICROONDAS.

III.1 GENERACION DE MICROONDAS.

La energía de microondas es generada en el radio digital por el oscilador local, que provee la frecuencia de traslación que los mezcladores usan, así como los Upconverters y los Downconverters, adicionalmente también se utiliza como fuente para los moduladores de RF. De manera ideal la generación de energía de microondas deberá ser una señal senoidal muy perfecta en el tiempo, y no deberá tener tonos extraños o continuos, así como componentes de ruido en el espectro. El esquema a continuación contrasta el espectro perfecto o imperfecto de los osciladores, figura 7.

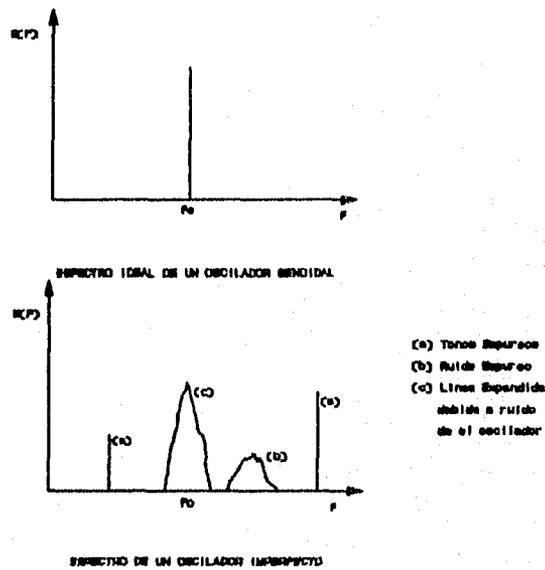
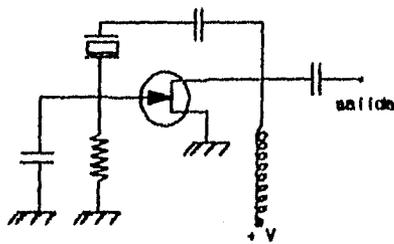


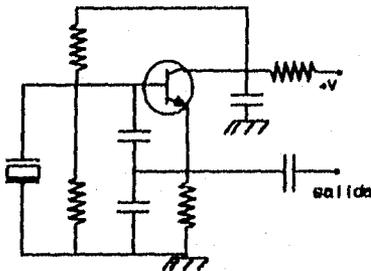
FIGURA 7

III.2 CONFIGURACIONES DE EL OSCILADOR.

Los generadores de microondas se pueden basar en la forma estructural de los osciladores fundamentales, que operan cerca de la frecuencia de trabajo de el equipo de radio, ó también se basan en los osciladores de baja frecuencia que con auxilio de subsecuentes multiplicaciones de frecuencia, llegan exactamente a la frecuencia de microondas operante de el equipo de radio . Los siguientes esquemas son ejemplos de osciladores básicos de baja frecuencia. figura 8.



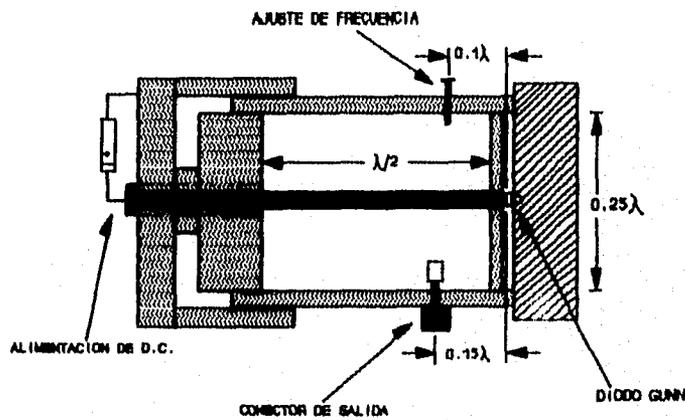
OSCILADOR PIERCE DE
BAJA FRECUENCIA



OSCILADOR COLPITTS DE
BAJA FRECUENCIA

FIGURA 8.

Un oscilador de alta frecuencia está comprendido, dentro de los elementos activos y pasivos de una red, la cual provee la retroalimentación y la carga compleja propia a el elemento activo para empezar a oscilar. El elemento activo puede ser un diodo (ejem. diodo Gunn), un transistor bipolar o un transistor de efecto de campo (Fet). Las propiedades de la carga compleja son vistas por el elemento activo, determinando muchas de las propiedades de el oscilador de carrera libre (free running). La carga compleja está hecha de dos partes, una parte reactiva o cavidad resonante (resonador), y la parte resistiva la cual está compuesta de las mismas pérdidas de el resonador y de la carga resistiva de el puerto de salida de el oscilador físicamente. En la figura 9 se muestra un oscilador típico de alta frecuencia llamado oscilador Gunn de cavidad.



SECCION TRANSVERSAL DE UN OSCILADOR GUNN DE CAVIDAD

FIGURA 9

III.3 ESTABILIZACION DE LA FRECUENCIA.

La estabilidad de la frecuencia en término amplio, es una consideración significativa en el diseño y manufactura de osciladores. Dos contribuciones a el desempeño de el oscilador de frecuencia deberán ser tomados en cuenta la construcción de el mecanismo y la contaminación de el circuito . Otras grandes influencias en la estabilidad de la frecuencia de el oscilador incluyen, la temperatura ambiental, efectos de la humedad atmosférica, la carga (existe influencia de la carga de el oscilador en la frecuencia) , y el voltaje suministrado (influencia de el voltaje de polarización de el elemento activo en la frecuencia de el oscilador). El medio ambiente y los demás efectos, son incluidos en la suma de los parámetros de los osciladores de transmisión y recepción de microondas, los cuales deberán estar dentro de el rango de adquisición de el circuito de recuperación de portadora.

Los osciladores de microondas dependen de la estabilidad de la frecuencia y de los efectos que causa el medio ambiente, pudiendo producir excursiones de frecuencia en exceso ,tal que el demodulador no pueda ajustar.

En el rango de frecuencia arriba de 150 Mhz, los elementos resonadores de cristal de cuarzo son la base para una muy alta estabilidad. Un resonador SAW será usado en la trayectoria de retroalimentación de el amplificador, para formar un oscilador de bajo ruido para frecuencias cercanas a los 2 Ghz.

A las frecuencias superiores a 2 Ghz y sobre los 20 Ghz ,

los resonadores dieléctricos tienen ambas cualidades: una alta Q (factor de calidad) no cargada y una excelente estabilidad en la frecuencia. Esas propiedades de el resonador se traducen en un bajo ruido en el oscilador y una muy alta estabilidad en la frecuencia. Los efectos ambientales pueden ser contrarrestados por compensación de temperatura ó por el control de la misma.

Un oscilador se compensa en temperatura por acoplamiento a un elemento térmico sensible, el cual se opone a la variación de la frecuencia de el oscilador con la temperatura. Este toma la forma de un sintonizador mecánico de el resonador, cargando a el resonador con un material dieléctrico con coeficiente de temperatura opuesto, ó con un varactor sintonizador controlado por un sensor de temperatura.

Alternativamente ambos, medio ambiente y variaciones grandes de frecuencia pueden ser contrarrestadas por un sistema de amarre de fase (PHASE-LOOKING) en el oscilador de microondas para una frecuencia baja, basándose en la referencia de la alta estabilidad en frecuencia de un oscilador de cristal.

El amarre de fase puede ser llevado a cabo, dividiendo la frecuencia de el oscilador de microondas hacia abajo de la proximidad de la frecuencia de referencia, en donde la comparación de fase puede ser hecha económicamente. Los divisores digitales están disponibles de manera comercial y para todas las bandas altas de comunicación.

