

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE – LATACUNGA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BLOQUEADOR
DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM QUE
OPERAN EN LA BANDA B.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

LUIS ENRIQUE MENA MENA

LATACUNGA, SEPTIEMBRE DEL 2009

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor LUIS ENRIQUE MENA MENA, egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación, bajo nuestra supervisión.

**ING. CÉSAR NARANJO
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**ING. KATYA TORRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS todo poderoso por sus bendiciones y fortaleza para poder culminar con éxito este proyecto.

A mis amados y queridos PADRES quienes con sacrificio, amor, paciencia y perseverancia supieron guiarme por el camino correcto, sabiendo compartir mis alegrías, éxitos, fracasos y problemas a lo largo de toda mi vida.

A mis queridos hermanos y hermanas quienes supieron motivarme para alcanzar los objetivos propuestos.

A mis profesores, a la Escuela Politécnica del Ejército, en especial al departamento de Eléctrica y Electrónica, y a la Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación, por permitirme difundir el proyecto de investigación a través de su revista INFOCIENCIA.

ENRIQUE

DEDICATORIA

Con inmenso amor, cariño y gratitud dedico el presente trabajo:

A mis PADRES cuyos principios éticos y morales crearon fuertes cimientos sobre los cuales se edifica mi vida, brindándome al mismo tiempo todo su apoyo y confianza.

A mis Hermanos y Hermanas quienes me han brindado sus consejos y sabiduría para poder sobresalir en los momentos más difíciles de mi vida.

Finalmente al alcanzar el título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación, se lo dedicó a Dios para que su bondad y sabiduría guie mi vida.

ENRIQUE

CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA
CERTIFICACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
RESUMEN.....	VIII
PRESENTACIÓN.....	IX
I. FUNDAMENTOS SOBRE TELEFONÍA CELULAR, OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLTAJE.	
1.1 TELEFONÍA CELULAR.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.2 HISTORIA.....	1
1.1.2.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.1.2.2 GENERACIONES DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	5
1.1.2.2.1 GENERACIÓN CERO (0G).....	5
1.1.2.2.2 PRIMERA GENERACIÓN (1G).....	5
1.1.2.2.3 SEGUNDA GENERACIÓN (2G).....	6
1.1.2.2.4 GENERACIÓN (2.5G).....	7
1.1.2.2.5 TERCERA GENERACIÓN (3G).....	8
1.1.2.2.6 CUARTA GENERACIÓN (4G).....	9
1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	10
1.1.4 TEGNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES	14
1.1.5 ANTENAS DE TELEFONÍA MOVIL.....	18
1.1.5.1 DEFINICIÓN	18
1.1.5.2 CARACTERÍSTICAS.....	19
1.1.5.3 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	20
1.1.5.4 EFECTOS EN LA SALUD.....	22

1.2	APLICACIONES DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	23
1.3	NORMALIZACIÓN DE LA COMISIÓN FEDERAL DE COMUNICACIONES.....	24
1.3.1	ANTECEDENTES.....	24
1.3.2	ORGANIZACIÓN.....	25
1.3.3	ACCIONES DE LA FCC EN TELEFONÍA CELULAR.....	25
1.4	ORGANISMOS DE CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ECUADOR.....	27
1.5	OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLTAJE.....	28
1.6	TIPOS OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLATJE.....	30
1.6.1	OSCILADORES DE BASE – COMÚN.....	30
1.6.2	OSCILADOR DE RELAJACIÓN.....	31
1.6.3	OSCILADOR DE ANILLO.....	32
1.7	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	32
1.7.1	INTRODUCCIÓN.....	32
1.7.2	HISTORIA.....	33
1.7.3	TRANSMISIÓN INALÁMBRICA.....	35
1.7.3.1	INTRODUCCIÓN.....	35
1.7.3.2	PRINCIPIOS FÍSICOS	36
1.7.4	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	37
1.7.4.1	CARACTERÍSTICAS.....	37
1.7.4.2	DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	39
1.7.5	PROPAGACIÓN.....	41
1.7.6	TRANSMISIÓN DE ONDAS DE RADIO.....	43
1.7.7	MODULACIÓN.....	45
1.7.7.1	DEFINICIÓN.....	45
1.7.7.2	MODULACIÓN ANALÓGICA.....	46
1.7.7.3	MODULACIÓN EN FRECUENCIA.....	48
1.7.8	PERTURBACIONES EN LA TRANSMISIÓN.....	49
1.8	ANTENAS.....	51
1.8.1	DEFINICIÓN.....	51
1.8.2	PARÁMETROS DE UNA ANTENA.....	51

1.8.3	TIPOS DE ANTENAS.....	52-54
II.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM.	
2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	55
2.2	JUSTIFICACIÓN.....	56
2.3	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	57
2.3.1	FRECUENCIAS DE LAS COMPAÑÍAS TELEFÓNICAS.....	57
2.3.2	NORMALIZACIÓN SAR.....	58
2.4	PARÁMETROS Y SEÑALES CONSIDERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....	59
2.4.1	LOCALIZACIÓN DE UN MÓVIL.....	60
2.4.2	INTERFERENCIAS.....	61
2.4.2.1	INTERFERENCIAS CO-CANAL.....	62
2.4.2.2	INTERFERENCIAS ENTRE CANALES ADYACENTES.....	64
2.4.3	EL CANAL DE RADIO.....	65
2.4.3.1	CANAL DE CONTROL (CCH).....	65
2.4.4	EJEMPLO DE UNA LLAMADA GSM.....	66
2.5	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	68
2.5.1	INTRODUCCIÓN.....	68
2.5.2	SELECCIÓN DEL GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR.....	69
2.5.3	SELECCIÓN DEL GENERADOR DE RUIDO ALEATORIO.....	70
2.5.4	SELECCIÓN DEL OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE...	71
2.5.5	SELECCIÓN DEL AMPLIFICADOR DE RADIO FRECUENCIA.....	72
2.6	DISEÑO ELECTRÓNICO.....	73
2.6.1	ETAPA DE EMISIÓN DE SEÑAL O ALTA FRECUENCIA.....	73-84
III.	MONTAJE Y PRUEBAS DEL BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM.	
3.1	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.....	85

3.2	MONTAJE Y ACOPLAMIENTO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA....	87
3.3	PRUEBAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92
3.4	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	95
3.5	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.....	96
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1	CONCLUSIONES.....	98
4.2	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	100
	ANEXOS.....	102
	ANEXO A: HOJAS DE DATOS	
	ANEXO B: CIRCUITOS ELECTRÓNICOS	

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga, el prototipo está diseñado para bloquear la señal GSM que opere en la banda B, asignada a la compañía OTECEL quien tiene mayor cantidad de usuarios en esta zona regional. Con la implementación del bloqueador de teléfonos celulares, se busca brindar áreas libres de tono celular, garantizando la seguridad y privacidad de personas, en lugares públicos y privados.

El bloqueador de teléfonos celulares, es un sistema que permite anular la señal GSM, de un móvil, mediante la generación de una señal interferente, haciendo uso de osciladores controlados por voltaje (VCO), con la ayuda de amplificadores de radio frecuencia que nos ayudaran a cubrir el área a utilizar. En principio lo que se espera es tener una onda de salida en proporción a algún parámetro de voltaje de control. El dispositivo, no dañará el teléfono celular bajo ninguna circunstancia, solamente inhabilita su recepción o transmisión de señal, razón por la cual aparecería leyendas como "Fuera del área cobertura", "Sin servicio", "En emergencia", entre otras, dependiendo del modelo del celular. Pero si nos retiramos del área de cobertura del bloqueador, el celular recupera los servicios

PRESENTACIÓN

La telefonía móvil consiste en ofrecer un acceso “Vía radio” a un equipo de telefonía, de tal manera que pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema. La diversidad de servicios que en estos momentos se presenta en la telefonía celular, indica que la industria esta trabajando en acelerar el desarrollo de tecnologías de comunicaciones móviles. La movilidad y los nuevos servicios de valor agregado, hacen que la telefonía celular sea el segmento de más rápido crecimiento de la industria de las telecomunicaciones. Debido al uso indiscriminado de los teléfonos celulares se ha presentado una situación problemática, en la cual el timbre o uso del celular, llega a ser molesto para las personas, y perjudicial para los equipos computarizados al interferir en su funcionamiento o generar datos erróneos, la presente investigación es orientada a resolver esta problemática al brindar áreas libres de tonos o timbres de celulares.

En el primer capítulo titulado “**FUNDAMENTOS SOBRE TELEFONÍA CELULAR, OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLTAJE**”, se reseña como la telefonía móvil se desarrollo en la historia, se da a conocer también las tecnologías de telefonía móvil, sus generaciones de desarrollo, posibles efectos negativos en la salud humana, se identifica a los organizaciones responsables de la normalización de la telefonía celular dentro y fuera del país, y finalmente se da a conocer conceptos básicos de los principales elementos a utilizar en el proyecto.

En el segundo capítulo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM**”, se refiere a las especificaciones del mecanismo, se identifican los parámetros y señales considerados en el diseño, la selección de componentes se la realiza en función de los parámetros y señales. Para finalizar se describe el diseño electrónico, conteniendo cálculos para el funcionamiento de los integrados y demás elementos, muestra, también la construcción del circuito electrónico a través de programas de simulación.

En el tercer capítulo titulado “**MONTAJE Y PRUEBAS DEL BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM**”, se abarcara temas como la descripción del sistema, el montaje comprendiendo los circuitos en proto board y los del circuito impreso, pruebas de operación, alcance y limitaciones del sistema, para culminar con el análisis técnico económico.

En el cuarto capítulo titulado “**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**”, se enumeran las conclusiones a las que se llegó luego de haber realizado las pruebas correspondientes, y se enlistaron algunas recomendaciones en función de la experiencia desarrollada a través del proyecto.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTOS SOBRE TELEFONÍA CELULAR, OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLTAJE.

1.1 TELEFONÍA CELULAR.

1.1.1 INTRODUCCIÓN.

Los teléfonos celulares han revolucionado el área de las comunicaciones, redefiniendo cómo percibimos las comunicaciones de voz, además se mantuvieron fuera del alcance de la mayoría de los consumidores debido a los altos costos involucrados. Como resultado, las compañías proveedoras de servicios invirtieron tiempo y recursos en encontrar nuevos sistemas de mayor capacidad, y por ende, menor costo. Los sistemas celulares se beneficiaron de estas investigaciones y comenzaron a desarrollarse como productos de consumo masivo. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios; las hace sentir más seguras y más productivas.

1.1.2 HISTORIA.

1.1.2.1 RESEÑA HISTÓRICA.

A los efectos de mostrar la evolución de la telefonía móvil en la historia se procederá a describir una breve reseña que muestra el avance de la misma:

1843. Un talentoso químico de nombre Michael Faraday comenzó un profundo estudio sobre la posible conducción de electricidad del espacio, Faraday expuso

sus grandes avances respecto a la tecnología del siglo anterior, lo que ayudó en forma incalculable en el desarrollo de la telefonía celular.

1876. El teléfono es inventado por Alexander Graham Bell.

1894. Si bien la comunicación inalámbrica tiene sus raíces en la invención del radio por Nikolai Tesla en la década de 1880, formalmente fue presentado en 1894 por un joven italiano llamado Guglielmo Marconi.

1947. Fue un gran año para lo que sería la industria de la telefonía celular. En ese año los científicos desarrollaron las ideas que permitían el uso de teléfonos móviles usando “células¹” que identificaran un usuario en cualquier punto desde donde se efectuara la llamada. Sin embargo, la limitada tecnología del momento obligó a desarrollos posteriores.

1949. En la época predecesora a los teléfonos celulares, la gente que realmente necesitaba comunicación móvil tenía que confiar en el uso de radio-teléfonos en sus autos. En el sistema radio-telefónico, existía sólo una antena central por cada ciudad, y unos pocos canales disponibles en la torre, esta antena central significaba que el teléfono en el vehículo requeriría una antena poderosa, lo suficientemente poderosa para transmitir a 50 ó 60 Km. de distancia. Esto también significaba que no muchas personas podían usar los radio-teléfonos simplemente no existían suficientes canales para conectar.

1964. Hasta la fecha, los sistemas de telefonía móvil operaban sólo en el modo manual; un operador del teléfono móvil especial manejaba cada llamada, desde y hacia cada unidad móvil. En este año, los sistemas selectores de canales automáticos fueron colocados en servicio para los sistemas de telefonía móvil. Esto eliminó la necesidad de la operación oprimir para hablar (push-to-talk) y les

¹ Fue determinado que, subdividiendo un área geográfica relativamente grande en secciones más pequeñas llamadas celdas o células, se podría aplicar un concepto de reutilización de frecuencias para incrementar dramáticamente la capacidad de un canal de telefonía móvil.

permitía a los clientes marcar directamente sus llamadas, sin la ayuda de una operadora.

El MTS (Sistema de Telefonía Móvil) usa los canales de radio de FM para establecer los enlaces de comunicación. Los sistemas MTS sirven a un área de aproximadamente 60 Km. a la redonda y cada canal opera similarmente a una línea compartida. Cada canal puede asignarse a varios suscriptores, pero sólo un suscriptor puede utilizarlo a la vez. Si el canal preasignado está ocupado, el suscriptor debe esperar hasta que se desocupe, antes de hacer o recibir una llamada.

1971. La demanda creciente en el espectro de frecuencia de telefonía móvil saturado impulsó a buscar un modo de proporcionar una eficiencia del espectro de frecuencia mayor. En este año, AT&T hizo una propuesta sobre la posibilidad técnica de proporcionar respuesta a lo anterior. Se comenzaba a delinear el principio de la radio celular². En este mismo año en Finlandia se lanza la primera red pública exitosa de telefonía móvil. Dicha red es vista como la Generación 0 (0G), estando apenas por encima de redes propietarias y redes de cobertura local.

1973. El Dr. Martín Cooper es considerado el inventor del primer teléfono portátil. Considerado como "el padre de la telefonía celular", siendo gerente general de sistemas de Motorola realizó una llamada a sus competidores de AT&T desde su teléfono celular, transformándose en la primera persona en hacerlo.

1977. Los teléfonos celulares se hacen públicos, dando comienzo las pruebas en el mercado. La ciudad de Chicago fue la primera en comenzar con 2000 clientes. Eventualmente otras líneas de prueba aparecieron en Washington D.C. y Baltimore.

² En **radio celular** cada área se divide en celdas (células) hexagonales que encajan juntas para poder formar un patrón en forma de panal. Se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a, un patrón circular, mientras elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes.

1979. Si bien los americanos eran los pioneros en la tecnología, los primeros sistemas comerciales aparecieron en Tokio, Japón por la compañía NTT, utilizando tecnología de primera generación (1G).

1981. En Septiembre de 1981 la primera red de telefonía celular con roaming³ automático comenzó en Arabia Saudita. Un mes más tarde los países Nórdicos comenzaron una red con roaming automático entre países.

1983. Chicago, Washington D.C. y Baltimore son los escenarios de los primeros lanzamientos de sistemas comerciales de telefonía celular en Estados Unidos. El mismo año la AMPS (Sistema Avanzado de Telefonía Móvil) es lanzada usando frecuencias de banda desde 800 MHz. hasta 900 MHz y de 30 KHz. de ancho de banda para cada canal como un sistema totalmente automatizado de servicio telefónico. Es el primer estándar en telefonía celular en el mundo.

1986. En varios países se ratificó a la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. Para 1986 los usuarios de telefonía celular llegan a los 2 millones aproximadamente sólo en Estados Unidos. Debido a esta gran aceptación, el servicio comenzó a saturarse rápidamente, creándose así la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y de transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de dar cabida a más usuarios.

1988. Este año cambió muchas de las tecnologías típicas del pasado. Se crea un nuevo estándar, el TDMA Interim Standard 54, el cual es oficializado en 1991. Motorola introduce el teléfono móvil DynaTAC, el primer radioteléfono puramente "móvil". El teléfono, apodado "el ladrillo", tenía una hora de tiempo de conversación y ocho horas de tiempo en modo en espera.

1996. Bell Atlantic Mobile lanza la primera red comercial CDMA en los Estados Unidos.

³ **Roaming.** Es la capacidad de hacer o recibir llamadas fuera del área local de servicio del plan. Esto sucede cuando un abonado de un proveedor de telefonía celular usa las instalaciones de un segundo proveedor.

1997. Entra en uso la red digital e inalámbrica de voz y datos (2G)

1.1.2.2 GENERACIONES DE LA TELEFONÍA CELULAR

Las distintas necesidades y avances dieron lugar a generaciones tecnológicas bien diferenciadas con el fin de dar cumplimiento a las necesidades del mercado para tener acceso múltiple al canal de comunicación, así como la necesaria migración de los sistemas analógicos a sistema digital con el fin de permitir mayor volumen de usuarios y ofrecer los niveles de seguridad que se demandaban.

Estas generaciones son:

1.1.2.2.1 GENERACIÓN CERO (0G)

Generación 0 representa a la telefonía móvil previa a la era celular. Estos teléfonos móviles eran usualmente colocados en autos o camiones, aunque modelos en portafolios también eran realizados. Por lo general, el transmisor era montado en la parte trasera del vehículo y unido al resto del equipo, colocado cerca del asiento del conductor. Eran vendidos a través de empresas telefónicas alámbricas, empresas radio telefónicas, y proveedores de servicios de radio doble vía. El mercado estaba compuesto principalmente por constructores, celebridades, etc. Esta tecnología, conocida como red pública móvil (ARP), fue lanzada en 1971 en Finlandia; conocida ahora como el país con la primera red comercial de telefonía móvil.

1.1.2.2.2 PRIMERA GENERACIÓN (1G)

La primera generación de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, si bien proliferó durante los años 80. Introdujo los teléfonos celulares, basados en las redes celulares con múltiples estaciones de base relativamente cercanas unas de otras, y protocolos para el traspaso entre las celdas cuando el teléfono se movía

de una celda a otra. La transferencia analógica y estrictamente para voz son características de identidad de la primera generación. Con calidad de enlaces muy reducida, la velocidad de conexión no era mayor a (2400 baudios). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA, acceso múltiple por división de frecuencia), lo que limitaba en forma notable la cantidad de usuarios que el servicio podía ofrecer en forma simultánea ya que los protocolos de asignación de canal estáticos padecen de ésta limitación.

Con respecto a la seguridad, las medidas preventivas no formaban parte de esta primitiva telefonía celular. El sistema conocido como Sistema de Comunicación de Acceso Total (TACS) fue introducido en el Reino Unido y muchos otros países. Aunque la tecnología predominante de esta generación es AMPS (Sistema Avanzado de Telefonía Móvil⁴). Si bien había diferencias en la especificación de los sistemas, eran conceptualmente muy similares. La información con la voz era transmitida en forma de frecuencia modulada al proveedor del servicio. Un canal de control era usado en forma simultánea para habilitar el traspaso a otro canal de comunicación de serlo necesario. La frecuencia de los canales era distinta para cada sistema.

1.1.2.2.3 SEGUNDA GENERACIÓN (2G)

Si bien el éxito de la 1G fue indiscutible, el uso masivo de la propia tecnología mostró en forma clara las deficiencias que poseía. El espectro de frecuencia utilizado era insuficiente para soportar la calidad de servicio que se requería. Al convertirse a un sistema digital, ahorros significativos pudieron realizarse. Un número de sistemas surgieron en la década del 90 debido a estos hechos, y su historia es tan exitosa como la de la generación anterior. La Segunda Generación (2G) de telefonía celular, con tecnologías como (TDMA, Acceso múltiple por

⁴ **AMPS.** Divide el espacio geográfico en una Red de celdas, de forma que las celdas adyacentes nunca usan las mismas frecuencias, para evitar interferencias. La estación base de cada celda emite con una potencia relativamente pequeña. La potencia emitida es más pequeña en cuanto más pequeñas sean las celdas. Esto favorece también a la reutilización de frecuencias y aumenta, con mucho, la capacidad del sistema.

división de tiempo), (CDMA, Acceso múltiple por división de códigos), (GSM, Grupo Especial Móvil) comenzó a introducirse en el mercado.

La generación se caracterizó por circuitos digitales de datos conmutados y la introducción de la telefonía rápida y avanzada a las redes. Usó a su vez acceso múltiple de tiempo dividido (TDMA) para permitir que hasta ocho usuarios utilizaran los canales separados por 200MHz. Los sistemas básicos usaron frecuencias de banda de 900MHz, mientras otros utilizaron frecuencias de 1800 y 1900MHz. Nuevas bandas de 850MHz fueron agregadas en forma posterior. La introducción de esta generación trajo la desaparición de los “ladrillos” que se conocían como teléfonos celulares, dando paso a pequeñísimos aparatos que entran en la palma de la mano y oscilan entre los 80-200gr. Tienen mejoras en la duración de la batería, debido a tecnologías de bajo consumo energético.

EL sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Se encontrará información detallada de los protocolos en la sección correspondiente más adelante. Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información por voz más altas, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Servicios de mensajes cortos). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Servicios de Comunicación Personal⁵).