La configuración típica de un oscilador de microondas estabilizado por amarre de fase (PHASE-LOCKED) es el mostrado en la Figura 10.

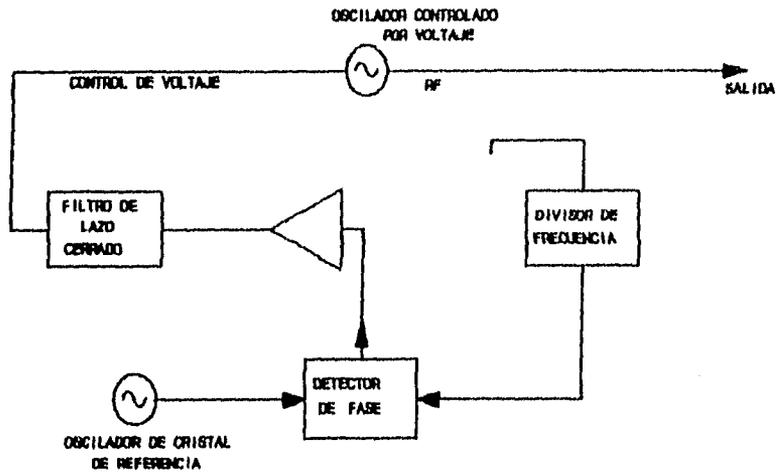


FIGURA 10.

El ancho de banda de el loop es muy estrecho (en el orden de 1 hz), porqué el loop deberá ,solamente rastrear lentamente los cambios de frecuencia con el tiempo.

La estabilidad de la fuente de microondas, es por lo tanto no afectada por el PLL, y es la misma que la del oscilador de Microondas de carrera libre. El circuito anterior de la figura 10, también se aplica en donde el oscilador fundamental es una subarmónica y progresivamente será una frecuencia multiplicada

Capítulo IV.

AMPLIFICACION DE MICROONDAS.

Las dos mas grandes aplicaciones de los amplificadores de microondas son : los preamplificadores en el equipo receptor y los amplificadores de potencia en el transmisor. En ocasiones son utilizados en otras aplicaciones incidentales ,tales como la amplificación de el oscilador local. En cualquier caso dado el propósito es elevar el nivel de potencia de la señal con un mínimo de ruido ó señales espureas.

El ruido contribuido por el preamplificador de el receptor domina la figura de ruido de el monoreceptor, y de aquí que la figura de ruido deberá de ser lo mas baja posible, consistente con los requerimientos lineales.

Si se mantiene una baja figura de ruido en el preamplificador, en éste se aumentara significativamente la sensibilidad de este y por lo tanto el equipo receptor será mas sensible a las variaciones de la señal a procesar.

Aunque los niveles de señal , en el preamplificador de RF sean bajos, la linealidad puede ser un factor determinante, por que el nivel de señal en este punto no es controlable, debido a variaciones en la longitud de las trayectorias, las pérdidas en las guías de onda, las ganancias en la antenas, y las variaciones en la señal relacionadas a el nivel nominal de cerca de +15 Db (sin desvanecimiento), hasta -40 Db ó mas (con desvanecimiento). La generación de ruido en los amplificadores de potencia es usualmente lineal.

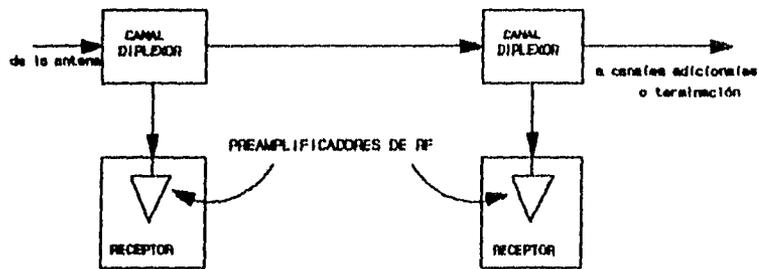
IV.1 PREAMPLIFICADORES DE RECEPCION.

En los receptores de bajo ruido la preamplificación puede ser ejecutada por canal o por base multicanal como es mostrada en la figura 11.

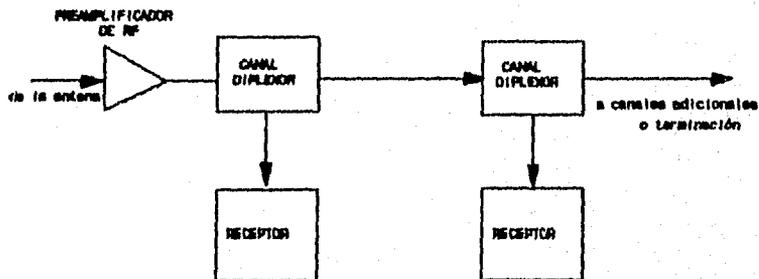
Un multicanal o preamplificador común, deberá incorporar alguna capacidad de "falla suave", porque de otra manera si se presenta una falla, esta causara la indisponibilidad simultánea de el grupo entero de canales.

Un preamplificador multicanal es localizado en la cabeza de el canal diplexor, así la señal es amplificada antes de que incurra en las pérdidas de el Diplexor. En adición el elemento diplexor filtra el ruido de el amplificador hacia la frecuencia imagen de el receptor.

Los elementos Ga As Fet's (Fet's de Arseniuro de Galio) están disponibles comercialmente con unas figuras de ruido muy mas bajas como 1 Db a 12 Ghz y 2 Db a 20 Ghz. Las diferencias entre los valores especificados, y las figuras de ruido de los receptores digitales de microondas pueden ser significativos , frecuentemente de 2 Db ó mas. La figura de ruido de el receptor es degradada debido al las pérdidas en los filtros y circuitos , contribuciones de ruido de subsecuentes etapas, condiciones de polarización, todas no son óptimas con respecto a la figura de ruido, pero se consigue una mejoría optimizando la linealidad y la inclusión de elementos aisladores, que mejoren las pérdidas por retorno a valores requeridos por el ancho de banda de el equipo de comunicaciones.



PREAMPLIFICADOR DE RF POR CANAL



PREAMPLIFICADOR DE RF MULTICANAL COMUN

FIGURA 11.

IV.2 AMPLIFICADORES DE POTENCIA .

Los requerimientos implantados en los amplificadores de microondas dependen de el propósito que se les vaya a dar. Dos tipos fundamentales de amplificadores pueden ser distinguidos: el amplificador de potencia de microondas y el amplificador de señal pequeña.

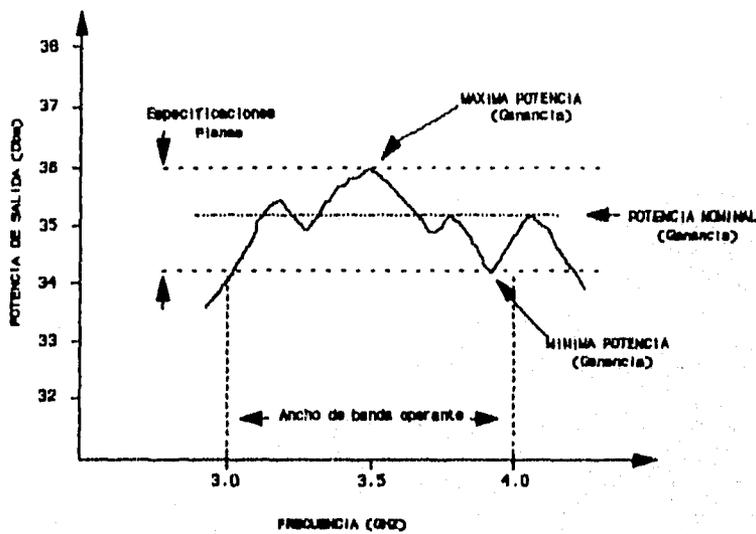
El amplificador de potencia, deberá liberar una señal de microondas de suficiente potencia, para producir fácilmente una salida detectable a el final de el canal de transmisión. Esta señal se producirá con una máxima eficiencia y con una mínima distorsión.