1.1.2.2.4 GENERACIÓN (2.5 G)

Una vez que la segunda generación se estableció, las limitantes de algunos sistemas en lo referente al envío de información se hicieron evidentes. Muchas aplicaciones para transferencia de información eran vistas a medida que el uso de

⁵ (PCS): Es aquel que proporciona accesibilidad universal a servicios como: voz, datos, video, audio, mensajes, posicionamiento, Internet, etc., en forma inalámbrica, a usuarios móviles. Comúnmente se le asocia a la telefonía móvil celular.

computadores portátiles y del propio Internet se fue popularizando. Si bien la tercera generación estaba en el horizonte, algunos servicios se hicieron necesarios previa a su llegada. El Servicio general de radio por paquetes (GPRS) desarrollado para el sistema GSM fue de los primeros en ser visto. Hasta este momento, todos los circuitos eran dedicados en forma exclusiva a cada usuario.

Esto era ineficiente cuando un canal transfería información sólo en un pequeño porcentaje. El nuevo sistema permitía a los usuarios compartir un mismo canal, dirigiendo los paquetes de información desde el emisor al receptor. Esto permite el uso más eficiente de los canales de comunicación, lo que habilita a las compañías proveedoras de servicios a cobrar menos por ellos.

Mientras los términos "2G" y "3G" están definidos oficialmente, no lo está "2.5G". Fue inventado con fines únicamente publicitarios. Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a la 3G. La tecnología 2.5G es más rápida, y más económica para actualizar a 3G.

1.1.2.2.5 TERCERA GENERACIÓN (3G).

No mucho después de haberse introducido las redes 2G se comenzó a desarrollar los sistemas 3G. Como suele ser inevitable, hay variados estándares con distintos competidores que intentan que su tecnología sea la predominante. Sin embargo, en forma muy diferencial a los sistemas 2G, el significado de 3G fue estandarizado por el proceso IMT-2000⁶. Este proceso no estandarizó una tecnología sino una serie de requerimientos (2 Mbps de máxima tasa de transferencia en ambientes cerrados, y 384 Kbps en ambientes abiertos). Día a día, la idea de un único estándar internacional se ha visto dividida en múltiples

⁶ **IMT-2000.** Viene a consolidar y unificar los diversos e incompatibles ambientes móviles a una infraestructura de Red y Radio capaz de ofrecer un amplio rango de servicios a escala global. Además proporciona acceso a servicios de telecomunicaciones prestados por las redes fijas de telecomunicaciones (PSTN y/o ISDN) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles.

estándares bien diferenciados entre sí. La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos entre ellos WAP empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

1.1.2.2.6 CUARTA GENERACIÓN (4G).

Esta generación aún no es considerada como 4G por parte de IEEE, es por eso que también se le conoce como “Beyond 3G” (Más allá de 3G). Esta generación tiene aproximadamente dos años y medio que fue presentada en Japón por parte de la compañía NTT, que es la empresa de telefonía celular más grande de Japón y ha estado presente desde las primeras generaciones. Cuando esta compañía japonesa realizó sus pruebas sobre 4G, logró realizar una transferencia a 100 Mbps, es decir 100 veces más rápido de lo que transfieren los celulares actuales.

Debido a que la 3G tiene relativamente poco tiempo en el mercado, es muy probable que no veamos la 4G hasta que haya sido rentable el dinero invertido en la 3G. Uno de los objetivos principales de esta tecnología es poder transmitir entre 20 Mbps y 1 Gbps (1000 Mbps). NTT ha dicho que no construirá una red 4G hasta el 2010, pero que desde antes de esa fecha ira aumentando la velocidad de transmisión. Para finales del 2007 se decidió las especificaciones técnicas de la tecnología 4G, la cual ofrece descargas de hasta 100 Mbps y transmisión de datos de hasta 50 Mbps, esta red estará en funcionamiento entre el presente año y el 2010. Una de las diferencias de la 3G a la 4G es por supuesto la velocidad de transmisión.

Esta generación utiliza el protocolo TCP/IP el cual es el mismo protocolo de Internet, pero para esta generación se estará utilizando el Protocolo de Internet versión 6. Se espera que este protocolo actúe como elemento concentrador de las

diferentes tecnologías, debido a que las mejoras de la versión 6 en comparación con el protocolo que aún se sigue utilizando (versión 4) son notables, entre ellas la movilidad, direccionamiento y la seguridad. Uno de los problemas que se encuentra para esta generación es que con este protocolo aún no saben como añadir el paging ya que este protocolo no lo proporciona. El paging es cuando un nodo móvil informa su posición a la red.

Otra característica esencial que presentará esta tecnología es que con el protocolo TCP/IP no le va a interesar con que radiofrecuencia hace el enlace físico. Con la tecnología que ha sido presentada, se espera que incluso las llamadas telefónicas no tengan costo alguno y la renta de los celulares sea como actualmente se ha estado haciendo con Internet, es decir con una renta mensual dependiendo del ancho de banda que se desee. NTT, la empresa japonesa, dice en su página Web⁷ que además están desarrollando un nuevo concepto que eliminará la necesidad de estaciones base permitiendo la conexión directa entre los terminales. Incluso están investigando las redes móviles versátiles en las cuales las estaciones base tendrán la capacidad de instalarse automáticamente, creando una red que tenga realmente la capacidad de pensar por sí misma.

1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA CELULAR.

Los teléfonos celulares, por sofisticados que sean y luzcan, no dejan de ser radio transmisores personales. Siendo un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, donde los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite.

Un teléfono celular es un dispositivo dual, esto quiere decir que utiliza una frecuencia para hablar, y una segunda frecuencia aparte para escuchar.

⁷ NTT DoCoMo: Toward 4G
<http://www.nttdocomo.com/technologies/future/toward/index.html>

La genialidad del teléfono celular reside en la formación de células, es decir subdividir una área geográfica relativamente grande en secciones más pequeñas, que permitan extender la frecuencia por toda una ciudad. Esto es lo que permite que millones de usuarios utilicen el servicio en un territorio amplio sin tener problemas.

He aquí como funciona. Se puede dividir un área (como una ciudad) en células. Cada célula es típicamente de un tamaño de 10 millas cuadradas (unos 26Km²). Las células se imaginan como unos hexágonos que encajan juntas para poder formar un patrón de forma de panal grande como el de la figura 1.1.

Se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a, un patrón circular, mientras elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes. Una célula se define por su tamaño físico y, lo más importante, por el tamaño de su población y patrones de tráfico. El número de células por sistema lo define el proveedor y lo establece de acuerdo a los patrones de tráfico anticipados. Sin embargo, el tamaño de las células puede variar mucho dependiendo del lugar en que se encuentre.

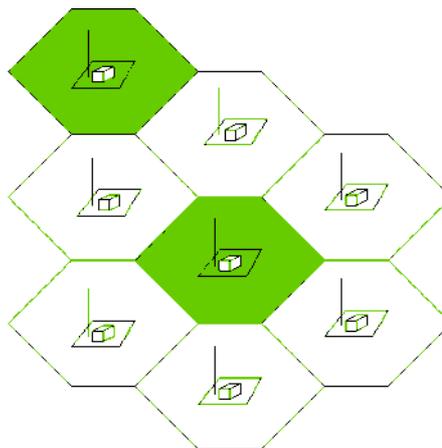


Figura 1.1. Células

Las estaciones base se separan entre 1 a 3 Km. en zonas urbanas, aunque pueden llegar a separarse por más de 35 Km en zonas rurales. En zonas muy

densamente pobladas o áreas con muchos obstáculos (como edificios altos), las células pueden concentrarse en distancias cada vez menores. Algunas tecnologías, como los PCS, requieren células muy cercanas unas de otras debido a su alta frecuencia y bajo poder en el que operan. Debido a que los teléfonos celulares y las estaciones de base utilizan transmisores de bajo poder, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en células no adyacentes.

De esta forma, en un sistema analógico, en cualquier celda pueden hablar 59 personas en sus teléfonos celulares al mismo tiempo. Con la transmisión digital, el número de canales disponibles aumenta. Por ejemplo el sistema digital TDMA puede acarrear el triple de llamadas en cada celda, alrededor de 168 canales disponibles simultáneamente. Cada célula tiene una estación base que consta de una torre y un pequeño edificio en donde se tiene el equipo de radio. Cada célula utiliza un séptimo de los 416 canales duales de voz disponibles. Dejando entonces a cada célula aproximadamente los 59 canales disponibles nombrados anteriormente.

Si bien los números pueden variar dependiendo de la tecnología usada en el lugar, las cantidades sirven para mostrar cómo funciona la tecnología. Los teléfonos celulares poseen unos transmisores de bajo poder dentro de ellos. Muchos teléfonos celulares tienen 2 fuerzas de señal: 0.6 Watts y 3 Watts (como comparación, la mayoría de los radios de onda corta transmiten a 5 Watts). La estación base también transmite a bajo poder. Los transmisores de bajo poder tienen 2 ventajas:

El consumo de energía del teléfono, que normalmente opera con baterías, es relativamente bajo. Esto significa que bajo poder requiere baterías pequeñas, y esto hace posible que existan teléfonos que caben en la mano. A su vez aumenta en forma considerable el tiempo en que se puede usar el teléfono entre carga y carga de la batería. Las transmisiones de las estaciones base y de los teléfonos no alcanzan una distancia más allá de la célula. Es por esto que en la figura de

arriba en cada celda se pueden utilizar las mismas frecuencias sin interferir unas con otras.

Entonces digamos que se tiene un celular, lo encendemos, y alguien trata de llamarnos. La Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil (MTSO) recibe la llamada, y trata de encontrarnos. Desde los primeros sistemas la MTSO lo encontraba activando su teléfono en cada célula de la región hasta que el teléfono respondiera, entonces la estación base y el teléfono decidirá cuál de los 59 canales en su teléfono celular usará. En sistemas modernos los teléfonos esperan una señal de identificación del sistema (IDS), del canal de control⁸ cuando este se enciende. El teléfono también transmite una propuesta de registro y la red mantiene unos datos acerca de su ubicación en una base de datos.

Ahora estará conectado a la estación base y puede empezar a hablar y escuchar. A medida que nos movamos en la célula, la estación base notará que la fuerza de su señal disminuye. Entretanto, la estación base de la célula hacia la que se está moviendo (que está escuchando la señal) será capaz de notar que la señal se hace más fuerte. Las dos estaciones base se coordinan a sí mismas a través del MTSO, y en algún punto su teléfono obtiene una señal que le indica que cambie de frecuencia, este cambio hace que su teléfono mude su señal a otra célula.

Si el teléfono no puede hallar canales para escuchar se sabe que está fuera de rango y muestra un mensaje de "sin servicio". Éste es, en forma bastante simplificada, el funcionamiento de la telefonía celular; abarcando desde el aspecto teórico en la división de las zonas geográficas en células, hasta el intercambio entre células necesarias para establecer una sencilla comunicación entre dos teléfonos celulares.

⁸ **Canal de Control:** generalmente proporciona una información básica acerca del sistema celular particular: número de identificación del sistema, rango de los canales de paging y de acceso que puede escanear.

Canal de Paging: Son los canales usados para mantener en ubicación temporal a un terminal.

Canal de Acceso: Son usados para responder cuando esta siendo llamado, o para iniciar una llamada.

1.1.4 TEGNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES.

Las tecnologías utilizadas actualmente para la transmisión de información en las redes son denominadas de acceso múltiple, debido a que más de un usuario puede utilizar cada una de las celdas de información. Actualmente existen varias tecnologías, que difieren en los métodos de acceso a las celdas:

- **FDMA** (Acceso múltiple por división de frecuencia): Accesa las celdas dependiendo de las frecuencias. Básicamente, separa el espectro en distintos canales de voz, al dividir el ancho de banda en varios canales uniformemente según las frecuencias de transmisión. Los usuarios comparten el canal de comunicación, pero cada uno utiliza uno de los diferentes sub canales particionados por la frecuencia. Mayormente es utilizada para las transmisiones analógicas, aún cuando es capaz de transmitir información digital (no recomendada).
- **TDMA** (Acceso múltiple por división de tiempo): Divide el canal de transmisión en particiones de tiempo. Comprime las conversaciones digitales y luego las envía utilizando la señal de radio por un período de tiempo. En este caso, distintos usuarios comparten el mismo canal de frecuencia, pero lo utilizan en diferentes intervalos de tiempo. Debido a la compresión de la información digital, esta tecnología permite tres veces la capacidad de un sistema analógico utilizando la misma cantidad de canales.
- **CDMA** (Acceso múltiple por división de códigos): Esta tecnología, luego de digitalizar la información la transmite a través de todo el ancho de banda del que se dispone, a diferencia de TDMA y FDMA. Las llamadas se superponen en el canal de transmisión, diferenciadas por un código de secuencia único. Esto permite que los usuarios compartan el canal y la frecuencia. Como es un método adecuado para la transmisión de información encriptada, se comenzó a utilizar en el área militar. Esta tecnología permite comprimir de 8 a 10

llamadas digitales para que ocupen lo mismo que ocupa una llamada analógica.

En la figura 1.2 se muestra un gráfico comparativo del funcionamiento de las mencionadas tecnologías.

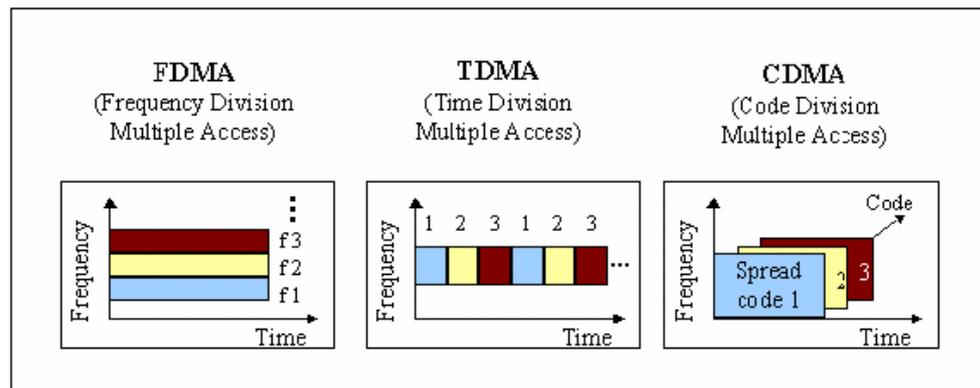


Figura 1.2. Gráfica que muestra las diferentes formas de dividir la frecuencia según los diferentes estándares.

- **GSM (Grupo Especial Móvil):** Es un estándar mundial para teléfonos celulares, llamado Sistema Global para las comunicaciones móviles, formalmente conocida como, Grupo Especial Móvil. Fue creado por CEPT (organismo internacional que agrupa a las entidades responsables en la Administración Pública de cada país europeo, de las políticas y la regulación de las comunicaciones, tanto postales como de telecomunicaciones), y posteriormente desarrollado por ETSI (Organización de Estandarización de la Industria de las Telecomunicaciones de Europa con proyección mundial) para estandarizar la telefonía celular en Europa, luego adoptado por el resto del mundo. En el año 2001, el 70% de los usuarios de telefonía móvil en el mundo usaban GSM. Es un estándar abierto, no propietario y que se encuentra en desarrollo constante. GSM emplea una combinación de TDMA y FDMA entre estaciones en un par de canales de radio de frecuencia duplex, con baja frecuencia entre canales. Como se conoce, CDMA se utiliza para información

digital codificada, por lo que GSM es un sistema diseñado para utilizar señales digitales, así como también, canales de voz digitales, lo que permite un moderado nivel de seguridad.

Existen cuatro versiones principales, basadas en la banda: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900, diferenciándose cada una en la frecuencia de las bandas. En GSM, las conexiones se pueden utilizar tanto a la voz, como a datos, lo que permitió el avance del envío y consumo de datos a través de los celulares. Los casos más comunes son las imágenes que se pueden enviar y recibir, y el uso de aplicaciones a través de los teléfonos móviles, tal es el caso de Internet. La implementación más veloz de GSM se denomina GPRS.

- **GPRS** (Servicio general de radio por paquetes): Básicamente es una comunicación basada en paquetes de datos. En GSM, los intervalos de tiempo son asignados mediante una conexión conmutada, en tanto que en GPRS son asignados mediante un sistema basado en la necesidad a la conexión de paquetes. Es decir, que si no se envía ningún dato por el usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios. Los teléfonos GPRS por lo general utilizan un puerto bluetooth para la transferencia de datos.
- **WAP** (Protocolo para aplicaciones inalámbricas). Es una especificación de protocolos estándar para aplicaciones que utilizan los dispositivos de comunicación inalámbricos, aplicaciones como por ejemplo el acceso a Internet desde un celular, el acceso a correo electrónico, u otros.
- **I-MODE**. Es un sistema de acceso a Internet utilizados en los dispositivos móviles, al igual que WAP, creado por NTT en 1999 pero que ha tenido un desarrollo muy importante en Japón. Cerca de un 30% de la población de Japón utiliza i-mode en sus aplicaciones vía Internet, ya sea, navegación de páginas, reservas de boletos de tren, chequeo del estado del tiempo y otros diferentes usos en sus rutinas diarias, como envío de correos electrónicos.

Consta de un conjunto de protocolos que le permiten a un usuario navegar a través de mini páginas diseñadas especialmente. Estas páginas, son escritas en un lenguaje muy similar a lo que es HTML, con leves modificaciones para su uso en teléfonos celulares. Este estándar también incluye una tecnología, llamada Doja, para realizar y consumir aplicaciones hechas en Java, pero no todos los terminales i-mode soportan dicha tecnología.

- **BLUETOOTH.** Es la norma que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia. Esta norma consigue facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminando cables y conectores.

El estudio de este tipo de tecnologías fue iniciado por Ericsson en 1994 para la interconexión de teléfonos móviles y otros accesorios. Todos aquellos equipos conectados con bluetooth deberán tener instalado el chip bluetooth, un software que interprete la conexión establecida.

La distancia entre los dispositivos puede alcanzar los 10 metros, dentro de la cual se ofrece una conexión segura de radio.

Uno de los principales obstáculos a los cuales se enfrenta este tipo de conexiones es que el emisor deberá consumir poca energía, debido a que deberá integrarse con dispositivos que por lo general funcionan en base a una batería.

- **IRDA (INFRAROJO).** Es un estándar que define una manera de implementar el uso de la tecnología infrarroja por los fabricantes, para la transmisión y recepción de información. Fue creada en 1993 entre HP e IBM, entre otros. La estas redes soportan tasas de frecuencia hasta de 4 Mbps, aunque aún se estudia la posibilidad de ampliar dichas tasas a 16 Mbps.

1.1.5 ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL.

1.1.5.1 DEFINICIÓN.

Una antena es un dispositivo pasivo (un arreglo de conductores eléctricos) que convierte potencia RF (radiofrecuencia) en campos electromagnéticos o en su defecto intercepta éstos mismos y los convierte a energía RF. Una antena de telefonía móvil es una estación base, de instalación fija, que se conecta con los teléfonos móviles mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, asimismo las antenas se comunican con la central de su propia red. Un clásico ejemplo es la representada en la figura 1.3.



Figura 1.3: Antena de telefonía Móvil

Las antenas de telefonía se caracterizan por ser bi-direccionales (emisión o recepción) de baja potencia. Además por producir radiación RF, son montadas sobre postes, torres de transmisión, o en los techos de altos edificios, ya que necesitan estar a cierta altura para poder tener una cobertura más amplia. La gente debe mantener una distancia prudencial hacia las antenas, no a las torres que sustentan las antenas. Por ello, existen muchos diseños de estaciones base de telefonía móvil que varían enormemente en su potencia, sus características y

su potencial para no exponer a la gente a energía de radiofrecuencias⁹. La potencia de Radiofrecuencia produce un flujo de corriente en la antena, esta corriente genera una radiación de campo electromagnético a través del espacio libre; asimismo, el campo electromagnético induce pequeñas corrientes en cualquier conductor que alcance (puede ser el cuerpo humano). Estas pequeñas corrientes son réplicas idénticas de la corriente original en la antena.

1.1.5.2 CARACTERÍSTICAS

Las antenas de telefonía móvil suelen instalarse sobre elementos que las elevan como torres, mástiles o también directamente sobre edificios como se menciono. En la práctica, se suelen instalar varias antenas en una ubicación para dar cobertura circular. En la configuración de 3 antenas dirigidas a un mismo sector, sólo emite la antena central, estando dedicadas las dos laterales únicamente a mejorar la recepción, sin que efectúen ningún tipo de emisión. En una antena típica de telefonía móvil, la emisión radioeléctrica se efectúa hacia el frente y en horizontal, en forma de un haz sensiblemente plano, y abarca un sector entre 60 y 120 grados. Las emisiones son casi inexistentes en el resto de direcciones (atrás, abajo y arriba).

Las características de las antenas y las condiciones en que éstas son instaladas habitualmente, hacen que los niveles de emisión suelen ser muy bajos sobre el lugar en el que se ubican. La intensidad de las emisiones disminuye rápidamente con la distancia. Según los cálculos efectuados por fabricantes, operadores y entidades independientes, el respeto de los límites de protección sanitaria está asegurado, de manera general, considerando un sistema aislado, a partir de unos cinco metros.