En contraste los amplificadores de señal pequeña, deberán incrementar la potencia de una señal débil para su subsecuente procesamiento. En esta aplicación es normal que el amplificador adicione un pequeño ruido a la señal. Usualmente la eficiencia es una parte secundaria en esta aplicación, pero la extremada confiabilidad y requerimientos lineales, son primordiales para los amplificadores de potencia.

Los amplificadores de microondas se describen en términos de las siguientes características:

- Nivel de potencia de salida.
- Ganancia.
- Ancho de banda de operación.
- Eficiencia.
- Distorsión armónica y de intermodulación.
- Ruido.

La potencia de salida es siempre especificada de una de dos maneras: como mínima salida, ó salida nominal. Estos son valores diferentes para cada amplificador, pues varían mas ó menos sobre el valor de el ancho de banda operante. La figura 12. ilustra estas definiciones de potencia contra frecuencia. La potencia de entrada $P(in)$, es casi constante sobre todo el rango de frecuencia, el nivel de potencia saturada de salida es plana, en donde un incremento de la potencia de entrada no incrementara la potencia de salida.



CARACTERÍSTICA DE FRECUENCIA VS. POTENCIA DE SALIDA DE UN AMPLIFICADOR DE MICROONDAS PARA POTENCIA DE ENTRADA CONSTANTE

FIGURA 12

La ganancia nominal de un amplificador esta definida como

$$G_{nom} = 10 \log (P_{out,min.} / P_{in.}) \quad [Db]$$

La ganancia de los amplificadores de estado sólido es sensible a cambios de temperatura, por lo que la instalación de un circuito de compensación de temperatura es requerido.

La eficiencia de un amplificador esta definida así

$$\eta = ((P_{out.} - P_{in.}) / P_{dc.}) 100 \%$$

donde: $P_{in.}$ = Potencia de entrada a el amplificador de RF.

$P_{out.}$ = Potencia de salida de el amplificador de RF.

$P_{dc.}$ = Potencia de alimentación a el amplificador de dc

Otra característica importante de el amplificador, es que la potencia de salida es función de el nivel de la potencia de entrada, esta es llamada característica de transferencia de la potencia, el ruido que se genera por el amplificador determina el mas bajo limite de este rango dinámico.

En un amplificador lineal, la potencia de salida se incrementa linealmente, con el incremento de la potencia de entrada como se muestra en la figura 13. Sin embargo la nociva saturación se presenta inevitablemente y limita la salida de el amplificador de tal forma que desvía la relación lineal. En la figura 13, el punto de compresión de 1 Db referido a el nivel de potencia en el cual, la potencia de salida cae 1 Db

abajo de la potencia predicha. El punto de 3 Db, es definido de igual manera a el anterior.

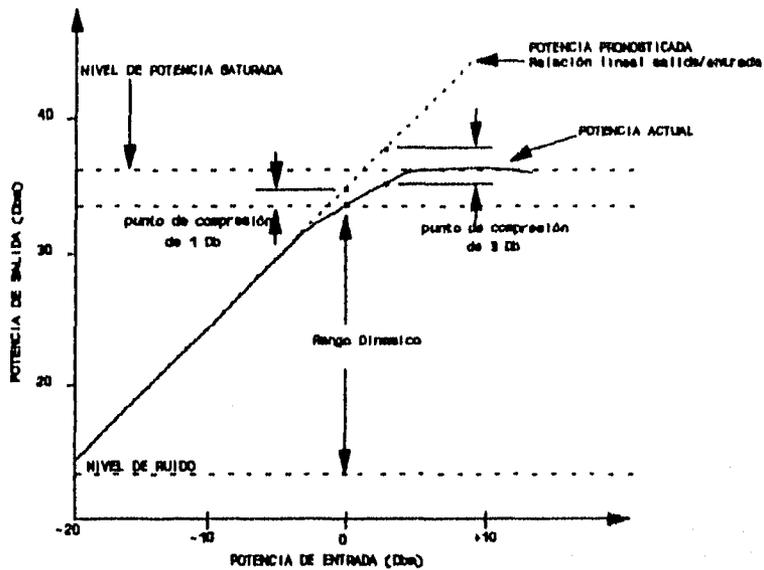


FIGURA 13.

La no linealidad de la característica de transferencia causa la distorsión no lineal de la señal amplificada, y por lo tanto la generación de armónicas. Así si dos ó más señales de entrada de diferentes frecuencias están presentes, se generarán los productos de intermodulación.

La distorsión de intermodulación es especificada usando

el punto de intercepción de tercer orden. Digamos que hay dos señales de frecuencias f_1 y f_2 que son incidentes a la entrada de un amplificador de microondas, debido a la intermodulación la salida contiene señales adicionales a las frecuencias $nf_1 + mf_2$, donde n y m son enteros positivos ($n, m = 1, 2, 3, 4, \dots$). La suma $n+m$ define el orden de los productos de intermodulación, por lo tanto las señales de frecuencias $2f_1 - f_2$, $2f_2 - f_1$, $2f_1 + f_2$, y $2f_2 + f_1$ son productos de la intermodulación de tercer orden. Obviamente solo las primeras dos señales son de interés en un amplificador de microondas, de menos de una octava de ancho de banda. figura 14.

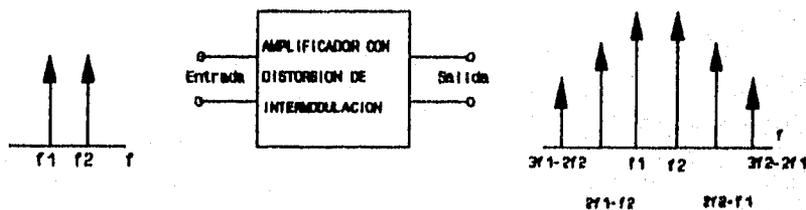


FIGURA 14

Por otra parte los amplificadores de señal pequeña operan prácticamente siempre, en el rango lineal de la característica de transferencia. Este es su propósito y consecuentemente sus especificaciones funcionales, son diferentes de las discutidas para amplificadores de potencia. Los amplificadores para señal pequeña son usualmente evaluados en los siguientes términos:

-Ganancia.

-Ancho de banda de operación.

-Nivel de ruido especificado para la figura de ruido (NF), ruido por temperatura (T_n), o medición de ruido (M).

La tercera especificación es de importancia particular, si la señal de microondas es acompañada de un nivel de ruido (baja tasa de señal a nivel a ruido) a la entrada de el amplificador.

La figura de ruido (NF) describe el deterioro de la tasa de señal a ruido, debido a la presencia de la amplificación. Esta es definida de la siguiente manera:

$$NF(\text{db}) = 10 \text{ Log } ((P_{si}/P_{ni}) / (P_{so}/P_{no}))$$

donde: P_{si} = Potencia de entrada disponible en watts.

P_{so} = Potencia de salida disponible en watts.

P_{ni} = Potencia de ruido de entrada disponible en watts.

P_{no} = Potencia de ruido de salida disponible en watts.