⁹ **Radiofrecuencia.** Son una clase de ondas electromagnéticas que se aplica en las telecomunicaciones y que permite comunicar dos puntos distantes tan lejos como unos cuantos metros o miles de kilómetros.

En el caso de agrupamiento de múltiples sistemas de telefonía móvil de un operador en una misma ubicación, dicha distancia podría incrementarse hasta unos diez metros. Los niveles de emisiones controlados por la FCC para las antenas son de $1\text{mW}/\text{cm}^2$.

1.1.5.3 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los campos electromagnéticos son el conjunto de ondas eléctricas y magnéticas, moviéndose a la velocidad de la luz, y que han sido producidas por la aceleración de una carga eléctrica. El término de campo electromagnético se usa para referirse a la presencia de radiación electromagnética. Y las diversas formas de radiación electromagnética se clasifican según su frecuencia.

Los Campos electromagnéticos incluyen los campos eléctrico y magnético de las redes de energía, radio, televisión, radar, comunicaciones vía satélite, teléfonos móviles y sus antenas. Los parámetros más importantes de una onda son su amplitud y frecuencia (figura 1.4). La primera define la potencia de la onda, y la segunda define el número de ciclos por segundo. La frecuencia se mide en Hz.

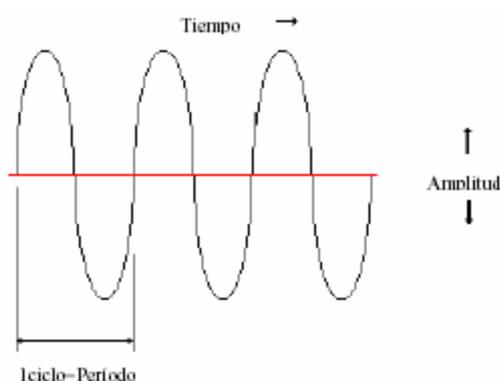


Figura 1.4: Onda de voltaje con 3 ciclos.

Los campos electromagnéticos transmiten energía, es decir emiten radiación ionizante o no ionizante, de acuerdo a su frecuencia, y pueden causar lo siguiente.

- **Radiación ionizante.** Con suficiente energía para producir ionización, separando electrones de los átomos. Si interactúa con la materia puede cambiar las reacciones químicas del cuerpo, y por lo tanto dañar los tejidos biológicos.
- **Radiación no ionizante.** Sin suficiente energía para causar ionización. Si interactúa con materia biológica puede inducir corrientes o causar un efecto de calentamiento, pero sin grandes daños, ya que los niveles a los que está expuesta la población son muy bajos.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas hasta frecuencias muy bajas (figura 1.5). La luz visible es una pequeña parte del espectro electromagnético. Por orden decreciente de frecuencias, el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos X duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

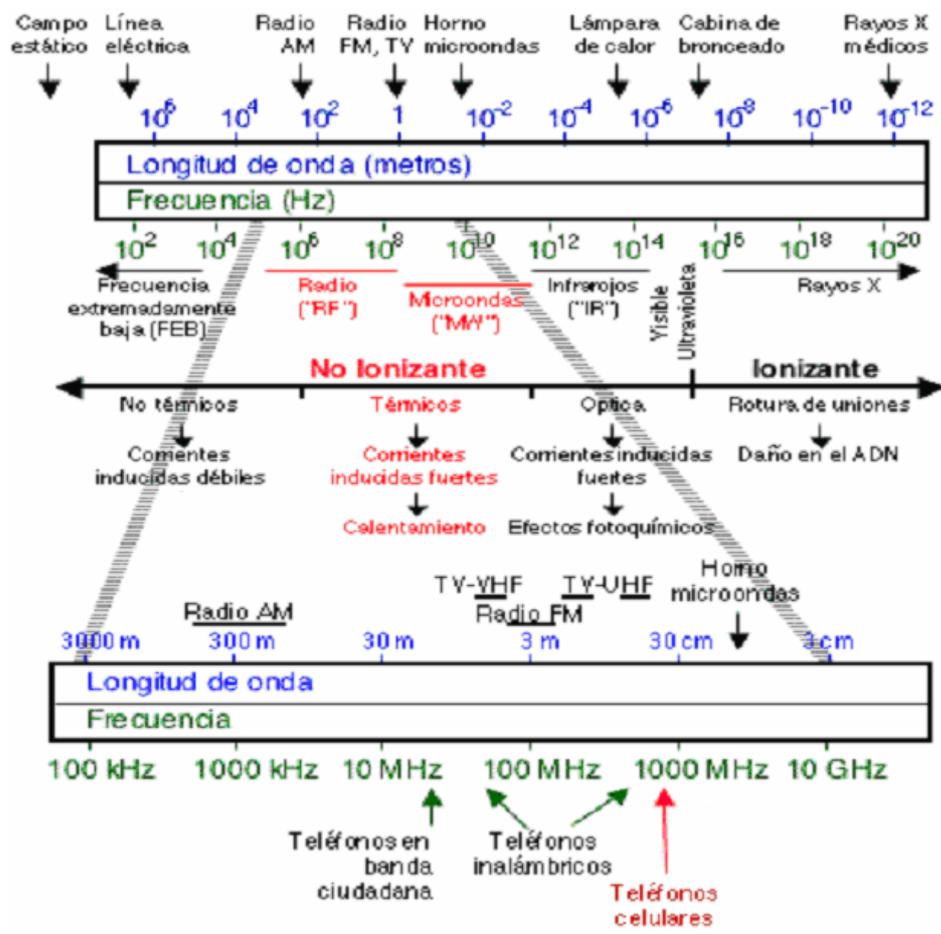


Figura 1.5: Espectro del campo electromagnético

1.1.5.4 EFECTOS EN LA SALUD

Los campos electromagnéticos penetran los tejidos expuestos a profundidades que dependen de la frecuencia hasta un centímetro en el caso de las frecuencias utilizadas por los teléfonos móviles. La energía RF es absorbida en el cuerpo y produce calentamiento, pero el proceso homeostático termo regulatorio normal, disipa este calor. Todos los efectos establecidos debido a la exposición a la RF están relacionados con el calentamiento. En los campos producidos por celulares, se ha demostrado que se produce una elevación de temperatura superficial y profunda en tejidos de la cabeza expuestos a radiación electromagnética de 900 MHz, con sus consiguientes efectos adversos para la salud.

Se ha medido experimentalmente los efectos de la radiación electromagnética similar a la de algunos equipos telefónicos celulares, de 900 MHz, con frecuencias de repetición de 217 Hz y el ancho de pulso de 0,6 milisegundos, la exposición de animales de experimentación a este tipo de radiación causa en éstos un riesgo relativo. Para el ser humano, hay algunos estudios preliminares que sugieren, pero de una manera no concluyente, una mayor frecuencia de tumores cerebrales en usuarios de teléfonos celulares.

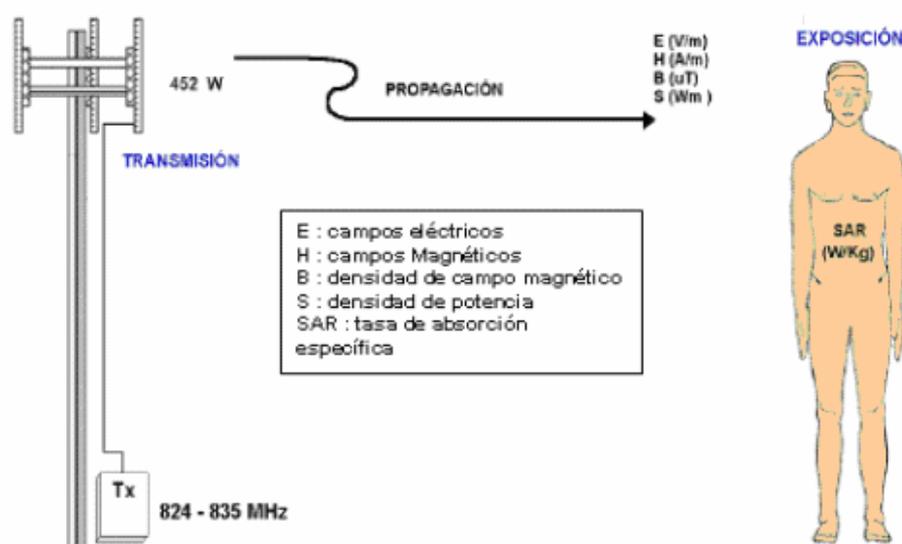


Figura 1.6: Exposición a una antena de Telefonía móvil

1.2 APLICACIONES DE LA TELEFONÍA CELULAR

Las comunicaciones móviles contribuyen a la eficiencia de las compañías, tanto en logística, marketing como en las comunicaciones internas, mas allá de eso el teléfono móvil ha probado ser un instrumento valioso para la pequeña empresa y sus dueños. Nuevos conceptos de servicios en el sector público han crecido alrededor de la telefonía móvil, por ejemplo, aquellos basados en sistemas de mensajes.

Todo lo que nos rodea, incluyendo el celular, dice mucho sobre como somos. Las publicidades gráficas muestran varias características para ayudar al consumidor a poner su propio toque personal. Las publicidades consideran al celular como un objeto de uso personal permitiendo al usuario identificarse con él. Los destinatarios a los que apuntan, en su gran mayoría, pertenecen a un público joven, que quiere divertirse, disfrutar y pasarla bien, pero en determinados casos, atraen a hombres de negocios brindándole la posibilidad de comunicarse lo más rápido posible con sus clientes y/o demás actividades laborales.

El gran avance tecnológico en la telefonía celular, ha permitido un crecimiento, tanto en el diseño de los celulares (su peso, grosor, pantalla color, cantidad de líneas, etc.), como en la innovación de accesorios disponibles para cada celular en particular. Por ejemplo: manos libres con radio que permite sintonizar el dial que desee el consumidor y a su vez la posibilidad de hablar por teléfono sin tener que interrumpir sus actividades normales.

Las empresas a través de usos y características de los teléfonos crean una nueva necesidad para el usuario. Algunas de ellas son: cámara de video fotográfica, juegos, mayor velocidad de conexión a Internet y descargas de la Web, la persona puede enviar imágenes, mensajes o e-mail y también bajar ring tones, mp3, Chat., resolución de pantalla, sonido polifónico, memoria, agenda, alarma. Brindando no solo comunicación si no entretenimiento de última tecnología

1.3 NORMALIZACIÓN DE LA COMISIÓN FEDERAL DE COMUNICACIONES

1.3.1 ANTECEDENTES

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) fue creada por la Ley de Comunicaciones de 1934 y es una agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos. La FCC tiene a su cargo la reglamentación de las comunicaciones interestatales (entre los estados) e internacionales por

radio, televisión, teléfono, satélite, y cable en todos los 50 estados, el Distrito de Columbia, y los territorios de los Estados Unidos. Cinco comisionados dirigen la FCC. Todos ellos son nombrados por el Presidente y ratificados por el Senado. Solo tres de los comisionados pueden ser del mismo partido político y ninguno puede tener un interés financiero en ninguno de los negocios relacionados con la comisión. De los comisionados, el Presidente selecciona a uno para que funja como presidente de la comisión. Todos los comisionados, incluyendo al presidente, tienen un término de cinco años, excepto cuando entran para cubrir un período inconcluso.

1.3.2 ORGANIZACIÓN

El personal de la FCC está organizado por funciones. Existen siete oficinas operativas y diez despachos de personal. Las oficinas procesan solicitudes para licencias y otros documentos, analizan quejas, realizan investigaciones, desarrollan e implementan programas de regulación, y participan en audiencias, entre otras cosas. Los despachos proporcionan servicios de apoyo. Las oficinas y despachos regularmente unen esfuerzos y comparten sus experiencias para tratar los asuntos de la FCC.

1.3.3 ACCIONES DE LA FCC EN TELEFONÍA CELULAR

En 1940, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) dispuso nuevas frecuencias para la radio móvil en la banda de frecuencia de 30 a 40 MHz. Sin embargo, hasta que los investigadores desarrollaron técnicas de modulación en frecuencia, para mejorar la recepción en presencia de ruido electrónico y desvanecimiento de señales, la radio móvil era una solución. El primer sistema de telefonía móvil comercial en los Estados Unidos se estableció, en 1946, cuando la FCC proporcionó seis canales de telefonía móvil de 60 KHz, en el rango de frecuencias 150 MHz.

En 1949, la FCC autorizó seis canales móviles adicionales a las portadoras de radio comunes, las cuales definieron como compañías que no proporcionan un servicio telefónico de línea alámbrica pública, pero si se interconectan a la red telefónica pública y proporcionan un servicio de teléfono inalámbrico equivalente. La FCC después incrementó el número de canales de 6 a 11, reduciendo el ancho de banda a 30 KHz y espaciando los nuevos canales entre los viejos. En 1950, la FCC agregó 12 canales nuevos en la banda de 450 MHz.

La demanda creciente en el espectro de frecuencia de telefonía móvil saturado impulsó a la FCC a buscar un modo de proporcionar una eficiencia del espectro de frecuencia mayor. En 1971 AT&T hizo una propuesta sobre la posibilidad técnica de proporcionar respuesta a lo anterior. Se comenzaba a delinear el principio de la radio celular.

En 1980, la FCC decidió dar una licencia de dos portadoras comunes por área de servicio. La idea era eliminar la posibilidad de un monopolio y proporcionar las ventajas que generalmente acompañan un ambiente competitivo. Subsecuentemente, surgieron dos sistemas de distribución de frecuencia, cada uno con su propio grupo de canales, sistema A y sistema B, para compartir el espectro de la frecuencia distribuida. El sistema A se definió para las compañías inalámbricas y el sistema B se definió para las compañías con líneas alámbricas. En 1982 la FCC aprobó en los Estados Unidos el lanzamiento, por parte de la empresa Ameritech, del primer sistema móvil comercial.

El 31 de Enero de 1995 la FCC concedió la licencia para construir y lanzar los 66 satélites para operar en las bandas destinadas al sistema TDMA. En 1996, la FCC autorizó la actualización de las directrices para evaluar la exposición humana a los campos de RF provenientes de las antenas de transmisión fijas, tales como las usadas en las estaciones base de telefonía celular.

La FCC ha aprobado límites para la exposición segura a la energía de radiofrecuencia (RF) con la colaboración de organismos federales de salud y

seguridad, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Estos límites se establecen de acuerdo a una unidad denominada Proporción de Absorción Específica (SAR¹⁰), que es una medida de la cantidad de energía de radiofrecuencia que absorbe el cuerpo cuando se usa un teléfono celular. La FCC exige que los fabricantes de teléfonos celulares garanticen que sus teléfonos cumplen con los límites indicados para una exposición segura. Todo teléfono celular que esté en o por debajo de los niveles SAR es un teléfono "seguro", de acuerdo a estos patrones. El límite de la FCC para la exposición pública de teléfonos celulares es un nivel SAR de 1.6 Vatios por kilogramo (1.6 W/Kg.).

1.4 ORGANISMOS DE CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ECUADOR.

En Ecuador, la expansión de la tecnología y de los servicios de telecomunicaciones condujo a la necesidad de brindar un servicio con calidad, para lo que se requirió de un marco jurídico de las telecomunicaciones, con acciones claras que promueva el incremento de mayores inversiones. Aceptando los retos de la modernización, se crea el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) en el mes de octubre de 1972, como resultado de desconcentrar las funciones del estado, esto es la regulación, planificación y operación de las telecomunicaciones, en el país. Debido al rápido crecimiento del mercado de las telecomunicaciones, se reestructura este sector, surge así el 10 de Agosto de 1992 la Ley Especial de Telecomunicaciones, transformando al Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones en la Empresa Estatal de Telecomunicaciones (EMETEL), manteniendo los servicios básicos de las telecomunicaciones como un monopolio exclusivo del estado, y creando paralelamente la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) con funciones de regulación y control del sector. Sujeto a la vigilancia del congreso nacional.

¹⁰ SAR es una medida de la potencia depositada en el cuerpo (ya sea en una región o promediada en todo el cuerpo) y se expresa en vatios por kilogramo de tejido (W/kg).

Posteriormente surge nuevas expectativas sobre la necesidad de modificar la ley anterior, pues se argumentaba la concentración de funciones en un solo organismo público (SUPTTEL), Esto sumado a las quejas de los usuarios por la falta de apoyo e interés gubernamental para el crecimiento y desarrollo del sector, constituyeron el factor principal que impulso la reforma a la Ley Especial de Telecomunicaciones, promulgada el 30 de agosto de 1995, así como también la aprobación de la Ley de Radio Difusión y Televisión, conduciendo así a la separación e independencia de las funciones de regulación y administración de las telecomunicaciones que a partir de ese momento se delegaron al Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, y con facultades para ejercer la representación a nombre del estado ante la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, se crea también la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SNT), como ente encargado de la ejecución e implementación de las políticas y regulaciones de telecomunicaciones emanadas por el CONATEL , incluyendo el Plan Nacional de Frecuencias. Y la Superintendencia de Telecomunicaciones queda como el organismo de control y monitoreo del espectro radioeléctrico. Así como de supervisión y control de operadores y concesionarios.

Desde el 2000 hasta el presente año, el CONATEL y la SENATEL ha sido promotor permanente de un régimen regulatorio justo y equilibrado, estructurando un mercado de telecomunicaciones libre y competitivo con políticas y normas claras que garantizan seguridad y transparencia tanto para los usuarios como para los inversores del sector.

1.5 OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLTAJE

Es un dispositivo particular dentro de los principios de la técnica de modulación en frecuencia. En el sentido estricto no son moduladores de frecuencia de una onda portadora central, a veces también se les considera como convertidores de voltaje a frecuencia. En principio lo que se espera es tener una onda de salida en

proporción a algún parámetro de voltaje de control. Uno de sus lugares de residencia típicos son los sistemas generadores de sonido, pero el ámbito de su utilidad abarca incluso a las telecomunicaciones.

Las redes RC pasivas o desfasadas y determinantes de frecuencia, apropiadas para osciladores de cambio de fase y con puente de Wien modificado, son muy usuales en realización de osciladores controlados directa o indirectamente por voltaje. El diseño de estos circuitos es relativamente fácil para algunos casos sencillos, sin embargo el diseño se complica en mayor o menor grado según la alternativa seleccionada en: distorsión, rango dinámico, estabilidad, amplitud, etc.

Para algunas opciones conocidas se puede lograr el control de frecuencias de manera directa bajo los siguientes principios:

- a) Conectando un circuito con resistencia o capacitancias variables con el voltaje. Esta variación puede ser bajo control manual o electrónico, en base a diodos apropiados y / o a transistores de efecto de campo.
- b) Variado resistencias o capacitancias en los brazos de un circuito puente. Esto puede ser bajo consecuencia directa de una aplicación que involucre extensómetro, o bien capacitores variables simples o diferenciales.

En estas circunstancias la variable primaria no será voltaje sino alguna cantidad física como fuerza, presión, esfuerzo, etc. sin embargo ello generará un voltaje de desbalance del puente que vendrá a desviar proporcionalmente la frecuencia central de oscilación de un circuito.

- c) Generando variación de las ganancias de una o más etapas amplificadoras; donde la frecuencia de oscilación es una función de esta ganancia, dependiente de una capacitancia por efecto Miller.

Cuando el control de frecuencia se realiza por medio de las componentes mencionadas, ante el control posprimario de variaciones de voltaje o ganancia, se dice que el entonado de la frecuencia de salida es electrónico y se les llama entonador electrónico.

La mayoría de los circuitos con cierto control presenta a su salida ondas cuadradas y triangulares, que no corresponde directamente a los llamados osciladores sinusoidales.

1.6 TIPOS OSCILADORES CONTROLADOS POR VOLATJE

1.6.1 OSCILADORES DE BASE - COMÚN

Los VCO's basados en amplificadores de base - común eran bastante utilizados hasta hace pocos años, estos circuitos tienen relativamente alta eficacia y un decente pero limitado ancho de banda. El inconveniente principal de estos osciladores es su tendencia a cambiar la frecuencia con cualquier variación en la carga, reflejado en un tirón de frecuencia. Un ejemplo de estos osciladores se muestra en la figura 1.7:

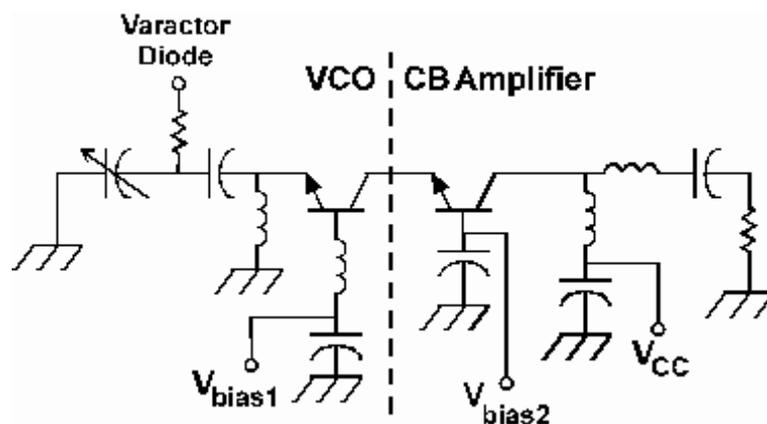


Figura 1.7. VCO con amplificador base - común

1.6.2 OSCILADOR DE RELAJACIÓN

Este tipo de VCO es el que más se utiliza en los diseños de C.I., el circuito oscila al cargar y descargar continuamente un condensador entre dos niveles de voltaje. Se controla con un voltaje de control que suministra a corriente para cargar y descargar el condensador (figura 1.8). Aunque el multivibrador es relativamente simple y requiere de pocos dispositivos, la frecuencia de oscilación es parcialmente dependiente del capacitor, y este es bastante sensible a los efectos de la temperatura debido a la configuración de voltaje de acople por emisor. Estos circuitos pueden presentar bastante rapidez, algunos presentan picos de hasta 7.4 GHz.

Aunque el circuito típicamente debería operar a grandes frecuencias, la frecuencia utilizable es bastante limitada debido a un corrimiento de la frecuencia central por variaciones de la temperatura que se vuelven más grandes a frecuencias más altas. Esta sensibilidad a la temperatura se debe principalmente a las características de operación de los transistores y a la resistencia del circuito.

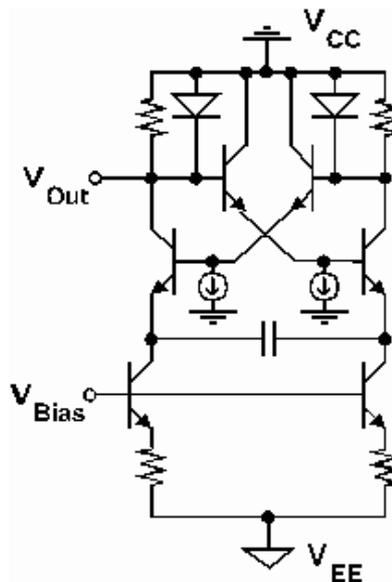


Figura 1.8. Oscilador de relajación.

1.6.3 OSCILADOR DE ANILLO

El oscilador de anillo es diferente al multivibrador. El bloque principal del circuito básico es una celda de retraso no constante que está controlada por voltaje. Al unir varios elementos de retardo el circuito oscilará con una frecuencia proporcional al voltaje de control, las celdas multiplican por dos el número de estados de retardo (el signo es cambiado y debe pasar entonces dos veces por el mismo lugar para volver a su valor original). Ver figura 1.9.

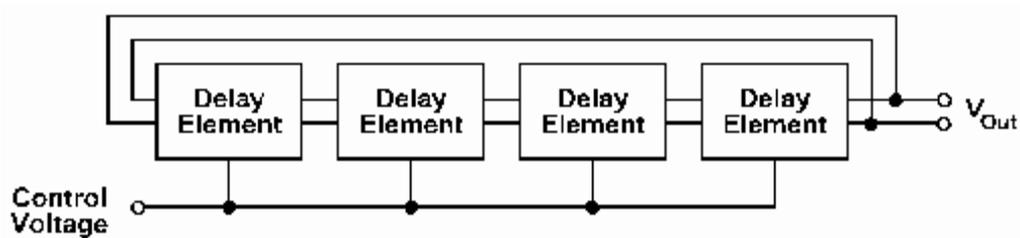


Figura 1.9. Oscilador de anillo básico controlado por voltaje

1.7 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

1.7.1 INTRODUCCIÓN

El simple hecho de ser seres humanos nos hace desenvolvemos en medios donde tenemos que estar comunicados. Por eso la gran importancia de la transmisión y la recepción de información, y en la época actual donde los equipos electrónicos hacen parte de la cotidianidad, es necesario establecer medios de comunicación eficaces entre ellos.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en estas décadas es la de comunicar mediante tecnología inalámbrica. La conexión de equipos mediante ondas de radio o luz infrarroja, está siendo ampliamente investigada. Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde un equipo no puede permanecer en un solo lugar, es decir necesita desplazarse. No se espera que

las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Ya que estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica.

Sin embargo se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y se pueda desplazar con facilidad dentro de un lugar.

Actualmente las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz y poderosa herramienta que permite la transferencia de voz, datos y video, sin la necesidad de utilizar cables para establecer la conexión. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio, permitiendo así tener dos grandes ventajas las cuales son la movilidad y flexibilidad del sistema en general.

1.7.2 HISTORIA

Al remontarnos en la historia, encontramos que las comunicaciones inalámbricas comenzaron con:

- La postulación de las ondas electromagnéticas por James Cleck Maxwell durante el año de 1861 en Inglaterra.
- La demostración de la existencia de estas ondas por Heinrich Rudolf Hertz entre 1886 y 1888 en Inglaterra.
- La invención del telégrafo inalámbrico por Guglielmo Marconi.

Durante 1890 eminentes científicos como Jagdish Chandra Bose de India, Oliver Lodge en Inglaterra y Augusto Righi de la Universidad de Bologna, se encargaron del estudio de los fundamentos naturales de las ondas electromagnéticas.

A continuación una reseña de las comunicaciones inalámbricas en términos de tecnologías de radio.

Era Pionera

1861. Postulación de las ondas electro magnéticas por James Maxwell.

1886. Demostración de la existencia de las ondas por Henry Rudolf Hertz.

1894. Primera patente de los sistemas inalámbricos por Guglielmo Marconi, en el Reino Unido.

1905. Primera transmisión de voz y música vía enlace inalámbrico por Reginald Fessenden.

1912. Hundimiento del Titanic destacando la importancia de las comunicaciones inalámbricas sobre las vías marítimas, en los años siguientes la marina comenzó a establecer los radios de telegrafía.

Era Precelular

1921. El Dpto. de la Policía de Detroit dirige maniobras militares con radios móviles.

1933. En EEUU, existen 4 canales en los 30-40 MHz.

1946. Primer comercio de los sistemas de teléfonos móviles operados por el sistema Bell, en EEUU.

1948. Primer comercio plenamente automático de teléfonos móviles en EEUU.

1950. Los teléfonos y los enlaces de microondas son desarrollados.

1960. Introducción de líneas interurbanas a los sistemas de radio con canales automáticos en EEUU.

1970. Los sistemas de teléfonos móviles operan en muchas ciudades. Lo utilizaban principalmente en vehículos.

Era Celular

1980. Distribución de los sistemas celulares analógicos por el mundo.

1990. Distribución de los celulares digitales y modo de operación dual de los sistemas digitales.

2000. Distribución de los servicios multimedia a través de, IMT-2000.

1.7.3 TRANSMISIÓN INALÁMBRICA.

1.7.3.1 INTRODUCCIÓN

Los transmisores análogos de corriente pueden cubrir distancias grandes, pero, enlaces largos no significa solamente un cable más largo. Canales, tuberías, obra civil, permisos de paso, complican y encarecen el tendido de una red.

Es por esto que en muchas ocasiones resulta mejor recurrir a un enlace inalámbrico. Aproximadamente, se considera que para distancias mayores a 20 Km es más conveniente recurrir a la transmisión inalámbrica.

La transmisión inalámbrica por su parte implica el conocimiento y manejo de las técnicas para la transmisión por medio de energía Electromagnética y la modulación.

1.7.3.2 PRINCIPIOS FÍSICOS

Cuando los electrones “vibran” generan ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio libre. Esto se puede observar en la figura 1.10.

Adicionando una antena, de un tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas generadas pueden ser eficientemente radiadas y recibidas por un receptor lejano.

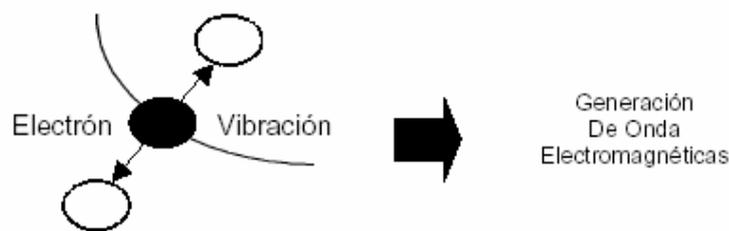


Figura 1.10. Principio Físico.

Cuando se aplica potencia de radiofrecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal del cual son parte constituyente, comienzan instantáneamente a oscilar. Estos electrones en movimiento, constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico a la antena y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético.

Cuando la onda fluye a través del conductor de la antena, los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían en forma y valor siguiendo paso a paso las variaciones de la corriente que les da origen. Todas las comunicaciones inalámbricas se basan en este principio.

1.7.4 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

1.7.4.1 CARACTERÍSTICAS.

Las tres características principales de las ondas que constituyen el espectro electromagnético son:

- **Frecuencia.** La frecuencia de una onda responde a un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo, tal como se puede observar en la figura 1.11.

La frecuencia de las ondas del espectro electromagnético se representan con la letra (f) y su unidad de medida es el ciclo o hertz (Hz) por segundo.

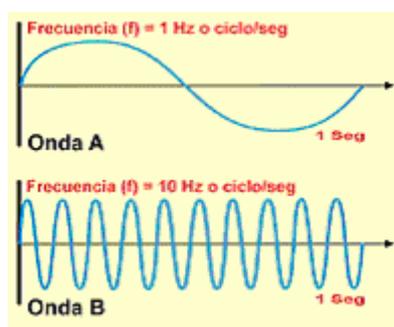


Figura 1.11. A. Onda senoidal de un ciclo o hertz (Hz) por segundo. B. Onda senoidal de 10 ciclos o hertz por segundo.

- **Longitud de Onda (λ).** Las ondas del espectro electromagnético se propagan por el espacio de forma similar a como lo hace el agua cuando tiramos una piedra a un estanque, es decir, generando ondas a partir del punto donde cae la piedra y extendiéndose hasta la orilla.

Tanto las ondas que se producen por el desplazamiento del agua, como las ondas del espectro electromagnético poseen picos o crestas, así como valles o vientres. La distancia horizontal existente entre dos picos consecutivos, dos valles consecutivos, o también el doble de la distancia

existente entre un nodo y otro de la onda electromagnética, medida en múltiplos o submúltiplos del metro (m), constituye lo que se denomina “longitud de onda”.

Más detalle de lo que es una cresta y un valle lo veremos a continuación, con ayuda de la figura 1.12.

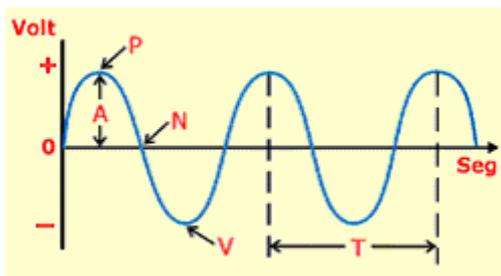


Figura 1.12. Características de una onda

Pico o cresta (P): Valor máximo, de signo positivo (+), que toma la onda sinusoidal del espectro electromagnético, cada medio ciclo, a partir del punto “0”. Ese valor aumenta o disminuye a medida que la amplitud “A” de la propia onda crece o decrece positivamente por encima del valor “0”.

Valle o vientre (V): Valor máximo de signo negativo (–) que toma la onda senoidal del espectro electromagnético, cada medio ciclo, cuando desciende y atraviesa el punto “0”. El valor de los valles aumenta o disminuye a medida que la amplitud “A” de la propia onda crece o decrece negativamente por debajo del valor “0”.

Período (T): Tiempo en segundos que transcurre entre el paso de dos picos o dos valles por un mismo punto.

Nodo (N): Valor “0” de la onda senoidal.

La longitud de una onda del espectro electromagnético se representa por medio de la letra griega lambda (λ) y su valor se puede hallar empleando la siguiente fórmula matemática:

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [Metros]} \quad (1.1)$$

De donde

λ = Longitud de onda en metros, c = Velocidad de la luz en el vacío (300 000 km/seg), f = Frecuencia de la onda en hertz (Hz).

- **Amplitud (A).** La amplitud constituye el valor máximo que puede alcanzar la cresta o pico de una onda. El punto de menor valor recibe el nombre de valle o vientre, mientras que el punto donde el valor se anula al pasar, se conoce como “nodo” o “cero”, como se mencionó anteriormente. Para su propagación, las ondas electromagnéticas no requieren de un medio material específico, pues pueden viajar incluso por el espacio extraterrestre.

1.7.4.2 DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

La Tabla 1.1 muestra el espectro de las radiaciones electromagnéticas, incluyendo las ondas mas largas que se emplean en la transmisión de señales de radio. El espectro electromagnético se divide en:

Tabla 1.1 Frecuencias del Espectro para ondas de Radio

RANGO DE FRECUENCIA	NOMBRE
10KHz A 30KHz	VLF
30KHz A 300KHz	LF
300KHz A 3MHz	MF
3MHz A 30MHz	HF

30MHz A 300MHz	VHF
300MHz A 3GHz	UHF
3GHz A 30GHz	SHF
30GHz A 300GHz	EHF
300GHz en adelante	Microondas

Las ondas de radio (espectro radial): Se utilizan no sólo para llevar música, sino también para transportar la señal de televisión y de los teléfonos celulares. Este espectro abarca ondas desde:

- Muy Baja Frecuencia (VLF): para enlaces de radio a gran distancia.
- Frecuencias Bajas (LF): para enlaces de radio a gran distancia, especialmente en la navegación marítima y aérea.
- Frecuencias Medias (MF): son ondas utilizadas en la radio difusión.
- Alta Frecuencia (HF): para comunicaciones a media y larga distancia.
- Frecuencias Muy Altas (VHF): se utilizan en Televisión y radio en FM, entre otros.
- Ultra Alta Frecuencia (UHF): se utilizan en Televisión, radio comunicación.
- Frecuencia Súper altas (SHF): se utilizan en sistemas de radar, radio comunicación.
- Frecuencia Extra Altas (EHF): se utilizan en sistemas de radar, radio comunicación.

Nota: UHF, SHF y EHF abarcan un rango de frecuencias que comprende las microondas y los rayos infrarrojos.

Las microondas: Las microondas tienen longitud de onda del orden de los centímetros. En las microondas domésticas se utilizan las longitudes de onda mayores. Longitudes de onda menores se utilizan en radares. También se utilizan para enviar información de un lugar a otro.

Los rayos infrarrojos Rayos no visibles, muy útiles pues son irradiados por los cuerpos dependiendo de su temperatura. Sus aplicaciones son muchas, incluyendo su utilidad en los controles remotos muy conocidos por todos.

Los Rayos Ultravioleta: Estos rayos se dividen en 3 grupos: Cercano, Lejano y Extremo que se diferencian a parte de su frecuencia por la cantidad de energía que transmiten.

Los rayos X: Estos rayos de menor longitud de onda que los rayos ultravioleta tiene mas energía (la energía aumenta con el aumento de la frecuencia) Se comporta más como una partícula que como una onda. Son muy utilizados en el área de la medicina ya que las diferentes partes del cuerpo por su diferente densidad absorben mas o menos esta radiación, pudiendo verse un ejemplo en las placas de rayos X que todos conocemos.

Los rayos Gamma: Estas ondas son generadas por átomos reactivos y en explosiones nucleares. Estos rayos pueden matar las células y en medicina son utilizadas para matar células cancerosas.

1.7.5 PROPAGACIÓN

Se llama propagación al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas de radio al propagarse del transmisor al receptor.

Podemos encontrar los siguientes tipos de propagación.

- **Onda de Superficie:** Largo alcance y gran estabilidad. Influye mucho el tipo de terreno en la propagación. Ej: Radio AM

- **Onda Ionosférica:** La onda se refleja en las capas ionizadas de la atmósfera. Gran alcance con poca estabilidad. Ej: Radioaficionados, comunicaciones militares.
- **Onda Espacial:** A través de la troposfera. Suele exigir visión directa. Ej: radio enlaces, telefonía móvil, difusión de televisión terrestre y satélite.
 - **Onda Directa:** Enlaza transmisor con receptor directamente.
 - **Onda Reflejada:** Enlace a través de una reflexión en el suelo.
 - **Ondas de Multi trayecto:** Varias reflexiones de la señal alcanzan el receptor.
- **Onda de Dispersión Troposférica:** Con frecuencias mayores a 30MHz. Por reflexiones difusas en discontinuidades. Alcanza una distancia más allá del horizonte.

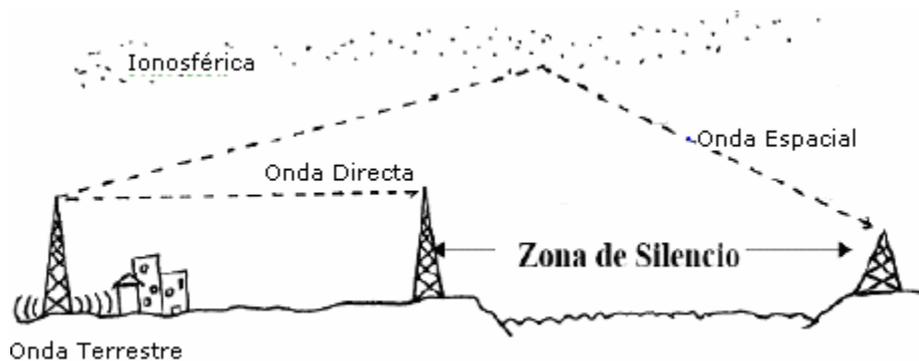


Figura 1.13. Propagación de Ondas

1.7.6 TRANSMISIÓN DE ONDAS DE RADIO

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar grandes distancias y penetrar edificios fácilmente. Las ondas de radio son OMNIDIRECCIONALES. Viajan en todas las direcciones desde la fuente, por tal motivo, el transmisor y el receptor no tienen que estar cuidadosamente alineados.

Las propiedades de las ondas de radio son dependientes de la frecuencia:

A bajas frecuencias: Las ondas de radio pasan muy bien a través de los obstáculos, sin embargo, la potencia de la señal disminuye dramáticamente con la distancia a medida que nos alejamos de la fuente.

A altas frecuencias: Las ondas tienden a viajar en línea recta, los obstáculos provocan interferencia y son absorbidas por el agua. Las ondas de radio, independientemente de la frecuencia, se encuentran sujetas a interferencias por motores y equipos eléctricos.

Debido a su habilidad para viajar a través de grandes distancias, el problema de la interferencia entre usuarios es un problema crítico.

En resumen, las ondas electromagnéticas se pueden propagar bajo tres esquemas:

- **Propagación por Onda Terrestre.** En este tipo de propagación se observa que las ondas terrestres mantienen contacto permanente con la superficie de la tierra desde la antena transmisora hasta la receptora.

Estas ondas pueden detectarse en distancias de hasta 1000 Km. El movimiento sobre el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la onda original a medida que la misma se aleja de la antena

transmisora. A una determinada distancia, que depende de la potencia emitida y de la frecuencia, la amplitud de la onda terrestre se anula.

A medida que la longitud de onda disminuye, las corrientes inducidas en el terreno debilitan tanto la onda terrestre a tal punto que la pérdida total de energía provoca la desaparición de la onda. Las ondas de estas bandas penetran fácilmente los edificios, esta es la razón por la cual los radios de AM trabajan al interior de los edificios. El principal problema asociado con el uso de estas bandas en la comunicación de datos es que su ancho de banda es relativamente bajo.

- **Propagación en Línea Recta.** Este tipo de propagación se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora, viaja en forma directa a la antena receptora sin tocar el terreno ni la ionosfera. Este tipo de radiación, se utiliza principalmente en bandas de frecuencias muy elevadas (VHF) y ultra elevadas (UHF), figura 1.13.

Un ejemplo práctico de esta forma de transmisión lo constituyen los servicios de televisión y radiodifusión de frecuencia modulada. En este tipo de propagación, las alturas de las antenas transmisora y receptora, y la distancia entre las mismas tienen una importancia fundamental para la comunicación.

- **Propagación por Onda Espacial.** Excepto para algunas comunicaciones locales, que pueden realizarse por onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en la banda de frecuencias que comprende de 3 a 30 MHz (HF) se efectúan por onda espacial. Este tipo de onda, emitida desde una antena transmisora, es refractada por la ionosfera y retorna a la tierra. Estas transmisiones son inestables pues dependen del comportamiento de la ionosfera. La ionosfera es una zona de la atmósfera afectada por la radiación ultravioleta del sol, rayos cósmicos, materiales, etc.

1.7.7 MODULACIÓN

1.7.7.1 DEFINICIÓN.

Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de esa señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada moduladora.