Un amplificador ideal no adiciona ruido a la señal que se amplifica teniendo una figura de ruido de 0 Db.

IV.3 TECNOLOGIA DE LOS AMPLIFICADORES DE MICROONDAS.

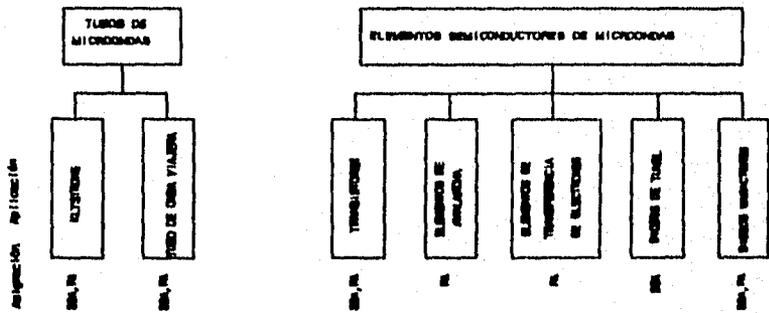
Los elementos de amplificación de microondas caen dentro de una de las dos siguientes categorías.

-Tubos.

-Elementos Semiconductores.

Entre los tubos de microondas usados, están los Klystrons de reflexión y de tipo multicavidad, elementos de campos cruzados (magnetrones), Tubos de onda viajera (TWT) y tubos de onda reflejada (BWT).

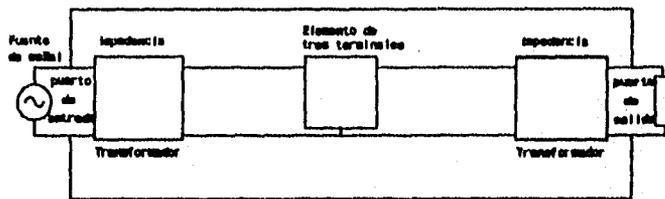
Los semiconductores de microondas incluyen los elementos de tres terminales, tales como los transistores bipolares y los de efecto de campo (Fet's), y elementos de dos terminales tales como diodos de avalancha (IMPATT's y TRAPATT's), elementos de transferencia de electrones (GUNN's), diodos túnel y varactores. La figura 15 muestra a los elementos de microondas comúnmente usados en los sistemas de comunicación modernos.



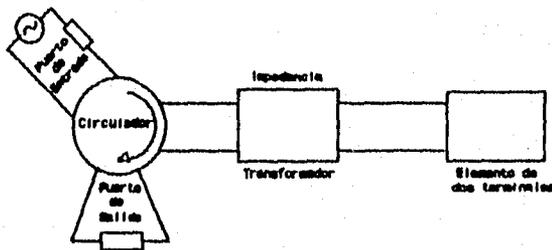
Amplificadores de potencia
Amplificadores de potencia

FIGURA 15.

Los elementos de tres terminales son ocupados comúnmente, al construir los puertos de amplificadores tipo transmisión con puertos de entrada y salida separados. Los transformadores de impedancia, serán para acoplar la fuente de la señal y la carga de el elemento como se muestra en la figura 16. En el caso de elementos de dos terminales, un circulator usualmente separa la entrada de la señal amplificada, tal circuito es llamado puerto simple o de tipo reflexión.



(a) Amplificador tipo transmisión usando elemento de tres terminales.



(b) Amplificador tipo Reflexión usando elemento de dos terminales y circulator para separar Entrada y Salida.

FIGURA 16

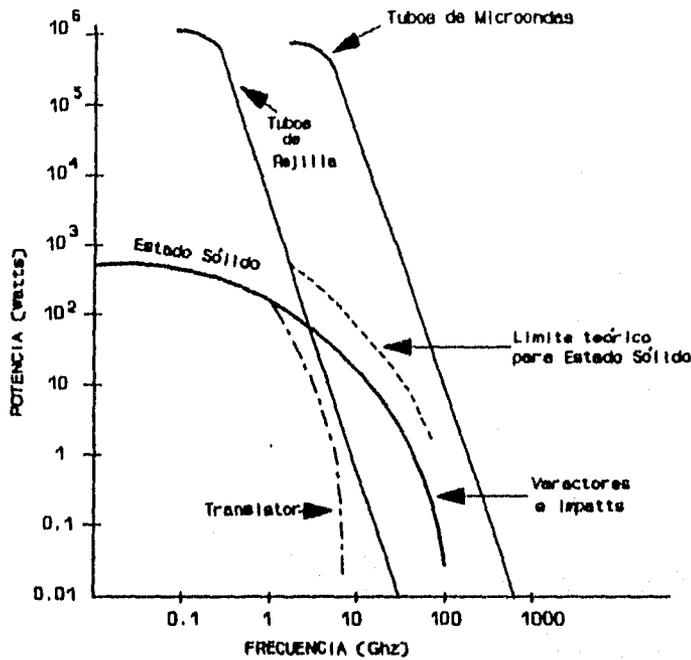
Los límites promedio de la potencia de salida de los semiconductores de estado sólido y de los tubos, son comparados en la figura 17.

Esta figura muestra que para, altos niveles de potencia y para altas frecuencias, los tubos electrónicos son muy superiores a los transistores de estado sólido, pero en el rango de 5 a 20 Ghz, los transistores de Ga As (Fet's) juegan un papel importante en la aplicación de potencia intermedia, y son preferidos sobre las funciones típicas ejecutadas por los tubos de microondas. Los Ga As (Fet's) son capaces de producir 5 watts de potencia a 6 Ghz, y 1 watt a 10 Ghz, con un 27 % de eficiencia.

Entre los elementos de dos terminales, el IMPATT tendrá un importante papel en las comunicaciones de el futuro. Los IMPATT de doble impulso en el presente, generan arriba de 20 watts de potencia con un 20 % de eficiencia a 10 Ghz.

El límite teórico de los semiconductores es mostrado en la figura 17, el cual es basado en el tiempo de tránsito y en el fenómeno de voltaje de ruptura.

En los tubos de microondas, el tubo de onda viajera (TWT) es el de mas interés para aplicaciones en las comunicaciones. Posee un ancho de banda de la señal amplio, una confiabilidad muy alta y combina eficiencia (la cual es pronosticada a cerca del 84% en el año 2000), con potencias de salida de el orden de 1 Kwatt, en la banda X y 200 watts en la banda KU. Los niveles de kilowatts arriba de 30 Ghz, tienen que ser generados con el tubo de onda rápida tal como el Girotron.



MAXIMOS LIMITES PROMEDIO DE SALIDA DE POTENCIA PARA MICROONDAS

FIGURA 17.

Los amplificadores de señal pequeña tienen requerimientos de baja figura de ruido como por ejemplo los elementos paramétricos tales como los diodos varactores, que son los que más frecuentemente se utilizan. Sin embargo, los grandes avances en la realización de Ga As Fet's de bajo ruido y transistores bipolares, hacen que estos elementos, sean muy competitivos.

Los amplificadores Ga As (Fet's) de banda ancha con una figura de ruido abajo de 2 Db ($T_n=170^{\circ}K$) son construidos para operar en la región de 3.7 a 4.2 Ghz con 10 Dbm de capacidad en la salida. Un amplificador típico Ga As (Fet) de 7 Ghz con una ganancia de 25 Db y que tiene una figura de ruido de 4 Db, es suficientemente calificado para su aplicación en sistemas de comunicaciones digitales.