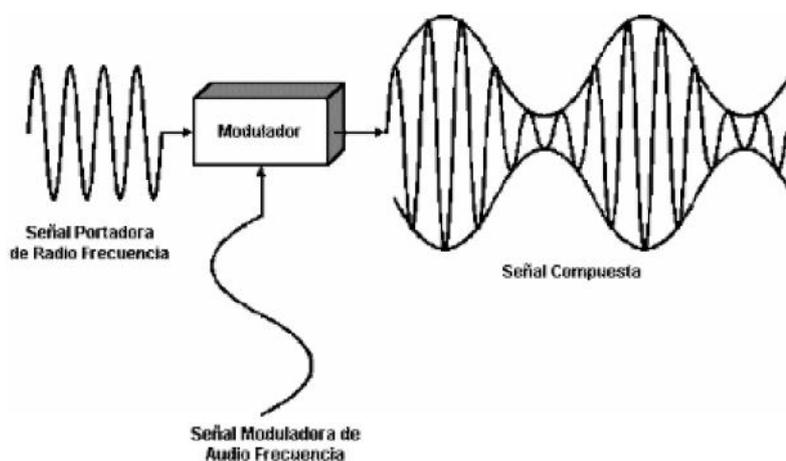


Figura 1.14. Ejemplo de Modulación

En la figura 1.14, se puede observar que la señal portadora es modificada basándose en la amplitud de la señal moduladora y la señal resultante es la que se muestra en el lado derecho de la figura.

El objetivo de modular una señal, es tener un control sobre la misma. El control se hará sobre ciertos elementos característicos de una oscilación continua; estos son modificados según la forma de onda de la señal que se desea transmitir.

Los parámetros o magnitudes fundamentales de una señal analógica están representados en la siguiente figura:

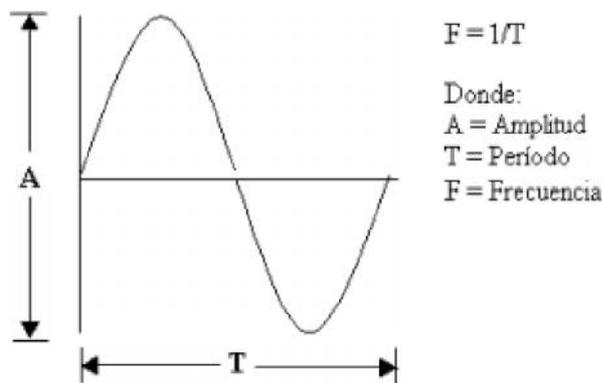


Figura 1.15. Señal Analógica

1.7.7.2 MODULACIÓN ANALÓGICA.

Una señal digital generada por el equipo de procesamiento de datos es insertada en la onda portadora generada por el transmisor, siendo que las características originales de la onda patrón son modificadas de acuerdo a la técnica de modulación utilizada por el transmisor y esta transporta los datos hasta la otra extremidad del enlace donde son demoduladas las señales y la entregará a un equipo de procesamiento de datos en su forma original.

Podemos citar a las siguientes tipos de modulaciones:

Modulación ASK: Es una modulación de amplitud donde la señal moduladora es digital. Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora. Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones.

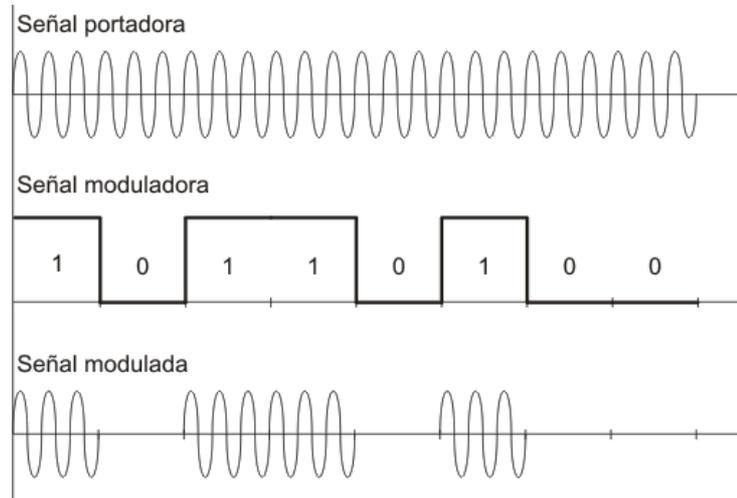


Figura 1.16. Modulación ASK

Modulación FSK: Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con frecuencias diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser:

Coherente donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor. Y no Coherente donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

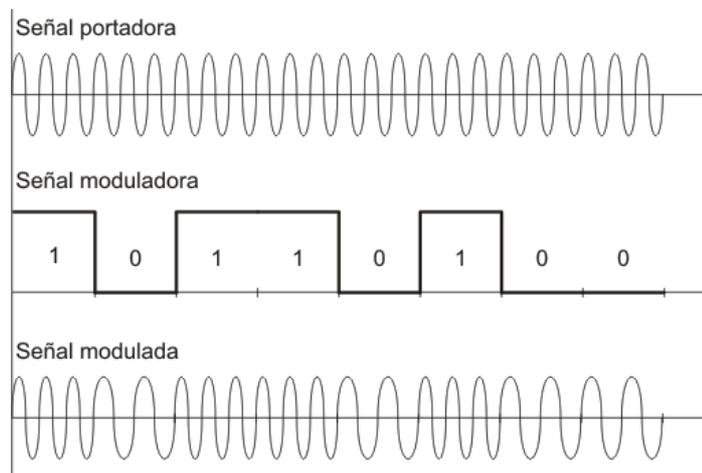


Figura 1.17. Modulación FSK

Modulación PSK: En este caso es la fase de la portadora la que se desplaza. Un 0 se representa como una señal con igual fase que la señal anterior y un 1 como una señal con fase opuesta a la anteriormente enviada, utilizando varios ángulos de fase, uno para cada tipo de señal, es posible codificar más bits con iguales elementos de señal.

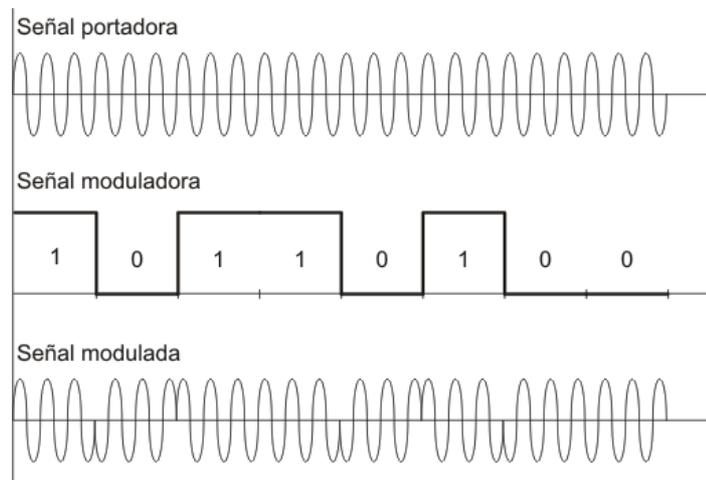


Figura 1.18. Modulación PSK

1.7.7.3 MODULACIÓN EN FRECUENCIA.

La modulación en Frecuencia es la técnica de transmisión por radio más popular actualmente. La FM es tan popular porque es capaz de transmitir más información del sonido que queremos transmitir, ya que en AM si se transmiten sonidos que están a frecuencias muy altas se consume un gran ancho de banda.

La modulación en frecuencia se basa en variar la frecuencia de la portadora con arreglo a la amplitud de la moduladora.

En una transmisión de FM, el ruido puede afectar la amplitud de la señal pero muy difícilmente su frecuencia, de allí que la información tiende a contaminarse menos, aumentando la fidelidad de este tipo de transmisión.

1.7.8 PERTURBACIONES EN LA TRANSMISIÓN.

- **Atenuación.** La energía de una señal decae con la distancia, por lo que hay que asegurarse que llegue con la suficiente energía como para ser captada por la circuitería del receptor y además, el ruido debe ser sensiblemente menor que la señal original (para mantener la energía de la señal se utilizan amplificadores o repetidores).

Debido a que la atenuación varía en función de la frecuencia, las señales analógicas llegan distorsionadas, por lo que hay que utilizar sistemas que le devuelvan a la señal sus características iniciales (usando bobinas que cambian las características eléctricas).

- **Distorsión de Retardo.** Debido a que en medios guiados, la velocidad de propagación de una señal varía con la frecuencia, hay frecuencias que llegan antes que otras dentro de la misma señal y por tanto las diferentes componentes en frecuencia de la señal llegan en instantes diferentes al receptor. Para atenuar este problema se usan técnicas de ecualización.
- **Ruido.** El ruido es toda aquella señal que se inserta entre el emisor y el receptor de una señal dada. Hay diferentes tipos de ruido: ruido térmico debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor, ruido de intermodulación cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión, diafonía se produce cuando hay un acoplamiento entre las líneas que transportan las señales y el ruido impulsivo se trata de pulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal.
- **Capacidad del Canal.** Se llama capacidad del canal a la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal de comunicación de datos. La velocidad de los datos es la velocidad expresada en bits por segundo a la que se pueden transmitir los datos. El ancho de banda es aquel ancho de banda de la señal transmitida y que está limitado por el transmisor y por la naturaleza

del medio de transmisión. La tasa de errores es la razón a la que ocurren los errores.

Para un ancho de banda determinado es aconsejable la mayor velocidad de transmisión posible pero de forma que no se supere la tasa de errores aconsejable. Para conseguir esto, el mayor inconveniente es el ruido.

Para un ancho de banda dado W , la mayor velocidad de transmisión posible es $2W$, pero si se permite con señales digitales, codificar más de un bit en cada ciclo, es posible transmitir más cantidad de información. La formulación de Nyquist nos dice que aumentando los niveles de tensión diferenciable en la señal, es posible incrementar la cantidad de información transmitida. M representa el número de estados posibles.

$$C = 2W \log_2 M \quad (1.2)$$

El problema de esta técnica es que el receptor debe de ser capaz de diferenciar más niveles de tensión en la señal recibida, cosa que es dificultada por el ruido. Cuanto mayor es la velocidad de transmisión, mayor es el daño que puede ocasionar el ruido.

Shannon propuso que la fórmula para relacionar la potencia de la señal (S), con la potencia del ruido (N), la capacidad del canal (C) y el ancho de banda (W).

$$C = W \log_2 (1+S/N) \quad (1.3)$$

Esta capacidad es la capacidad máxima teórica de cantidad de transmisión, pero en la realidad, es menor debido a que no se ha tenido en cuenta nada más que el ruido térmico.

1.8 ANTENAS.

1.8.1 DEFINICIÓN

Una antena es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio, y esta constituida por un conjunto de conductores diseñados para radiar un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz. De manera inversa es en recepción, es decir si a una antena se la coloca en un campo electromagnético generara como respuesta a éste una fuerza electromotriz alterna.

1.8.2 PARÁMETROS DE UNA ANTENA

- **Rango de Frecuencias.** Determina las frecuencias que la antena es capaz de emitir o recibir, El tamaño de la antena está relacionado con la longitud de onda de la señal de radio frecuencia, transmitida o recibida por eso, a frecuencias mayores las antenas disminuyen su tamaño.
- **Densidad de Potencia Radiada.** Se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección, estas unidades están dadas en watos por metro cuadrado.
- **Diagrama de Radiación.** Se define como la representación gráfica de las características de radiación en función de la dirección.
- **Ganancia.** Es el cociente entre la potencia emitida por la antena en su dirección de máxima emisión respecto de la antena isotrópica, la antena isotrópica es una antena real que radia uniformemente en todas las direcciones. El dbi expresa la ganancia relativa de una antena con respecto a la antena isotrópica.

- **Polarización.** La polarización es la dirección del campo eléctrico en una onda que se propaga respecto a la superficie terrestre, esta polarización puede ser lineal, elíptica y circular.
- **Impedancia.** Se define como la relación entre la tensión y la corriente entre sus terminales de entrada.

1.8.3 TIPOS DE ANTENAS.

Según el entorno en el que se ubiquen y las características ambientales que soportan:

- Interiores, ubicadas en el interior de edificaciones.
- Exteriores, ubicadas en el exterior de edificaciones (radiación solar, lluvia, nieve, cambios temperatura, rayos).

Según la directividad de las antenas:

- **Direccionales:** Estas antenas son capaces de enfocar toda la energía de la señal en torno a una dirección concreta, con mayor o menor grado de directividad en función del modelo y características. Normalmente estas antenas se usan para establecer enlaces punto a punto (direccional contra direccional) o para enlazar con un nodo que tenga una antena Omnidireccional (punto-multipunto). Figura 1.19.



Figura 1.19. Antena Direccional.

- **Onmidireccional:** Estas antenas son capaces de emitir señal en todas las direcciones. Figura 1.20.



Figura 1.20. Antena Onmidireccional.

Según el propietario:

- **Colectiva:** Aquella mediante distribuidores y amplificadores permite que varios usuarios la empleen.

Según la forma y disposición de los elementos de las antenas:

- **Antenas Alámbricas.** Son antenas cuyos elementos radiantes son hilos conductores que soportan las corrientes que dan origen a los campos radiados. Ejemplos tenemos, por hilos rectos las antenas dipolo, por espiras las antenas circulares.
- **De Apertura.** Las antenas de apertura son aquellas que utilizan superficies o aperturas para direccionar el haz electromagnético como forma de concentrar la emisión y recepción de su sistema radiante en una dirección. Ejemplo de antena de apertura es la antena parabólica. Figura 1.21.



Figura 1.21. Antena Parabólica

- **Arrays De Antenas.** Agrupación de antenas separadas y alimentada sincrónicamente, para conseguir características de radiación que no pueden lograrse con un solo elemento. Ejemplo de array de antenas es la Antena Yagi.



Figura 1. 22. Antena Yagi.

CAPÍTULO II

2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La diversidad de servicios que en estos momentos se presenta en la telefonía celular, indica que la industria esta trabajando en acelerar el desarrollo de tecnologías de comunicaciones móviles, por tal motivo en un inicio los teléfonos celulares eran un lujo y pocas personas lo poseían, pero hoy por hoy es normal que alguien este hablando por celular. La movilidad y los nuevos servicios de valor agregado, hacen que la telefonía celular sea el segmento de más rápido crecimiento de la industria de las telecomunicaciones.

Debido a este uso indiscriminado de los teléfonos celulares se ha presentado una situación problemática, en la cual el timbre o uso del celular, llega a ser molesto para las personas, y perjudicial para los equipos computarizados al interferir en su funcionamiento o generar datos erróneos.

Este proyecto busca brindar o garantizar un área libre de tono de celular o de conversaciones vía teléfonos celulares, en establecimientos o lugares públicos que deseen gozar de este beneficio.

2.2 JUSTIFICACIÓN

El auge mundial de las telecomunicaciones móviles celulares ha sido realmente sorprendente a pesar de que en sus inicios se pensaba que no iba a tener mucha explotación. En nuestros días existen más de 900 millones de abonados en todo el planeta. Crecimiento justificado debido que un teléfono celular por la movilidad, servicios ofrecidos y actualmente como indicador del estado social de la persona, pasó de ser un lujo a formar parte del convivir diario de las personas, sea como: herramienta de trabajo, medio de comunicación en lugares donde la telefonía fija no llega, etc. Este crecimiento en la industria de las telecomunicaciones ha provocado que en la actualidad las personas no encuentren un lugar donde se pueda garantizar su seguridad, y privacidad, ya que es normal ver a una persona hablando o utilizando los servicios de un celular. En lugares como hospitales, bancos, casas de cambios, Instituciones Educativas, al recibir una llamada se genera electricidad estática, lo que en equipos computarizados, genera datos erróneos o interfiere con su funcionamiento.

Por lo expuesto anteriormente, el desarrollo y ejecución de este proyecto de grado, va a lograr que en el mercado se encuentre disponible una nueva opción para garantizar áreas libre de tono de celular y así fortalecer la seguridad, privacidad, el silencio requerido por personas, en lugares públicos, instituciones, etc. Ya que el diseño del proyecto parte de los principios de la telefonía celular, el método de funcionamiento del bloqueador de teléfonos celulares es comportarse como un dispositivo transmisor de una señal interferente con las bandas de frecuencia en las que operan las diferentes compañías de telefonía celular en nuestro país. Con lo que se garantizaría la suspensión temporal del sistema y con esto ofrecer un área libre y privada de teléfonos celulares. El bloqueador de teléfonos celulares, no dañaría el teléfono celular bajo ninguna circunstancia, solamente inhabilita su recepción o transmisión de señal, razón por la cual aparecería leyendas como “Fuera del área cobertura”, “Sin servicio”, “En emergencia”, o simplemente la barra de señal del celular indicara cero,

dependiendo del modelo del celular. Pero si nos retiramos del área de cobertura del bloqueador, el celular recupera los servicios.

2.3 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.

2.3.1 FRECUENCIAS DE LAS COMPAÑÍAS TELEFÓNICAS.

El plan nacional de frecuencias es un documento que expresa la soberanía del Estado en materia de administración del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicaciones. Por la que es competencia del Consejo Nacional de Telecomunicaciones actualizar y modificar según lo creyere conveniente el contenido del plan nacional de frecuencias, es así que en la actualidad tenemos la siguiente distribución de frecuencias por cada compañía de telefonía celular que opera en el país.

PORTA: La Norma Internacional con la cual Operan los sistemas de telefonía celular en el Ecuador es el Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS), la cual divide el espacio geográfico en una red de celdas, de forma que las celdas adyacentes nunca usan las mismas frecuencias, para evitar interferencias, y su potencia de transmisión es relativamente pequeña, define dos bandas de frecuencias para la operación de los sistemas.

BANDA DE FRECUENCIA A: Es el grupo de frecuencias comprendido en los siguientes rangos: 824 a 835 MHz, 845 a 846.5 MHz, 869 a 880 MHz, 890 a 891.5 MHz. En nuestro país la Banda A fue asignada a CONECEL (PORTA)

Además mediante contrato celebrado el 26 de octubre del 2006 la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones autorizada por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones concedió a Conecel 10 MHz en la sub banda E – E´ en la banda de 1900 MHz.

La Sub banda E comprende los siguientes rangos de frecuencias: 1885 – 1890 MHz, 1965- 1970 MHz.

MOVISTAR: La Norma Internacional con la cual Operan los sistemas de telefonía celular en el Ecuador es el Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS), la cual divide el espacio geográfico en una red de celdas, de forma que las celdas adyacentes nunca usan las mismas frecuencias, para evitar interferencias, y su potencia de transmisión es relativamente pequeña, define dos bandas de frecuencias para la operación de los sistemas.

BANDA DE FRECUENCIA B: Es el grupo de frecuencias comprendido en los siguientes rangos: 835 a 845 MHz, 846.5 a 849 MHz, 880 a 890 MHz y 891.5 a 894 MHz. En nuestro país la Banda B fue asignada a OTECEL (MOVISTAR).

ALEGRO: El 3 de abril del 2003, se suscribió el contrato de concesión para la prestación de servicios móviles avanzados, con el cual el estado ecuatoriano a través de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones otorga a favor de la compañía de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador la banda C.

BANDA DE FRECUENCIA C: Es el grupo de frecuencias comprendido en los siguientes rangos: 1895-1910 MHz y 1975-1990 MHz.

En nuestro país la banda C fue asignada a TELECSA (ALEGRO PCS).

2.3.2 NORMALIZACIÓN SAR.

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) ha aprobado límites para la exposición segura a la energía de radiofrecuencia (RF) con la colaboración de organismos federales de salud y seguridad, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Estos límites se establecen de acuerdo a una unidad denominada Proporción de Absorción Específica (SAR), que es una medida de la cantidad de energía de

radiofrecuencia que absorbe el cuerpo cuando se usa un teléfono celular. La FCC exige que los fabricantes de teléfonos celulares garanticen que sus teléfonos cumplen con los límites indicados para una exposición segura. Todo teléfono celular que esté en o por debajo de los niveles SAR es un teléfono "seguro", de acuerdo a estos patrones.

El límite de la FCC para la exposición pública de teléfonos celulares es un nivel SAR de 1.6 Vatios por kilogramo (1.6 W/Kg.) a una distancia de separación mínima de 2.2 cm. o a 0.84 pulgadas de cualquier parte del cuerpo, si se lleva un marca pasos o cualquier otro implante medico de funcionamiento electrónico se aconseja mantener una distancia de separación del cuerpo promedio de 13 cm.

2.4 PARÁMETROS Y SEÑALES CONSIDERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.

Para la utilización eficiente del espectro de radio frecuencia, se requiere un sistema de reutilización de frecuencias que aumente la capacidad y minimice las interferencias. Se han desarrollado una gran variedad de estrategias de asignación de canales para llevar a cabo estos objetivos. Las estrategias de asignación de canales se pueden clasificar en fijas o dinámicas. La elección de la estrategia de asignación de canales va a imponer las características del sistema, particularmente, en cómo se gestionan las llamadas cuando un usuario pasa de una celda a otra.

En una estrategia de asignación de canales fija, a cada celda se le asigna un conjunto predeterminado de canales. Cualquier llamada producida dentro de la celda, sólo puede ser servida por los canales inutilizados dentro de esa celda en particular. Si todos los canales de esa celda están ocupados, la llamada se bloquea y el usuario no recibe servicio. Existen algunas variantes de ésta estrategia. Una de ellas permite que una celda vecina le preste canales si tiene todos sus canales ocupados. El Centro de Conmutación Móvil (MSC) supervisa

que estos mecanismos de presta no interfieran con ninguna de las llamadas en progreso de la celda donadora.

En una estrategia de asignación de canales dinámica, los canales no se colocan en diferentes celdas permanentemente. En su lugar, cada vez que se produce un requerimiento de llamada la estación base servidora pide un canal al centro de conmutación móvil. Éste entonces coloca un canal en la celda que lo pidió siguiendo un algoritmo que tiene en cuenta diversos factores como son la frecuencia del canal a pasar, su distancia de reutilización, y otras funciones de coste. Las estrategias de asignación dinámicas aumentan las prestaciones del sistema, pero requieren por parte del centro de conmutación móvil una gran cantidad de cómputo en tiempo real.

Conociendo el método de asignación de canales, se resumirá la forma como se localiza un móvil, las posibles interferencias que pueden ocurrir, los tipos de canales, así como también un ejemplo de cómo se gestiona una llamada en GSM.

2.4.1 LOCALIZACIÓN DE UN MÓVIL.

La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la fuente de mayores diferencias con la telefonía fija, en particular con las llamadas recibidas. Una red puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su dirección que es su número de teléfono, dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea del abonado, no cambia. Sin embargo en un sistema celular la celda en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en que celda está actualmente.

En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener este conocimiento. En el primer método, la estación móvil indica cada cambio de celda a la red. Se le llama actualización sistemática de la localización al nivel de celda. Cuando llega una

llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda sólo a la celda donde está el móvil, ya que ésta es conocida.

Un segundo método sería enviar un mensaje de página a todas las celdas de la red cuando llega una llamada, evitándonos así la necesidad de que el móvil esté continuamente avisando a la red de su posición.

El tercer método es un compromiso entre los dos primeros introduciendo el concepto de área de localización. Un área de localización es un grupo de celdas, cada una de ellas pertenecientes a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una celda pertenece se les envía a través de un canal de difusión, permitiendo a las estaciones móviles saber el área de localización en la que están en cada momento. Cuando una estación móvil cambia de celda se pueden dar dos casos:

Ambas celdas están en la misma área de localización: la estación móvil no envía ninguna información a la red.

Las celdas pertenecen a diferentes áreas de localización: la estación móvil informa a la red de su cambio de área de localización. Cuando llega una llamada solamente se necesita enviar un mensaje a aquellas celdas que pertenecen al área de localización que se actualizó la última vez. GSM realiza éste método.

2.4.2 INTERFERENCIAS

La interferencia es el principal factor que limita el desarrollo de los sistemas celulares. Las fuentes de interferencias incluyen a otras estaciones móviles dentro de la misma celda, o cualquier sistema no celular que de forma inadvertida introduce energía dentro de la banda de frecuencia del sistema celular, como va a ser en este caso. Las interferencias en los canales de voz causan el cross-talk, consistente en que el abonado escucha interferencias de fondo debidas a una transmisión no deseada. Sobre los canales de control, las interferencias conducen

a llamadas perdidas o bloqueadas debido a errores en la señalización digital o la localización del móvil. Las interferencias son más fuertes en las áreas urbanas, debido al mayor ruido de radio frecuencia y al gran número de estaciones base y móviles. Las interferencias son las responsables de formar un cuello de botella en la capacidad y de la mayoría de las llamadas entrecortadas. Los dos tipos principales de interferencias generadas por sistemas son las interferencias co-canal y las interferencias entre canales adyacentes. Aunque las señales de interferencia se generan frecuentemente dentro del sistema celular, son difíciles de controlar en la práctica. Pero las interferencias más difíciles de controlar son las debidas a otros usuarios u otros sistemas celulares de fuera de la banda, que llegan sin avisar debido a sobrecargas del terminal de otro abonado.

En la práctica, los transmisores de los sistemas celulares de la competencia, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias de fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus estaciones base cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus abonados.

2.4.2.1 INTERFERENCIAS CO-CANAL.

La reutilización de frecuencias implica que en un área de cobertura dada haya varias celdas que usen el mismo conjunto de frecuencias. Estas celdas son llamadas celdas co-canales, y la interferencia entre las señales de estas celdas se le llama interferencia co-canal. Al contrario que el ruido térmico, que se puede superar incrementando la relación señal ruido, la interferencia co-canal no se puede combatir simplemente incrementando la potencia de portadora de un transmisor. Esto es debido a que un incremento en la potencia de transmisión de una celda, incrementa la interferencia hacia las celdas co-canales vecinas. Para reducir la interferencia co-canal las celdas co-canales deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione el suficiente aislamiento debido a las pérdidas en la propagación.

En un sistema celular, cuando el tamaño de cada celda es aproximadamente el mismo, la interferencia co-canal es aproximadamente independiente de la potencia de transmisión y se convierte en una función del radio de la celda (R), y de la distancia al centro de la celda co-canal más próxima (D). La figura 2.1, nos da una idea de la reutilización de la frecuencia cumpliendo con la distancia mínima de separación y manteniendo la misma frecuencia.

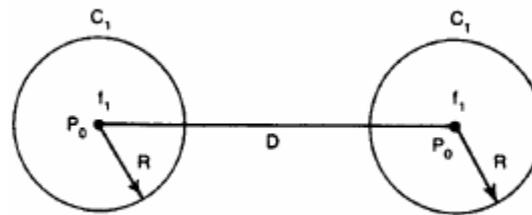


Figura 2.1. La relación D/R

Incrementando la relación D/R , se incrementa la separación entre celdas co-canales relativa a la distancia de cobertura. El parámetro Q , llamado factor de reutilización co-canal, está relacionado con el tamaño del conjunto de celdas. Para una geometría hexagonal se utilizaría la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{D}{R} \quad (2.1)$$

Un valor pequeño de Q proporciona una mayor capacidad dado que el tamaño del conjunto de celdas es pequeño, mientras que un valor de Q grande mejora la calidad de la transmisión, debido a que es menor la interferencia co-canal.

La mínima distancia que permite reutilizar la misma frecuencia depende de muchos factores, tales como el número de celdas co-canales en la vecindad de la celda central, la característica geográfica del terreno circundante, la altura de la antena, y la potencia transmitida en cada celda.

La distancia D de reutilización de frecuencia puede ser determinada mediante.

$$D = \sqrt{3 * K * R} \quad (2.2)$$

Donde K es el número de celdas por patrón de reutilización de frecuencia esto se muestra en la figura 2.2. Donde los números iguales representan que esas celdas tienen igual frecuencia, pero están separadas una distancia mínima que evita la interferencia co-canal.

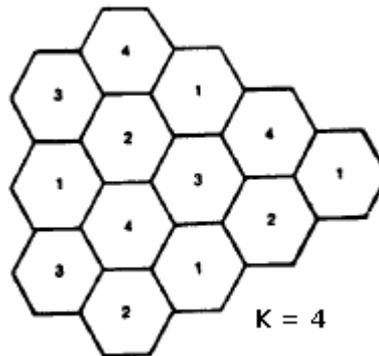


Figura 2.2. Factor K.

2.4.2.2 INTERFERENCIAS ENTRE CANALES ADYACENTES.

Entran en el estudio las interferencias procedentes de señales que son adyacentes en frecuencia a la señal deseada. Estas interferencias están producidas por la imperfección de los filtros en los receptores que permiten a las frecuencias cercanas ingresar dentro de la banda pasante. Este tipo de interferencias se pueden minimizar filtrando cuidadosamente, y con una correcta asignación de frecuencias. Dado que cada celda maneja sólo un conjunto del total de canales, los canales a asignar en cada celda no deben estar próximos en frecuencias.

2.4.3 EL CANAL DE RADIO

Se entiende por canal de radio al par de frecuencias portadoras, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación. De estas dos frecuencias una va a ser la frecuencia de transmisión de la estación base y recepción del terminal, la otra frecuencia va a ser la de recepción de la estación base y transmisión del terminal. Dichos canales transportan datos y voz entre el abonado y las estaciones base, cada abonado sólo puede usar un canal a la vez.

Los canales celulares son aquellos que van a hacer posible una comunicación de telefonía celular. Y se conocen como canales de tráfico y canales de control, para el desarrollo del proyecto solo nos enfocaremos en los canales de control:

2.4.3.1 CANAL DE CONTROL (CCH).

Este canal permite enviar y recibir datos entre la estación y el móvil. Se definen tres categorías de canales de control: difusión, comunes y dedicados. Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM:

- **Canal de Difusión:** Generalmente proporciona una información básica acerca del sistema celular particular, como número de identificación de la celda y de la red a la que pertenece, además proporciona sincronización para todos los móviles dentro de la celda y se monitoriza ocasionalmente por los móviles de celdas vecinas para recibir datos de potencia y poder realizar las decisiones de la transferencia automática de una comunicación en progreso de una celda a otra para evitar los efectos adversos de los movimientos del usuario. Este canal solo opera en downlink es decir el envío de información es de la estación base al móvil.

- **Canal de Control Comunes:** Esta formado por tres tipos diferentes de canales: el canal de búsqueda que proporciona señales de búsqueda a todos los móviles de una celda, y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada y transmite la identificación del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento de la unidad móvil, el canal de acceso aleatorio es usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un canal de búsqueda y también se usa para originar una llamada, y el canal de acceso concedido se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil, y lleva datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular con un canal de control dedicado.
- **Canal de Control Dedicados:** Se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios, lleva datos de señalización siguiendo la conexión del móvil con la estación base, y justo antes de la conexión lo crea la estación base, con esto se asegura que la estación móvil y la estación base permanecen conectados, es decir se puede pensar como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un canal de difusión y mantiene el tráfico mientras que está esperando que la estación base asigne un canal de tráfico.

2.4.4 EJEMPLO DE UNA LLAMADA GSM

Para comprender cómo se usan los diferentes canales de tráfico y de control, consideremos el caso de que se origine una llamada en GSM. Primero, la estación móvil debe estar sincronizada a una estación base cercana se lo logra con la ayuda del canal de difusión. Recibiendo los mensajes del canal corrector de frecuencia el cual permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base, también recibe mensajes del canal de sincronización para identificar a la estación base y del

canal de control de difusión que envía información de identificación de la celda, entonces el móvil se enganchará al sistema y al canal de difusión apropiado.

Para originar una llamada, el usuario primero marca la combinación de dígitos correspondiente y presiona el botón de “enviar” del teléfono GSM. El móvil transmite una ráfaga de datos al canal de acceso aleatorio, usando el mismo número de canales de Radio Frecuencia (ARFCN)¹¹ que la estación base a la que está enganchado. La estación base entonces responde con un mensaje del canal de acceso concedido sobre los canales de control comunes que asigna al móvil un nuevo canal para una conexión con los canales de control dedicados. El móvil, recibe su asignación de (ARFCN) por parte del canal de acceso concedido e inmediatamente cambia su sintonización a su nuevo ARFCN. Esta nueva asignación del (ARFCN) es físicamente el canal de control dedicado (SDCCH). Una vez sintonizado al (SDCCH), el móvil primero espera a la trama (SDCCH) que se transmite, que informa al móvil del adelanto de temporización adecuado y de los comandos de potencia a transmitir. La estación base es capaz de determinar el adelanto de temporización adecuado y el nivel de señal del móvil gracias a la última confirmación de búsqueda enviado por el móvil a través del canal de acceso aleatorio. Hasta que estas señales no le son enviadas y procesadas, el móvil no puede transmitir ráfagas normales como se requieren para un tráfico de voz. El (SDCCH) envía mensajes entre la unidad móvil y la estación base, teniendo cuidado de la autenticación y la validación del usuario, mientras que la red telefónica de conmutación pública conecta la dirección marcada con el centro de conmutación móvil (MSC), y el (MSC) conmuta un camino de voz hasta la estación base servidora. Después de pocos segundos, la unidad móvil está dirigida por la estación base a través del (SDCCH) que devuelve un nuevo (ARFCN) para la asignación de un canal de tráfico. Una vez devuelto el canal de tráfico, los datos de voz se transfieren a través del envío de información del móvil a la estación base uplink y del downlink o envío de

¹¹ Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos, tiene un par de canales para enviar y recibir información del móvil, están separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios.

información de la estación base al móvil, la llamada se lleva a cabo con éxito, y el (SDCCH) es liberado.

2.5 SELECCIÓN DE COMPONENTES.

2.5.1 INTRODUCCIÓN.

El proyecto esta dividido en dos etapas, llamadas, etapa de emisión de señal o alta frecuencia, y la etapa de alimentación o fuente de energía, en la fuente de energía para evitar el uso de componentes individuales que ocupan espacio se considero utilizar una fuente de cargadores de batería de computadores portátiles que cumpla con el voltaje requerido que es de 18 voltios, además se necesita cubrir una demanda superior a los 4 Amperios. Sin embargo en las primeras pruebas se utilizó una fuente común y la tabla 2.1, muestra los elementos que se utilizaron para ello.

En la etapa de alta frecuencia los elementos empleados son: generador de onda triangular, generador de ruido aleatorio, oscilador controlado por voltaje, módulo de amplificación de radio frecuencia, antenas, elementos pasivos para el control de desacoplamiento de impedancias. Se explicará lo más relevante de cada uno de ellos en las siguientes páginas.

Para identificar los pasos a seguir en el proceso de diseño del bloqueador de teléfonos celulares (BTC), nos ayudaremos del diagrama en bloques del trabajo a realizar que se describe en la figura 2.3, en ello podemos identificar que se necesita la fuente de alimentación, el control del VCO como del generador de ruido, el desacople de impedancias desde el circuito de control al VCO como del VCO a la etapa de transmisión.

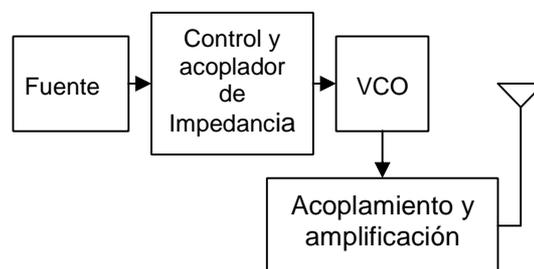


Figura 2.3. Diagrama de bloques del Bloqueador de Teléfonos Celulares.

Tabla 2.1. Elementos electrónicos para la fuente de alimentación.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Adaptador AC/DC	1
Capacitores 0.01uf a 50V	1
Capacitores 0.33uf a 50V	1
Capacitores 0.1uf a 50V	6
Resistencias ½ W	3
Resistencias Variables	2
Regulador LM 317 (1.5A)	2
Regulador LM7818 (1.5A)	1
Regulador LM7812 (1.5A)	1
Regulador LM7808 (1.5A)	1
Disipador de calor	1

2.5.2 SELECCIÓN DEL GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR.

Para el control del VCO se necesita de un conjunto de componentes que generen una rampa cuyo valor de voltaje permita al VCO cubrir las frecuencias requeridas para el Bloqueador de Teléfonos Celulares, así también requiere que la frecuencia de repetición de la señal sea alta para este caso se utilizara la escala de 1Khz a 10Khz . El ciclo de trabajo del integrado debe ser regulable. Es decir se necesita de un integrado que permita variar:

- El valor de salida de la señal (V).
- La frecuencia de la señal (F).
- El valor del ciclo de trabajo de la señal (%).

Para evitar el trabajar con un conjunto de componentes de forma separada se opto por trabajar con un circuito integrado llamado XR2206 que consiste en un generador completo de funciones que exige un mínimo de componentes externos para la generación de la señal de rampa necesaria.

En la figura 2.4 se puede observar el diagrama de pines del Integrado. La hoja de características del elemento XR2206 lo puede ubicar en el Anexo A

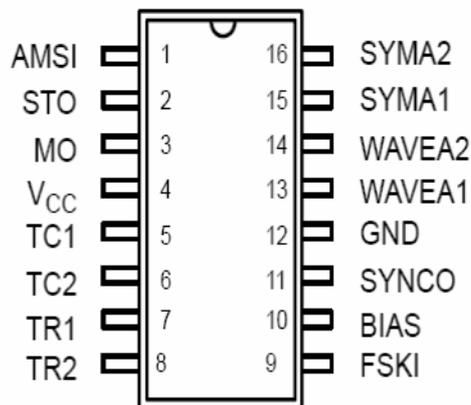


Figura 2.4. Diagrama de pines del XR2206.

2.5.3 SELECCIÓN DEL GENERADOR DE RUIDO ALEATORIO.

Hay un sin número de tipos de ruido de radio que deben ser considerados, pero en general solo uno de estos predominara en circunstancia particular y ese debe tomarse en cuenta en el diseño del sistema. El ruido debe ser dividido en dos tipos: ruido interno en el sistema receptor y ruido externo en la antena receptora.

El ruido interno debido a las pérdidas en el circuito de la antena es generado en el mismo receptor. Este tiene las características de ruido térmico. El ruido externo arribando en la antena receptora puede ser producido por:

- Ruido atmosférico producido por relámpagos o resultado de absorción de gases atmosféricos (ruido de cielo)

- Ruido cósmico producido por la galaxia, o del sol.
- Ruido de banda ancha producida por el hombre generado por la maquinaria, sistemas de potencia, o sistemas bloqueadores, etc.

En general, el ruido de banda ancha, interfiere con el enlace de radio que se establece entre móviles, por tal motivo y para ayudar al VCO a cubrir las bandas de frecuencia de la compañía celular, se opto por emplear el circuito integrado LM389 el cual produce una señal aleatoria de ruido que se sumara a la señal del VCO. Este integrado posee una ganancia regulable lo que permite modificar la intensidad del ruido aplicable al circuito. La figura 2.5 muestra el diagrama de pines del integrado. La hoja de datos la pueden encontrar en el anexo A.

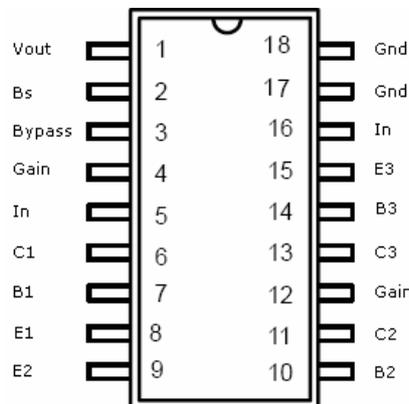


Figura 2.5. Diagrama de pines del LM 389.

2.5.4 SELECCIÓN DEL OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE.

El Bloqueador para Teléfonos Celulares (BTC) para GSM que operan en la banda B, es un sistema que permite anular la señal GSM, de un móvil, mediante la generación de una señal interferente, haciendo uso de osciladores controlados por voltaje (VCO), uno de sus lugares de residencia típicos son los sistemas generadores de sonido, pero el ámbito de su utilidad abarca incluso a las telecomunicaciones, como es en este caso. En el sentido estricto no son moduladores de frecuencia de una onda portadora central, por lo que se les considera como convertidores de voltaje a frecuencia.

En principio lo que se espera es tener una onda de salida en proporción a algún parámetro de voltaje de control.

Para ello se consideró el utilizar un VCO que cumpla con las siguientes características:

- Rango de frecuencia (Mhz): De 820 hasta 898
- Rango de voltaje de control (V): De 1 a 12
- Temperatura de Operación (°C): De -55 a 85
- Potencia de salida superior a 7 dBm, con lo cual el teléfono celular no podrá enlazarse con la estación base.
- Variación Mhz/V mayor de 10.

Por ello se selecciono el oscilador controlado por voltaje modelo POS 1060 con voltaje de control lineal. Su diagrama se puede observar en la figura 2.6, La hoja de datos se encuentra en el anexo A.



Figura 2.6. VCO POS 1060, estilo de carcasa A06.

2.5.5 SELECCIÓN DEL AMPLIFICADOR DE RADIO FRECUENCIA.

La clasificación de los amplificadores viene determinada por las frecuencias con las que va a trabajar. Si las frecuencias están comprendidas dentro de las bandas audibles los amplificadores reciben el nombre de amplificadores de audio frecuencia, o amplificadores de baja frecuencia y para los amplificadores que trabajen con la gama de alta frecuencia o las radio frecuencias se denominan amplificadores de R.F.

Dentro de estas dos gamas de amplificadores se puede hacer una clasificación atendiendo su forma de trabajo. Así tenemos los amplificadores de tensión que son aquellos que su principal misión es la suministrar una tensión mayor en su salida que en su entrada. Los amplificadores de potencia son aquellos que aparte de suministrar una tensión mayor, suministran también mayor corriente.

El amplificador de potencia es la última etapa de transmisión. Tiene la misión de amplificar la potencia de la señal (no necesariamente la tensión), y transmitirla a la antena con la máxima eficiencia. Los valores típicos para un amplificador de potencia para equipos de comunicaciones móviles suelen ser, potencia de salida de 20 a 30 dBm para nuestro caso por el área a cubrir solo necesitaremos uno mayor a 7 dBm, Ganancia 18 a 25 dB, distorsión de -30 dB, control de potencia por encendido o apagado, por tal motivo se seleccionó trabajar con el amplificador de Radio Frecuencia, denominado Man-2.

La figura 2.7 muestra el amplificador. La hoja de datos se encuentra en el anexo A.



Figura 2.7. Amplificador MAN – 2, estilo de carcasa A05.