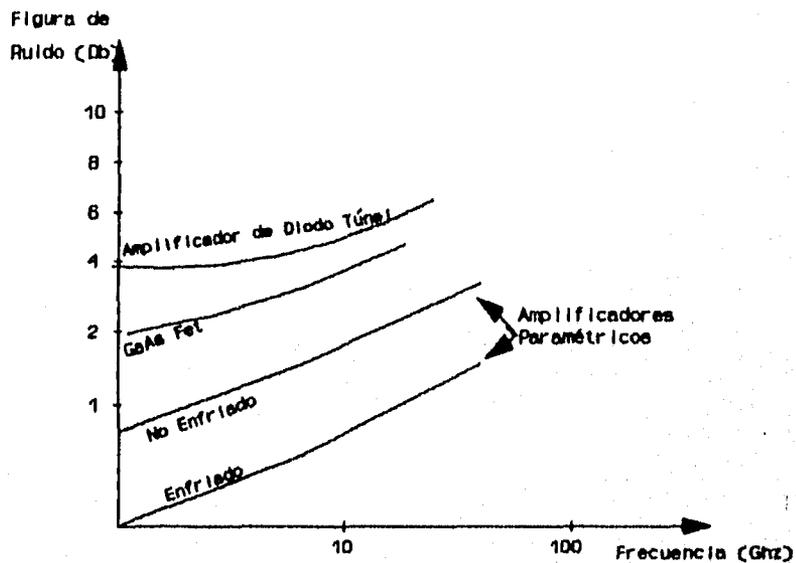


FIGURA DE RUIDO DE ELEMENTOS DE MICROONDAS.

FIGURA 18.

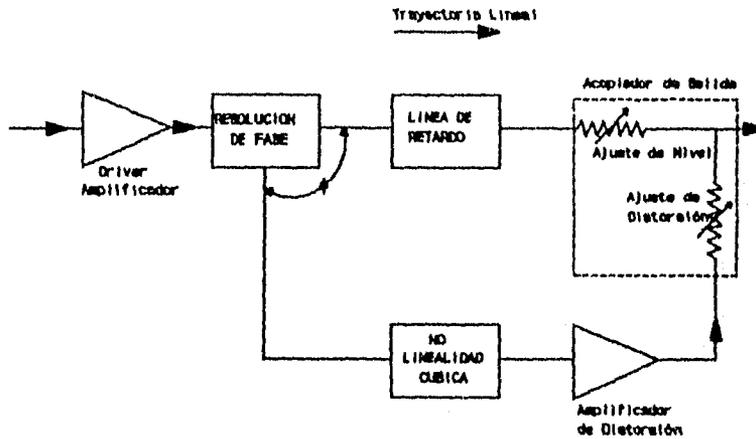
IV.4 LINEARIZACION DE LA AMPLIFICACION.

La retroalimentación negativa es frecuentemente usada en bajas frecuencias, esto es para acrecentar la linealidad de los amplificadores, y no es comercialmente usada en las frecuencias de microondas para mejorar la linealidad, pues se dificultaría el asegurar la estabilidad.

La primera contramedida de linearización es la siguiente: Que opere el amplificador lo suficientemente abajo de el punto de saturación, esto es para prevenir los picos de señal dentro de la saturación. Los amplificadores de potencia de Ga As Fet's pueden operar satisfactoriamente 16QAM, ligeramente abajo de la zona de saturación, con el mismo punto de referencia los amplificadores de potencia TWT, exhiben una excesiva distorsión de intermodulación de tercer orden. En este caso, y en el caso de amplificación de potencia de modulaciones de alto orden, se usa la predistorsión.

La predistorsión estará presente en la RF, IF, y banda base. Los predistorsionadores son generalmente integrados dentro de el amplificador de potencia, y funcionan sobre todo el ancho de banda de el amplificador. La predistorsión de IF es ajustada en base a el canal, y esta disponible para compensar las no linealidades de amplificadores de potencia y de los Upconverters.

El diagrama de bloques de un predistorsionador típico de Frecuencia Intermedia (IF), es mostrado a continuación en la figura 19.



PREDISTORSIONADOR DE IF

FIGURA 19

Quando la predistorsión de banda base es usada, la compensación para subsecuentes no linealidades es presentada, por la alteración de la señal de voltaje de la banda base modulante, de tal manera que los estados de señalización estén otra vez en las posiciones exactas después de la no linealidad.

Ambos circuitos, predistorsionadores de IF y de Banda base tendrán que ser hechos para ser adaptativos (autoajustables). En conclusión la predistorsión se utiliza para cancelar las no linealidades de tercer orden en los amplificadores .

IV.5 AMPLIFICACION DE IF Y AGC

La máxima ganancia de el receptor y la mas alta ganancia, disponible para compensar en la señal el desvanecimiento es incorporada en el amplificador principal de IF, esto incluye a el AGC para mantener la señal suministrada, a el demodulador a un nivel constante. La capacidad de ajuste manual ó automático es necesaria en el sistema para prueba con un analizador de el enlace. El AGC voltaje de control es generalmente disponible en el receptor, como una indicación de la potencia de la señal que se recibe, también la alarma para el nivel de señal débil debe ser derivada de el voltaje de el control AGC.

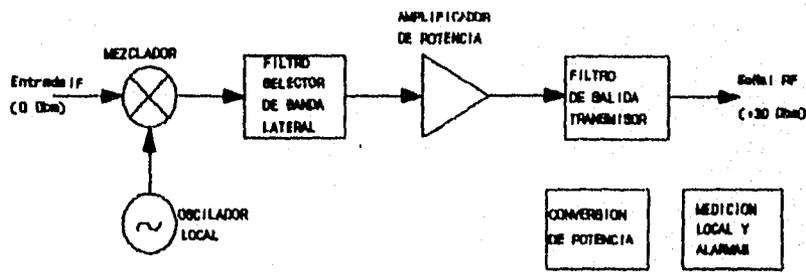
La señal de IF generalmente es de 70 ó 140 Mhz, estas son las frecuencias más comunes en las comunicaciones, pero también existen frecuencias IF, las cuales no son tan usadas tales como 300, 600, y 700 Mhz. Como lo habíamos dicho el amplificador de IF es un amplificador de frecuencia fija, con la importante tarea de rechazar las frecuencias adyacentes no deseadas.

El AGC simple es un sistema por el cual la ganancia de el radio receptor, es variada automáticamente, con el cambio de la potencia de la señal recibida, ordinariamente es un voltaje que controla la ganancia de el amplificador.

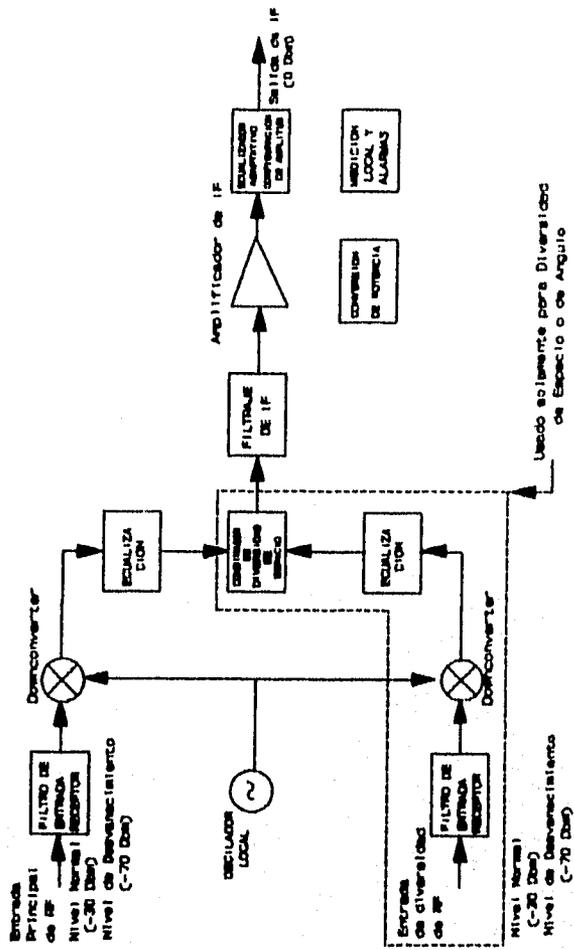
Capítulo V.

GANANCIA Y DISTRIBUCION DE EL FILTRAJE.

La ganancia y el filtraje, son distribuidos a lo largo de la trayectoria de la señal en orden para optimizar la ganancia de el sistema, para minimizar las interferencias y asegurar una operación propia de los subsistemas. Los subsistemas mayores comprenden el transmisor digital y el receptor, los cuales son mostrados en el siguiente diagrama de bloques. Figura 20.



TRANSMISOR



RECEPTOR

FIGURA 20.

Solo los niveles aproximados son mostrados, y son de cerca de 0 Dbm para el nivel de IF en la entrada de el radio y alrededor de +30 Dbm para la potencia de salida de el transmisor. Cerca de -30 Dbm (-70 Dbm en desvanecimiento) que es el nivel de la señal recibida, y cerca de 0 Dbm que es el nivel de salida de IF. Las ganancias en el transmisor y en el receptor son cercanas a 30 Db , durante periodos de no desvanecimiento, y una ganancia adicional aproximadamente de 40 Db requerida en el receptor durante el desvanecimiento.

La ganancia de las etapas en el transmisor deberá superar el filtro, el mezclador y otras pérdidas en el circuito, además sumado a esto la elevación de la señal a el nivel de potencia de salida requerido por el transmisor, por lo que la ganancia de las etapas, serán de un total de cerca de 40 Db distribuidas entre IF y RF. Las etapas mezcladoras son normalmente limitadas en la capacidad de manejo de potencia, así la mayor ganancia se concentrara en la RF. Si son amplificados el oscilador local, y la banda lateral no deseada por el amplificador de potencia, se disminuirá la capacidad de potencia pico de el amplificador en la señal deseada. Por lo tanto el efecto de la intermodulación en el amplificador de potencia entre la banda lateral elegida, la banda lateral no seleccionada y el oscilador local puede no ser necesaria, si es usado un mezclador cancelador de imagen.

A la salida de el amplificador, hay un filtraje adicional para reducir los niveles de emisiones espureas fuera de canal, y para el nivel de espectro continuo, generado en el transmisor por la intermodulación de la señal, este filtraje generalmente

tiene una segunda función en conjunto con el circulador, de ser una red de combinación de canales. En el receptor, la ganancia total en las etapas amplificadoras deberá ser substancialmente en exceso de 70 Db, para superar las pérdidas de los filtros, ecualizadores y etapas de mezclado durante 40Db de presentarse el desvanecimiento.

Dos aproximaciones a el frente-final de el filtraje y la ganancia son mostradas en la figura 11. Una opción muestra el primer filtro (canal diplexor) y el preamplificador de RF el cual será incluido a el preamplificador integrado en el Down-converter, esto requiere algún método para bloquear el ruido de el preamplificador de RF a el mezclador de frecuencia imagen, así en este la figura de ruido de el preamplificador no será degradada en 3 Db. Adicionalmente un filtro tipo pasabandas a la frecuencia de la señal, ó un filtro eliminador de banda a la frecuencia imagen, deberá ser insertado entre el amplificador y el mezclador, de otra manera un mezclador cancelador de imagen deberá ser usado.

La segunda opción frente-final revierte el orden, pues el filtro sigue a el amplificador y bloquea el ruido de el preamplificador de RF a la frecuencia imagen. En este caso deberá el amplificador ser suficientemente lineal para llevar diferentes señales recibidas. Cuando es usada una antena común de transmisión y recepción, un filtro auxiliar será requerido para bloquear el final de la transmisión de el preamplificador ó de forma alternativa el filtro de entrada de RF de el receptor, será un filtro de tipo pasabandas centrado a la

frecuencia de la señal, éste siempre actúa como la red ramificada de canal, y servirá para controlar las respuestas espúreas en el receptor.

Siguiendo con el mezclador, existe usualmente alguna preamplificación de IF para reducir el efecto de los subsecuentes filtros y ecualizadores de IF, de lo contrario tendremos figura de ruido. El filtro de IF provee la selectividad contra señales adyacentes, esto se necesita para discriminar las señales de la señal deseada.

Sin el filtro de IF, las señales de canal adyacentes tendrán efectos agudos sobre el Control Automático de Ganancia y, en el dominio de la frecuencia sobre los circuitos adaptativos de ecualización, y comprometiendo la capacidad de manipular la potencia pico de el amplificador de IF, durante un impredecible desvanecimiento selectivo. El filtro de IF también discrimina, los productos espúreas que emanan de el mezclador en las armónicas de la frecuencia intermedia.

En conclusión los filtros de el equipo de radio son distribuidos a lo largo de la trayectoria de RF e IF. Los filtros de microondas de RF son ordinariamente pasabandas, pero algunas frecuencias discretas requerirán suprimirse, de tal manera que las características de supresión de banda también deberán de ser requeridas.

Los filtros pasabandas de frecuencia intermedia (que generalmente operan en la frecuencias de 70 ó 140 Mhz) pueden ser con autoecualización ó diseños SAW, también pueden servir como filtros Nyquist de transmisión y recepción.

V.1 TECNOLOGIA DE FILTRAJE.

Algunas de las características principales de los filtros de microondas son: bajas pérdidas por inserción, altas pérdidas por retorno dentro de banda, distorsiones de amplitud y retardo, siendo todas ellas fácilmente ecualizadas. Los prototipos de filtros que tenemos para seleccionar, están basados en filtros Butterworth, y Chebysev de muy bajo rizo y pasabajas.

Los filtros de RF son categorizados como TEM (Línea combiline o interdigital, en micropistas o pistas en líneas) ó como tipos de guía de onda (Resonadores, Guía de onda, y resonadores dieléctricos). Los primeros son usados en el nivel inferior de microondas y rangos de UHF, son diseños de ancho de banda moderados (3 al 5 %) con Q en el resonador, en el cual su valor es menor que 1000.

En cambio los filtros del tipo de Guía de onda están situados para aplicaciones de banda angosta, pues pueden ser usados a través de el rango de microondas, y ofrecen bajas pérdidas por inserción, porque altos valores Q de el resonador son obtenidos (>1000).

Para poder lograr la estabilidad en la frecuencia central con filtros de banda estrecha, tenemos acero INVAR para filtros de guía de onda, porque su coeficiente de expansión lineal es muy bajo. Además el INVAR es laminado con cobre, para obtener un filtro con bajas pérdidas por inserción. La inclinación para la dicha aplicación es a través de filtros resonadores eléctricos que tienen una estabilidad térmica igual a los filtros INVAR.

V.2 ECUALIZACION ESTATICA.

El retardo de envolvente y las distorsiones de amplitud a través de el ancho de banda de el radio, pueden ser causa de el deterioro en la señal digital, esas distorsiones son debidas a filtraje no ideal, efectos de diplexación de canal, dispersión de guías de onda, y distorsiones residuales de el equipamiento.

Las variaciones de retardo de envolvente y amplitud provienen de el filtraje, las cuales son totalmente predecibles y con ecualización fija podemos compensar estos.