2.6 DISEÑO ELECTRÓNICO.

2.6.1 ETAPA DE EMISIÓN DE SEÑAL O ALTA FRECUENCIA.

En los sistemas celulares, el área de cobertura de un operador es dividida en celdas. Una celda corresponde a una zona cubierta por un transmisor o una pequeña colección de transmisores. El tamaño de la celda depende de la potencia del transmisor, banda de frecuencia utilizada, altura y posición de la torre de la antena, el tipo de antena, la topografía del área y la sensibilidad del radio receptor.

Conociendo las frecuencias utilizadas por las operadoras: OTECEL (MOVISTAR), CONECEL (PORTA), TELECSA (ALEGRO PCS), se va a interferir los canales de control de las bandas con los cuales la estación base se comunica con el teléfono celular, generando ruido sobre las frecuencias en la que trabajan dichos canales. Y de esta manera bloquear el servicio al teléfono celular.

Para ello se necesita:

Cubrir las frecuencias de operación de las compañías de telefonía celular. Se lo realizará mediante el oscilador controlado por voltaje el cual cubrirá la banda comprendida desde 824 a 894 MHz. Mediante una señal de entrada de voltaje y sumada una señal de ruido generada por el circuito LM389. Para generar la rampa necesaria en el control del oscilador se utilizara el circuito generador de ondas el XR2206.

Una vez identificadas las frecuencias a las que se debe interferir, es importante determinar la potencia que se necesitaría para dicho efecto.

Para ello se conoce que la relación señal o ruido para un móvil es mayor a 38 dB, y su potencia de transmisión es de 0.6W, este último valor corresponde a un valor promedio calculado en función de la potencia requerida para cada clase de

móvil, así tenemos que los teléfonos celulares de clase 1 tienen como máxima salida de potencia de señal el valor 2 W, para los de clase 2 la máxima salida de potencia es de 0.4 W, para los de clase 3 el valor corresponde a 0.2 W y para los de clase 4 tenemos que la máxima salida de potencia es de 0.1 W, entendamos que son las potencias máximas conseguidas o suministradas por el móvil, solo cuando se ha establecido una comunicación, cabe recordar que el teléfono celular tiene un modo pasivo, en el cual transmite información cada cierto tiempo, por ejemplo cuando la persona cambia de sitio con el fin de iniciar la transferencia de llamada a la celda próxima, sin que se produzca interferencia entre canales, cuando el teléfono se ha mantenido apagado y se enciende, cuando la estación base realiza un monitoreo.

También existen lapsos en los que el celular no emite información y solo se mantiene censando la potencia que recibe de la estación base. Considerando lo antes dicho tenemos que la relación señal a ruido debe ser mayor a 38 dB:

$$\frac{S}{N} > 38dB \quad (2.3)$$

$$dB = 10\log_{10}\left(\frac{S}{N}\right) \quad (2.4)$$

$$\log_{10}\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{dB}{10} \quad (2.5)$$

$$\frac{S}{N} = 10^x \left(\frac{dB}{10}\right) \quad (2.6)$$

$$N = \frac{S}{10^x \left(\frac{dB}{10}\right)} \quad (2.7)$$

Donde $N < 95.10\mu W$

Por lo tanto el ruido debe ser mayor que 95.10 μW , con lo cual el teléfono no podrá enlazarse con la estación base.

Para empezar el diseño asumo que el valor de la potencia en el sitio de recepción será de 96 μW , e incrementaremos la potencia en función de los resultados obtenidos, partiendo de la ecuación de friss se calcula la potencia del dispositivo.

$$P_t = \frac{P_{rx} * 4\pi * d^2}{G_t * A_e} \quad (2.8)$$

P_{rx} = Potencia en el sitio de recepción.

A_e = Área efectiva de la antena.

G_t = Ganancia total

d = Distancia de cobertura

Se utilizará una antena omni direccional que tiene una ganancia de 1.64, el valor indicado corresponde a las características de la antena a implementar, la frecuencia baja será de 824 MHz, y la frecuencia mayor será de 894 MHz según datos suministrados por la Superintendencia de Telecomunicaciones entidad responsable de la vigilancia y control del espectro de radio frecuencia, con estos datos tenemos.

Para la frecuencia de 824 MHz.

$$A_e = \frac{G * \lambda^2}{4\pi} \quad (2.9)$$

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (2.10)$$

$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{824 \text{ Mhz}} \quad (2.11)$$

$$Ae = \frac{1.64 * (0.18)^2}{4\pi} \quad (2.12)$$

$$Ae = 4.228 * 10^{-3} m^2 \quad (2.13)$$

La potencia en el sitio de recepción, reemplazando valores en la ecuación de friss será de:

$$Pt = \frac{96\mu W * 4\pi * (5m)^2}{1.64 * 4.288 * 10^{-3} m^2} \quad (2.14)$$

$$Pt = 4.350mW \quad (2.15)$$

Para la frecuencia de 894 MHz.

$$Ae = \frac{G * \lambda^2}{4\pi} \quad (2.16)$$

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (2.17)$$

$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{894Mhz} \quad (2.18)$$

$$Ae = \frac{1.64 * (0.167)^2}{4\pi} \quad (2.19)$$

$$Ae = 3.636 * 10^{-3} m^2 \quad (2.20)$$

La potencia en el sitio de recepción, reemplazando valores en la ecuación de friss será de:

$$P_t = \frac{96\mu W * 4\pi * (5m)^2}{1.64 * 3.636 * 10^{-3} m^2} \quad (2.21)$$

$$P_t = 5.057mW \quad (2.22)$$

Conocida la potencia del dispositivo, la expresaremos en potencia absoluta es decir en dBm, para ello utilizaremos la formula siguiente.

$$dBm = 10 * \log \frac{P_t}{1mW} \quad (2.23)$$

Reemplazado los valores se conoce que la potencia aplicada a la antena será de aproximadamente 7dBm para cubrir el área de trabajo.

Conocido la potencia del dispositivo y ganancia de salida a la antena se procede a diseñar el generador de rampas para lo cual utilizaremos el circuito XR 2206, el cual especifica en su hoja de datos que para trabajar como generador de rampa, se debe corto circuitar la salida FSK que es el pin 9, con la salida de señal cuadrada que corresponde al pin 11. El ajuste de la amplitud de las señales de salida del XR2206 se consigue mediante la circuitería conectada al pin 3. Esta circuitería consiste en un divisor de tensión formado por R5 y R4. El ancho del pulso y el ciclo de trabajo se pueden ajustar desde el 1 % al 99 %, según la elección de las resistencias conectadas a los pines 7 y 8, los valores de estas resistencias se encuentran entre 1 KΩ hasta 2 MΩ, para este caso lo identificaremos como R1 y R2. El rango de frecuencia generada por el XR2206 viene determinado por el valor del condensador conectado entre los pines 5 y 6. Trabaja con una frecuencia de 1Khz a 10Khz con un capacitor de 100 nF. La señal de salida la obtenemos en el pin 2.

Tenemos que el ciclo de trabajo será igual a.

$$CT = \frac{R1}{R1 + R2} \quad (2.24)$$

Y para la frecuencia utilizaremos la siguiente ecuación.

$$f = \frac{2}{c} \left[\frac{1}{R1 + R2} \right] \quad (2.25)$$

La figura 2.8 muestra el generador armado para cumplir con lo requerido.

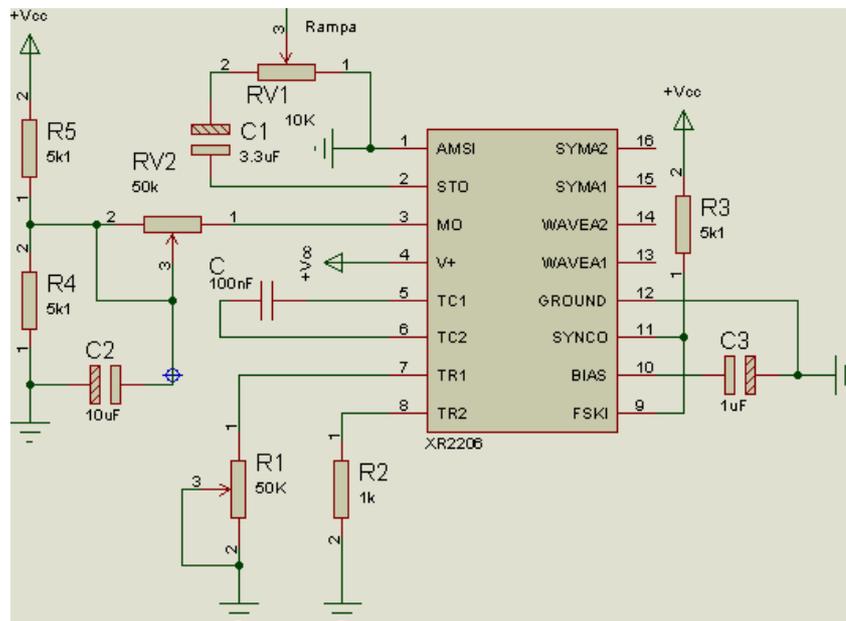


Figura 2.8. Diagrama de conexión del Generador XR2206.

La figura 2.9 muestra la salida del generador a una frecuencia de prueba para identificar los parámetros que serán variados en las futuras prácticas.

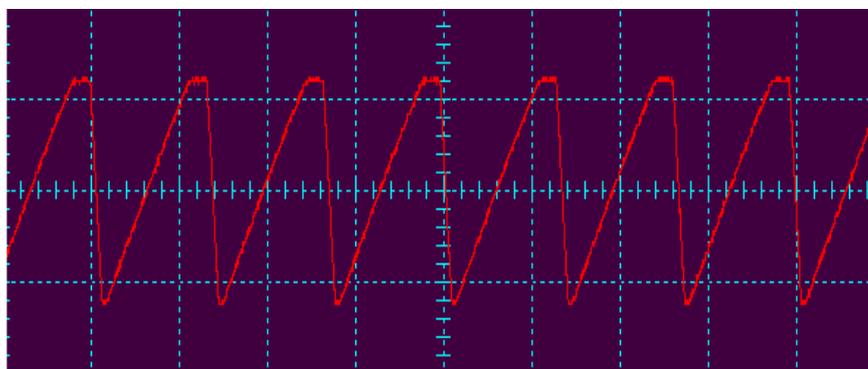


Figura 2.9. Diagrama de la señal de salida del Generador XR2206.

Los elementos utilizados en el circuito se detallan en la tabla 2.2 incluidos los utilizados en la formación de la fuente de voltaje, algunos de los elementos fueron modificados en la práctica para poder cumplir con las metas propuestas. La hoja de datos se encuentra en el anexo A.

Tabla 2.2. Lista de elementos para el XR 2206

DESCRIPCION	CANTIDAD
Generador XR 2206	1
Capacitores Electrolíticos de 1uf a 50V	1
Capacitores Electrolíticos de 3.3uf a 50V	1
Capacitores Electrolíticos de 10uf a 50V	1
Capacitores cerámicos de 100 ηf	3
Resistencias de 5K Ω a $\frac{1}{2}$ W	3
Resistencias de 1K Ω a $\frac{1}{2}$ W	1
Resistencias Variables de 50K Ω	2
Resistencias Variables de 10K Ω	1
Regulador LM7818 a (1.5A)	1
Disipador de calor	1

Adicional a la señal del generador le sumaremos una señal de ruido aleatorio para ello se utilizara el circuito integrado LM 389 de fácil acceso en el mercado, este integrado es un arreglo de tres transistores NPN con un amplificador de audio, las entradas al amplificador son referenciadas a tierra, tiene un control o regulador de ganancia, por defecto posee una ganancia interna inicial de 20 (26 dB) pero mediante resistencias y capacitores entre los pines 4 y 12 esta ganancia puede llegar hasta 200 (46 dB), cuando se trabaja con una alta ganancia es necesario colocar un capacitor de 0.1uF en el pin 3 con referencia a tierra para prevenir degradación de la ganancia y posible inestabilidad. El LM389 posee una excelente estabilidad ante alteraciones de la fuente de alimentación, sin embargo para prevenir posible inestabilidad se aconseja colocar un capacitor para

desacoplar la fuente, los demás valores de resistencias y capacitores están fijados por el fabricante. La figura 2.10 muestra el circuito armado.

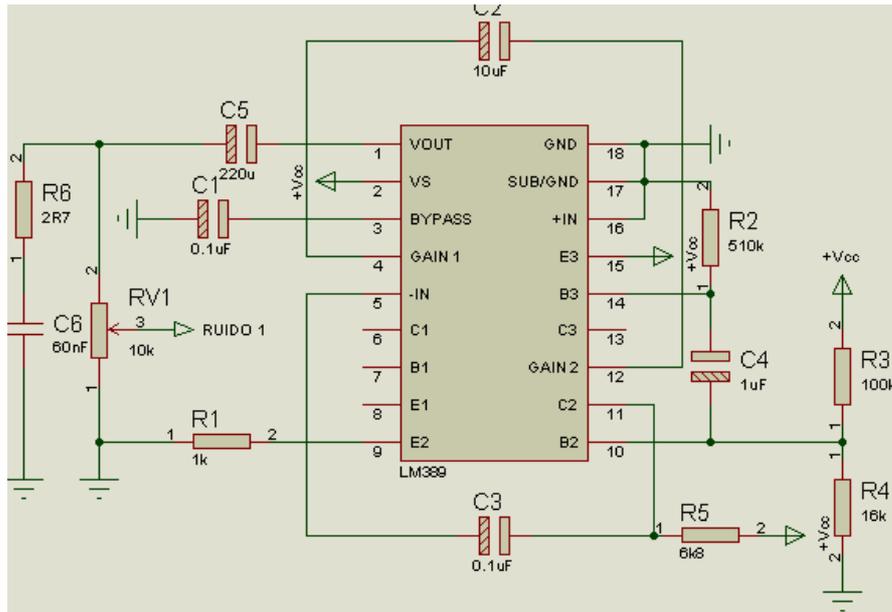


Figura 2.10. Diagrama de conexión del Integrado LM 389.

La figura 2.11 muestra la salida del generador de ruido a una frecuencia de prueba para identificar los parámetros que serán variados en la práctica.

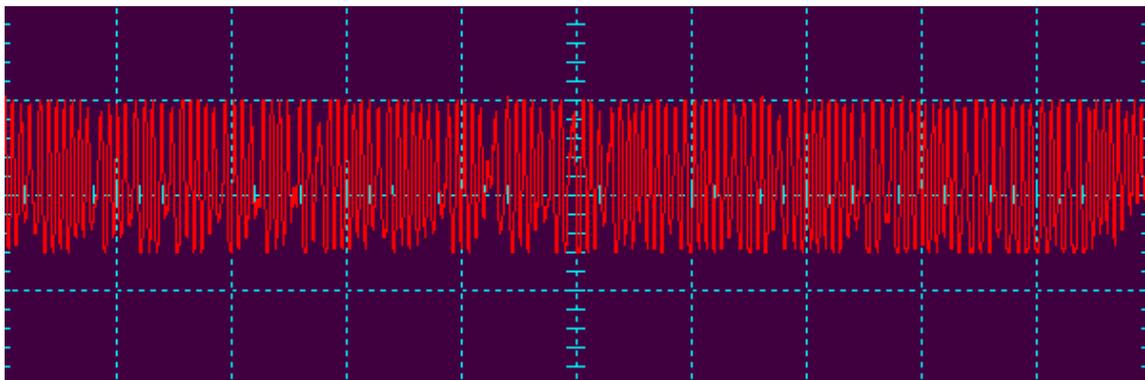


Figura 2.11. Señal de salida del Integrado LM 389.

La tabla 2.3 muestra la lista de elementos a implementar en el circuito, algunos de ellos pueden variar de acuerdo a las necesidades.

Tabla 2.2. Lista de elementos para el LM 389

DESCRIPCION	CANTIDAD
Generador LM 389	1
Capacitores Electrolíticos de 1uf a 50V	1
Capacitores Electrolíticos de 220uf a 50V	1
Capacitores Electrolíticos de 10uf a 50V	1
Capacitores Electrolíticos de 0.1uf a 50V	1
Capacitores cerámicos de 60 ηf	1
Capacitores cerámicos de 100 ηf	3
Resistencias de 16K Ω a ½ W	1
Resistencias de 100K Ω a ½ W	1
Resistencias de 2.7K Ω a ½ W	1
Resistencias de 6.8K Ω a ½ W	1
Resistencias de 510K Ω a ½ W	1
Resistencias de 1K Ω a ½ W	1
Resistencias Variables de 10K Ω	1
Regulador LM7812 a (1.5A)	1
Disipador de calor	1

Para el Oscilador controlado por voltaje el POS1060, lo que se necesita es la señal de control, que la obtenemos de XR2206, y mediante un potenciómetro tomamos el valor de voltaje correspondiente para cubrir la frecuencia de 824 a 894 MHz, estos valores de voltaje van desde 7 a 10.2 voltios. La figura 2.12 muestra el modo de conexión, para obtener las frecuencias aplicamos un sujetador de voltaje o desplazamos el voltaje con la ayuda de una regulador para este caso es el LM317, así obtenemos la señal de la rampa dentro del rango requerido. La figura 2.13 muestra el circuito para desplazar el voltaje. La figura 2.14 muestra la relación de frecuencia voltaje necesario para la aplicación y funcionamiento del proyecto.

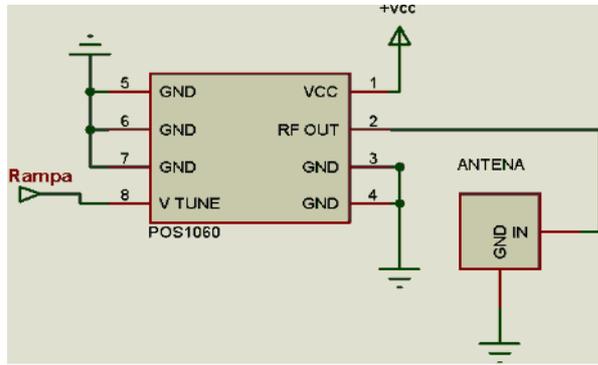


Figura 2.12. Diagrama de conexión del Oscilador controlado por Voltaje.

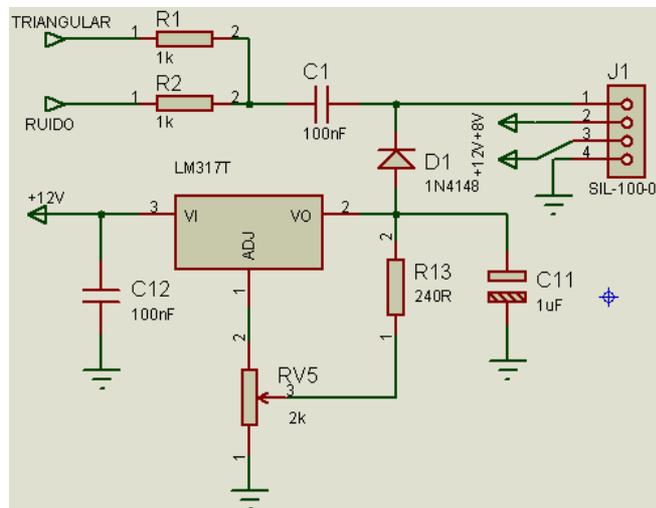


Figura 2.13. Diagrama del sujetador de tensión.

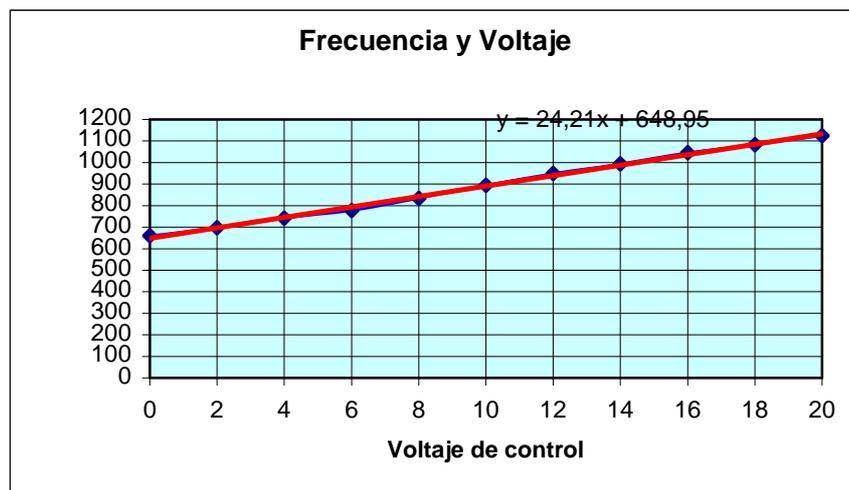


Figura 2.14. Relación de frecuencia Voltaje del Oscilador controlado por Voltaje.

Con la señal de salida del VCO el POS1060, que tiene una salida de potencia superior a los 9 dBm, se la amplificará con el integrado man-2 el cual tiene una ganancia mayor a 15 dB, que cumple con la potencia requerida para cubrir el área de trabajo. Esta potencia es solo la aplicada a la antena. La figura 2.15 muestra la conexión del amplificador, y la figura 2.16 muestra la curva de ganancia en función de la frecuencia.