La ecualización de los filtros de RF, tiene la ventaja de que el ecualizador rastrea el cambio, de la frecuencia central de el filtro con respecto a las variaciones de la temperatura. Cuando los filtros de RF son suficientemente estables con la temperatura (filtros invar ó resonadores dieléctricos) la ecualización puede ser hecha en la IF, en la que se utilizaran ecualizadores adaptativos.

Los radios digitales transmisores de manera generalizada transmiten un espectro relativamente fijo, ocurriendo esto así varios puntos en el espectro pueden ser monitoreados, y cuando la distorsión este presente, la acción correctiva deberá de ser tomada para restaurar la fidelidad de el espectro.

Los tres tipos mas comúnmente utilizados de ecualizadores adaptativos son los siguientes: ecualizadores solo de figura, ecualizadores solo de pendiente, y ecualizadores de recorte fijo.

Capitulo VI.

UPCONVERTERS Y DOWNCONVERTERS.

VI.1 DOWNCONVERTERS.

El proceso llamado de Downconversión traslada la señal de radiofrecuencia a señal de frecuencia intermedia, regularmente la conversión es hecha en base a un canal de radio individual, el canal deberá ser preseleccionado por filtraje en RF. Ahí puede estar la energía de los múltiplos de las frecuencias relacionadas a la RF y a la frecuencia de el oscilador local, las cuales pueden escapar de el puerto mezclador de RF, por lo que ahí deberán ser discriminadas por filtraje para evitar, lo más posible interferencias dentro de el sistema.

En la conversión, las frecuencias más importantes se exponen en la figura 21.

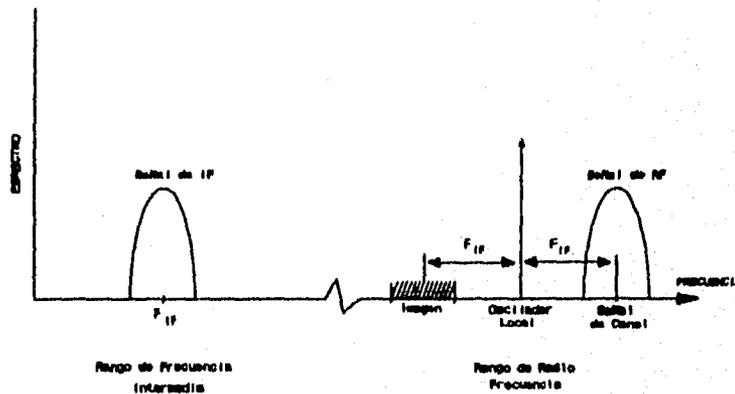
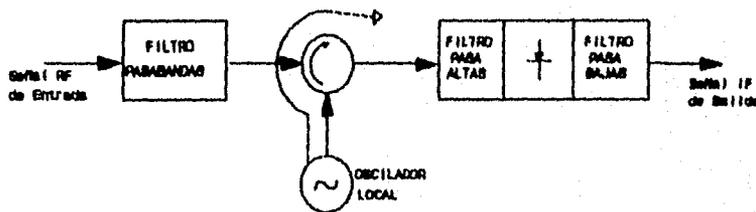


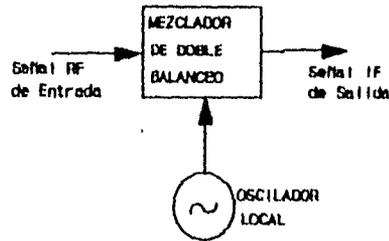
FIGURA 21.

Los preamplificadores de RF ó IF normalmente se integran dentro de la misma unidad que el mezclador, en esta etapa de el receptor será hecha la protección contra el desvanecimiento la cual, provee un rango de 10 a 20 Db de ganancia variable que se controla por un AGC (Control Automático de Ganancia).

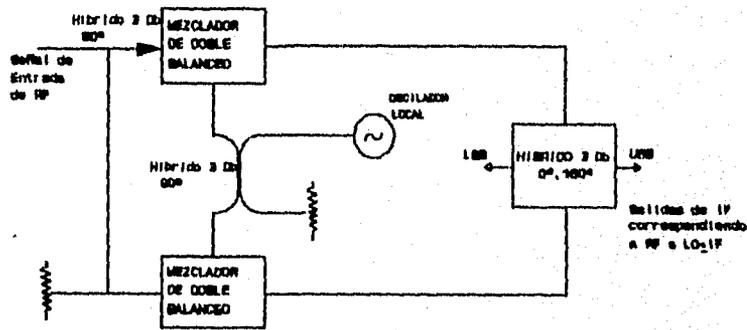
La circuiteria de el mezclador en el diseño de el Downconverter, tuvo que involucrarse recientemente de los mezcladores no balanceados de un solo diodo, a los mezcladores balanceados, doblemente balanceados y mezcladores canceladores de imagen. Los diagramas a bloques de esas alternativas son mostrados en la figura 22.



DOWNCONVERTER NO BALANCEADO DE UN SOLO DIODO



DOWNCONVERTER CON DOBLE BALANCEO



DOWNCONVERTER CANCELADOR DE IMAGEN DOBLEMENTE BALANCEADO

FIGURA 22.

Los diseños de un solo diodo, se utilizan cuando el costo de los diodos de microondas es alto, el filtro es requerido para combinar los dos, el oscilador local y la señal de el diodo mezclador. Esta clase de filtro también sirve para reducir las fugas de el oscilador local, a la entrada de el receptor a un nivel aceptable.

Los mezcladores doblemente balanceados son independientes y aislados de los puertos de entrada para el oscilador local y la señal de RF, los requerimientos de el filtraje para controlar las fugas de el oscilador local a la entrada de el equipo receptor son considerablemente reducidas. Los mezcladores que son balanceados y doblemente balanceados, cancelan algunas de las respuestas espureas de el mezclador no balanceado, y de aquí la comodidad de los requerimientos de filtraje.

Los mezcladores canceladores de imagen, también conocidos como mezcladores de una sola banda lateral, usualmente se basan en un par de mezcladores doblemente balanceados, con puertos de entrada y salida en relación propia de fase, así el mezclador responde solo a la frecuencia de la banda lateral superior, (USB) (el oscilador local mas la frecuencia intermedia) ó a la frecuencia de la banda lateral inferior (LSB) (el oscilador local menos la frecuencia intermedia). El rechazo de imagen de banda ancha es de 15 Db ó más, este tipo de mezclador es idealmente seleccionado para ser integrado en el amplificador de RF, porque rechaza la contribución de ruido de la banda lateral imagen.

VI.2 UPCONVERTERS.

La Upconversión es el proceso de traslación de la señal de frecuencia intermedia a la señal de RF. Los métodos disponibles están íntimamente relacionados a los métodos de Downconversión, pero en este caso el nivel de la señal es más constante y más alto, siendo la linealidad un factor más valioso que el ruido, presentándose la situación opuesta a la de los Downconverters. El próximo esquema muestra las alternativas de la Upconversión .figura 23.

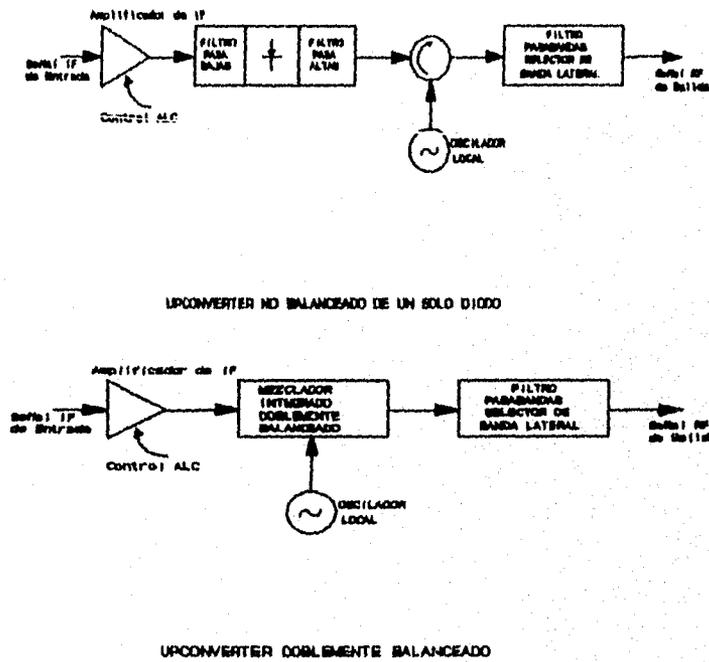


FIGURA 23.

GLOBARIO

Amplificación.— Proceso por medio de el cual una señal aumenta su amplitud, manteniendo idealmente sus demás características, sin ningún cambio.

Ancho de Banda.— Es una medida de la capacidad de transmisión de un sistema, normalmente expresada en ciclos/seg (hertz). En una señal se define como el intervalo de frecuencia en el cual la magnitud de la señal es mayor que $1/\sqrt{2}$ de la magnitud pico de la señal.

Banda Ancha.— Es la banda de frecuencias resultante de el proceso de modular una señal, y que efectúa un corrimiento de el espectro de dicha señal.

Banda Base.— Se refiere a el tipo de señales que representan a la información, a los mensajes ó a los datos. Su espectro va de la frecuencia DC hasta algunos cuantos Mhz.

Banda Lateral.— Se producen cuando una portadora es modulada. Las bandas laterales son las bandas de frecuencia de ambos lados de la portadora, resultantes de la variación de la señal de banda base sobre alguna característica de la portadora.

Debido a la modulación se crean dos bandas laterales, la banda lateral superior y la banda lateral inferior.

Baud Rate.— Es la tasa de bits por segundo.

Circulador.— Es un dispositivo aislador de microondas. Sirve de acoplador unidireccional entre el generador y la carga, pues la amplitud y frecuencia tienden a fluctuar con los cambios de la impedancia de la carga. También es utilizado como aislador de

el transmisor y el receptor conectados a una misma antena.

Decibel.- Esta definido como la relación entre dos niveles de potencia existentes entre dos puntos .

$$Db = 10 \log P2/p1 \quad P2=salida , P1=entrada$$

Si el resultado es positivo se dice que hay ganancia, y si es negativo será una pérdida.

Demodulación.- Proceso inverso de la modulación, en el cual se recupera la información original de la portadora modulada.

Desvanecimiento.- Está definido como cualquier variación en el tiempo, de la fase, polarización, frecuencia, y/o amplitud de la señal recibida. Las definiciones básicas de el desvanecimiento están en términos de mecanismos de propagación.

Diplexor.- O duplexor, es un dispositivo que permite conectar a el transmisor y a el receptor a una sola antena, funcionando de manera simultánea.

Distorsión.- El termino distorsión de una señal se refiere al cambio de forma de dicha señal al pasar a través de un sistema ó dispositivo.

Ecualización.- Proceso por medio de el cual se retarda más, a aquellas frecuencias que lo fueron menos y viceversa, de manera que haya una demora constante a través de el ancho de banda de el canal.

Señal espurea.- Señales no deseadas producto de la oscilación, que es causada por inestabilidad de un dispositivo no lineal.

Figura de Ruido.-La figura de ruido es el promedio de la señal a ruido de la potencia que se suministra, a las terminales de entrada de el receptor ó de el amplificador, a la señal a ruido

de la potencia suministrada a la salida de la carga.

$$F = (s/n \text{ entrada}) / (s/n \text{ salida}) \quad s/n = \text{señal a ruido}$$

Frecuencia Imagen. - Es la resultante de sumar la frecuencia de la señal, mas dos veces la frecuencia intermedia.

Frecuencia Intermedia. - Es la frecuencia resultante de la combinación de la señal de voltaje recibida, con la frecuencia de la señal de el oscilador local. La FI ó IF es una señal de baja frecuencia y valor fijo.

Guía de Onda. - Es el sistema de conductores que sirve para la conducción de las ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia.

Heterodinación. - Consiste en la mezcla de una señal de banda base, con otra señal senoidal llamada portadora, mediante un proceso multiplicativo.

Interferencia Intersimbólica. - Se relaciona a los efectos que tiene el ancho de banda de el sistema de comunicación, sobre la señal de banda base a transmitir, en el sentido de dificultar la detección correcta de las señales en el receptor debido a el traslapamiento de los intervalos de cada símbolo.

Intermodulación. - Si dos señales con frecuencias F_1 y F_2 , pasan a través de un dispositivo ó medio no lineal, se tendrán como resultado los efectos de intermodulación, los cuales se pueden presentar dentro ó fuera de la banda de interés para el dispositivo. Los productos de intermodulación pueden ser ocasionados por las armónicas de las señales en cuestión, ya sea como productos entre armónicas o como una ,otra ó ambas de las señales mismas.

Modulación.- Es el proceso de modificación de alguna de las características de la onda portadora de acuerdo con el valor instantáneo de la señal modulante (la señal modulante, es la información que queremos transmitir).

Multiplexación.- Acción de combinar varias señales de entrada para obtener una señal de salida, que lleva las características de las señales originales.

Modulación Coherente.-El termino coherente se refiere a que el receptor utiliza la información de fase de la portadora, para llevar a cabo el proceso de detección, presentándose un llamado "amarre" de fase entre el receptor y la señal entrante.

Portadora.- Es una frecuencia continua capaz de ser modulada ó modificada mediante una segunda señal, la cual lleva la información.

Pérdidas por Retorno.- Es el tipo de pérdidas que se presentan debido a el desacoplamiento de el equipo de radio, el que causa la reflexión de la onda incidente, y por lo tanto deficiencia en la transferencia de energía .

Pérdidas por inserción.- Las pérdidas por inserción es la tasa de la potencia liberada a la carga (con la red de acoplamiento en el circuito) a la tasa de potencia liberada a la carga (con la red de acoplamiento ausente).

Q .- Factor de calidad de un circuito resonante, que se define así: Es el valor de la reactancia de el capacitor o inductor a la frecuencia resonante de un circuito serie, dividido entre la resistencia serie en el circuito.

Resonador.- Dispositivo utilizado en microondas para producir

resonancia a cierta frecuencia específica y son utilizados en amplificadores sintonizados, osciladores, y filtros.

Retardo de envolvente.- Se define frecuentemente como retardo de grupo y es la razón de cambio del corrimiento de fase entre dos canales con la frecuencia.

Sensitividad.- Es la habilidad de el receptor para captar una señal muy pequeña y procesarla después de manera correcta.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ivanek Ferdo . *Terrestrial Digital Microwave Communications*
Jhon Wiley & Sons. 1989. Norwood C.A.
- 2.- Freeman Roger L. *Radio System Design for Telecommunications*
(1 - 100 Ghz). Jhon Wiley & Sons. 1987 USA.
- 3.- Teledata Technology. *Fundamentos de Comunicaciones Digitales*
Teledata .1993 .México.
- 4.- Freeman Roger L. *Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones*
.Limusa .1995 .México.
- 5.- Kennedy George. *Electronic Communications Systems*.
McGraw Hill . 1985. Kogakhusa
- 6.- ARRL *Handbook for the Radio*. 1989. Coneticut USA