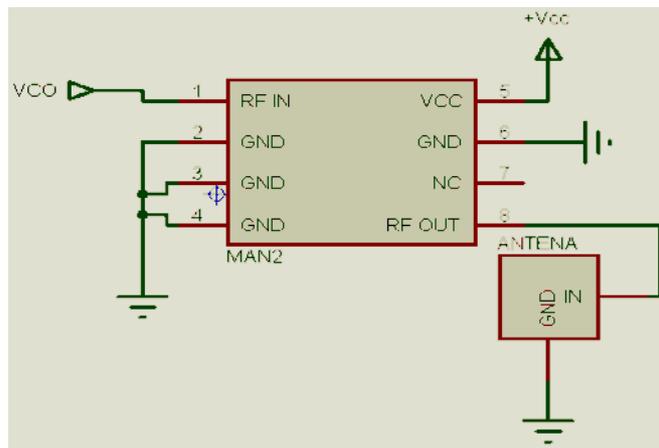


Figura 2.15. Diagrama de conexión del Amplificador Man-2.

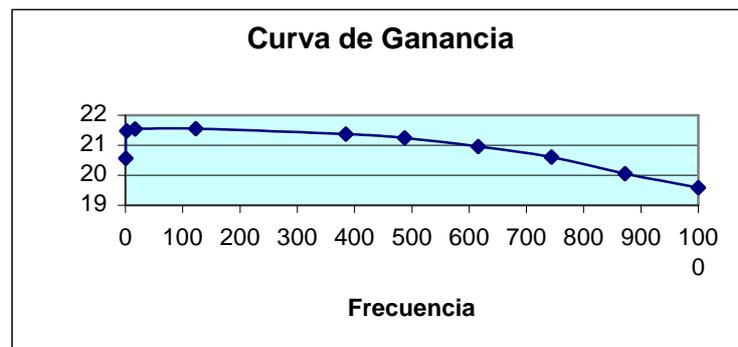


Figura 2.16. Curva de ganancia del Amplificador Man-2.

CAPÍTULO III

3 MONTAJE Y PRUEBAS DEL BLOQUEADOR DE TELÉFONOS CELULARES PARA BANDA GSM

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.

Para la implementación del dispositivo bloqueador, la señal de interferencia debe cumplir con normas de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) la cual fue creada por la Ley de Comunicaciones de 1934 y es una agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos.

La FCC tiene a su cargo la reglamentación de las comunicaciones, así como también la aprobación de límites para la exposición segura a la energía de radiofrecuencia (RF), lo cual con la colaboración de organismos federales de salud y seguridad, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Establecieron como unidad de referencia a la denominada Proporción de Absorción Específica (SAR). La FCC exige que los fabricantes de teléfonos celulares garanticen que sus teléfonos cumplan con los límites indicados para una exposición segura. Por lo que todo teléfono celular que esté en o por debajo de los niveles SAR es un teléfono "seguro", de acuerdo a estos patrones. El límite de la FCC para la exposición pública a teléfonos celulares es un nivel SAR de 1.6 Vatios por kilogramo (1.6 W/Kg.).

Cumpliendo con esta norma valida en nuestro país y regulada por la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, el procedimiento a seguir es el siguiente.

Teniendo como objetivo el desarrollar un dispositivo de alta frecuencia que sea capaz de interferir al teléfono celular. Es necesario alterar sea el nivel de interferencia de la relación señal a ruido o a su vez el nivel de interferencia de los canales de control. Para lograr esto se va a interferir los canales de control de las bandas con los cuales la estación base se comunica con el teléfono celular generando ruido sobre las frecuencias en las que trabajan dichos canales. Para el bloqueador se requiere interferir la frecuencia de la operadora OTECEL (Movistar).

Una vez identificadas las frecuencias a las que se debe interferir, es importante determinar la potencia que se necesitaría para dicho efecto. Para ello se conoce que la relación señal o ruido para un móvil es mayor a 38 dB, y su potencia de transmisión para el mejor de los casos es de 0.6W. Con lo cual el ruido a generar debe ser mayor que 95.10 μ W, con lo cual el teléfono no podrá enlazarse con la estación base.

Determinada la potencia se procede a:

Diseñar un circuito generador de rampas que proporcione a su salida, los valores de tensión, necesarios para el control del VCO, el VCO debe cubrir las frecuencias que pertenecen a la compañía Movistar, el prototipo esta desarrollado para cubrir una área de 25 m² aproximadamente, y transmitirá la señal interferente a través de una antena GSM.

Para cubrir todo el espectro de frecuencia de la operadora OTECEL, es necesario construir una fuente de ruido blanco, encargado de llenar las frecuencias libres dejadas por el VCO, con la diferencia que la señal producto de la fuente de ruido blanco se la amplificara hasta alcanzar los valores de frecuencia, potencia de salida, y ancho de banda de la compañía OTECEL, la etapa de transmisión viene a ser la misma.

3.2 MONTAJE Y ACOPLAMIENTO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA.

Diseñado el circuito en papel se procede a armarlo en proto la parte de control, y el VCO con el amplificador en una placa aparte para evitar interferencia por ruido.

En el proto se procede a: Identificar la polarización de cada elemento, es decir cual terminal es tierra y cual vcc, es vital para evitar averiar los elementos o que por defecto no funcionen correctamente. Se ajustan los valores de voltaje de alimentación de los integrados en conjunto con los del VCO y amplificador, las salidas de las señales del generador de rampa, así como también del generador de ruido y se corrigen posibles errores de aplicación. En la figura 3.1 se observa el diagrama en proto.

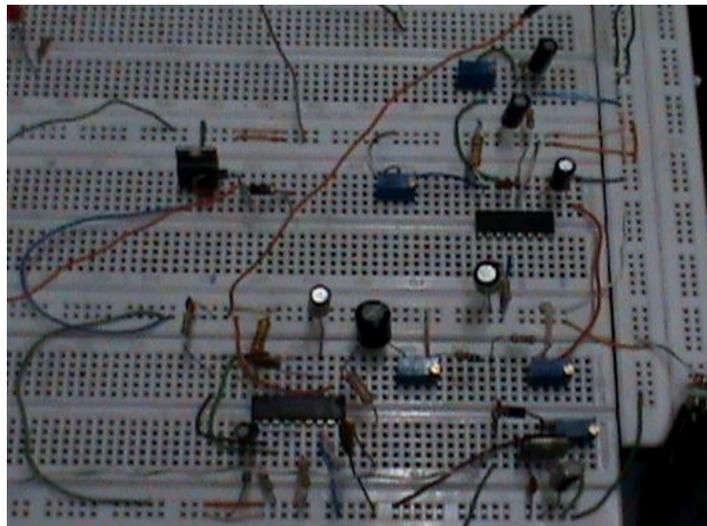


Figura 3.1. Circuito de control en proto.

Corregido los errores en el proto se puede proceder a realizar el circuito impreso en placa para ello se utiliza el software Proteus, con sus aplicaciones en Isis para esquemas y simulación y en Ares para la creación de circuitos impresos. Primero se ingreso en el Isis los circuitos individuales, para ello se debió crear algunos elementos como el generador de rampa RX2206, el generador de ruido LM389, el VCO y el amplificador, para luego mediante la aplicación en Ares crear las pistas. El diagrama completo en Isis del circuito de control se muestra en la figura 3.2

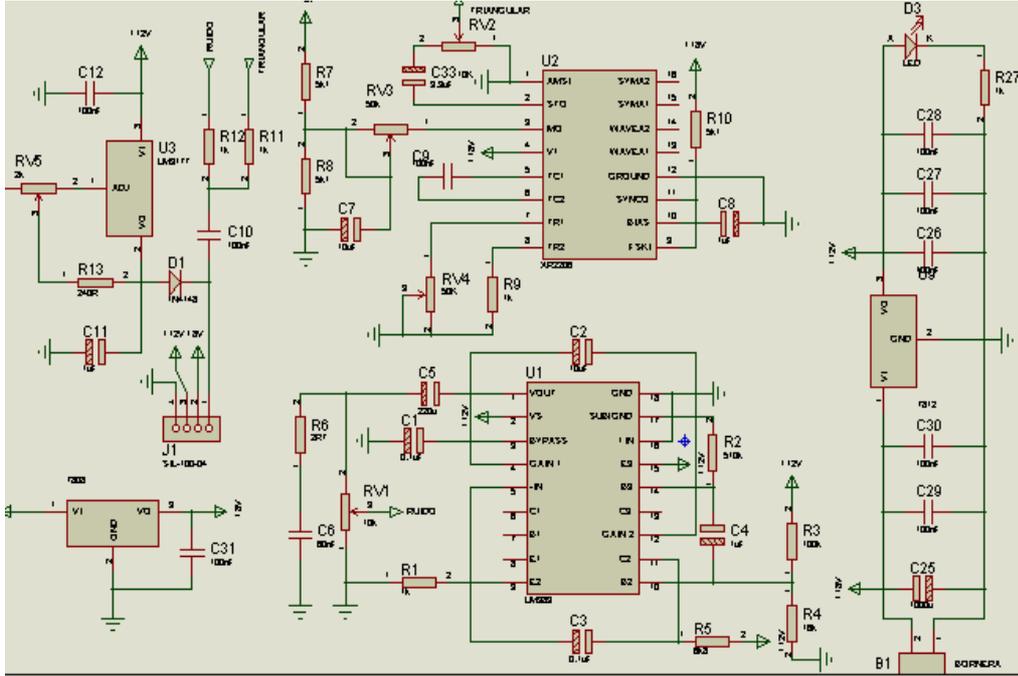


Figura 3.2. Circuito de control completo.

El diagrama completo en Isis del VCO y del amplificador se muestra en la figura 3.3, considerando las fuentes de alimentación para cada elemento, así como la salida a la antena en forma individual, con el propósito de realizar las pruebas de funcionamiento para cada elemento.

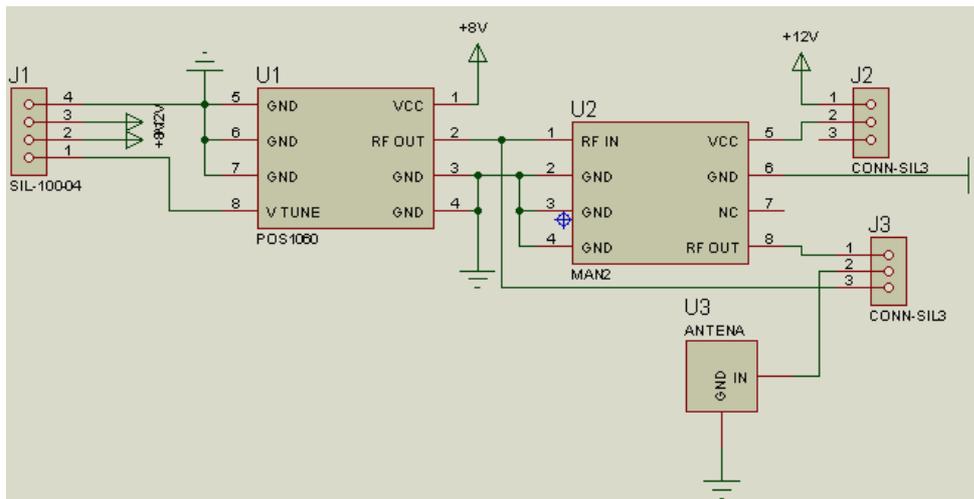


Figura 3.3. Circuito del VCO con el amplificador.

Debido a la necesidad de evitar que líneas de corriente se crucen, se elaboro la placa en las dos caras, es decir de lado y lado. Se puede diferenciar que pistas o líneas de corriente van en la cara superior y cual en la cara inferior, de acuerdo al color de la línea. En la figura 3.4 y 3.5 se pueden observar el color de las líneas, el color rojo corresponde a las pistas de la cara superior de la placa el color azul corresponde a las pistas de la cara inferior de la placa.

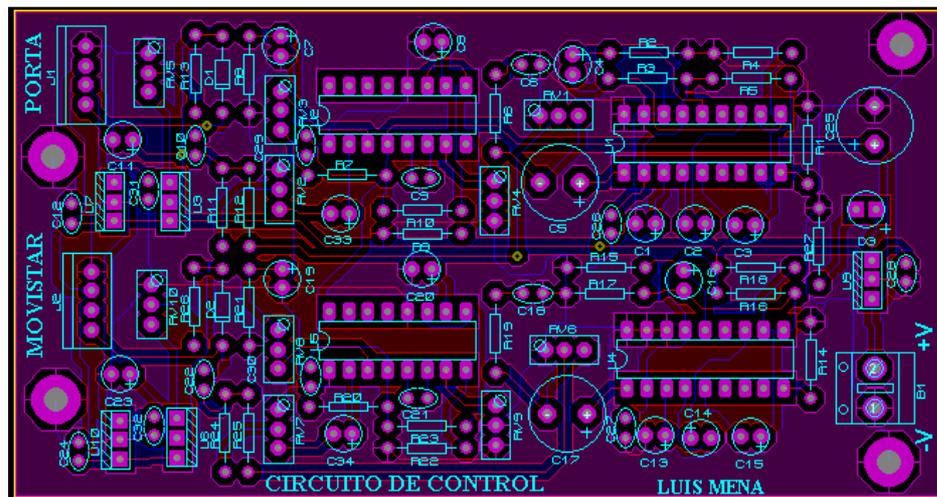


Figura 3.4. Circuito de control en Ares.

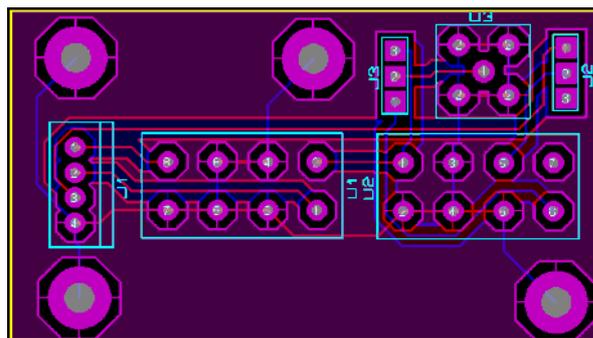


Figura 3.5. Circuito del VCO y amplificador en Ares.

La placa antes de soldar se la puede observar en la siguiente figura 3.6.

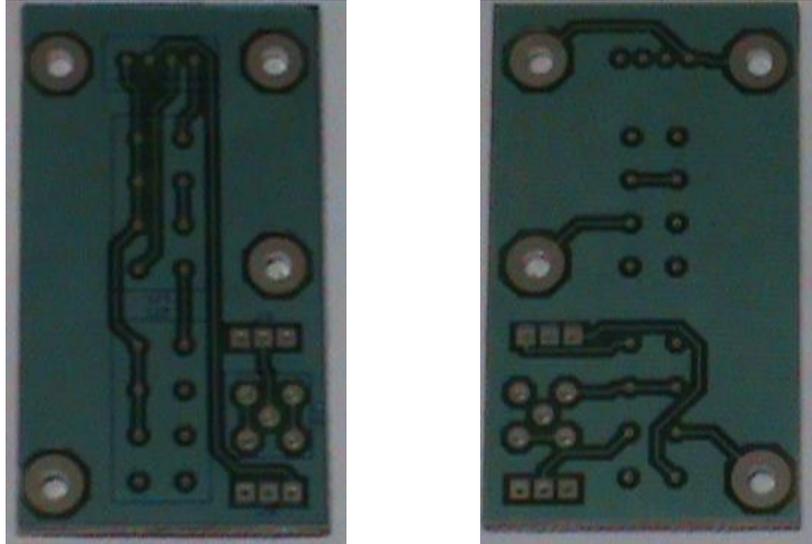


Figura 3.6. Circuito del VCO y amplificador en placa.

Una vez soldados los elementos que son el VCO y el amplificador, la placa resultante se identifica en la figura 3.7

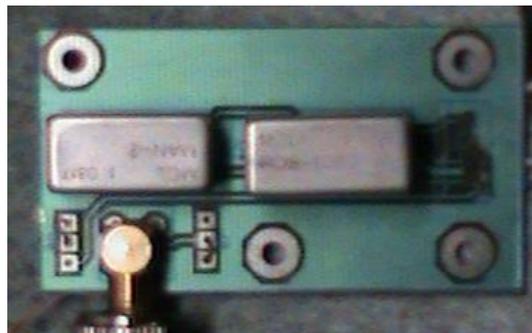


Figura 3.7. Circuito del VCO y amplificador instalados en la placa.

Para la parte de control, la placa inicial se la puede apreciar en la figura 3.8

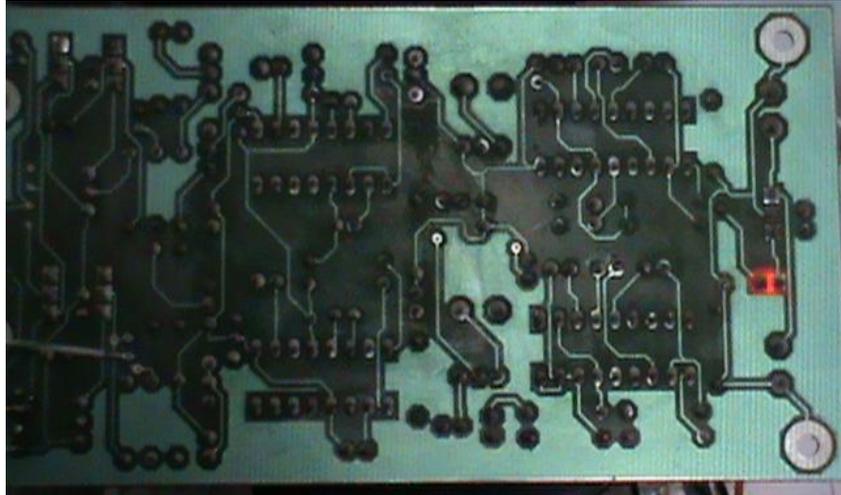


Figura 3.8. Circuito de control en placa.

Se encuentran que errores de ensamblaje y malas soldaduras normalmente son las causas para que un proyecto falle, para ello el montaje de los elementos del circuito impreso pueden ser colocados de dos formas.

Montar y soldar componentes uno por uno, se lo utiliza cuando el circuito no es muy grande, pudiendo verificar la ubicación de cada elemento antes de soldar.

Montar y soldar componentes en lotes, se lo utiliza para circuitos grandes o cuando están divididos en secciones, soldar las secciones le permite verificar su correcto funcionamiento, y de no encontrar fallas poder seguir en el proceso de ensamblaje.

En alta frecuencia es necesario utilizar como mínimo placas de doble lado, para evitar la formación de capacitancias parásitas, y las patillas de los elementos deben ser lo más cortas posibles para evitar las inductancias parásitas.

El sistema completo se lo puede observar en la figura 3.9, incluye placa de control, VCO, amplificador y su respectiva antena.

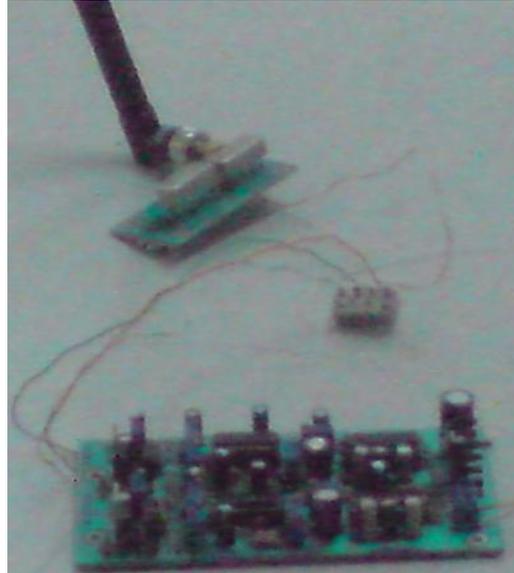


Figura 3.9. Circuito Total.

3.3 PRUEBAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Realizado todo el montaje se procede a realizar el monitoreo de las señales y se determino, que eran similares a las obtenidas en el proto, ya que en el circuito impreso se logro eliminar algunas fuentes parásitas del circuito. La frecuencia emitida por el vco es de 820 a 895 Mhz con una potencia de salida de 8 dBm. La figura 3.10 muestra la salida del generador de rampa con los valores de salida para que funcione el VCO. Y en la figura 3.11 se puede observar la salida del generador de ruido con los valores de ganancia fijados para el desarrollo del proyecto.



Figura 3.10. Señal de salida del generador de rampas.

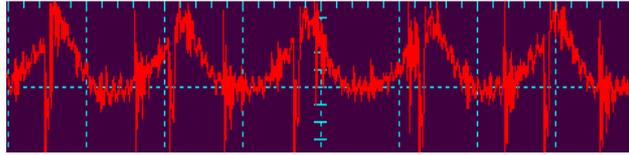


Figura 3.11. Señal de salida del generador de ruido.

Estas señales ingresaron al oscilador controlado por voltaje para poder interferir la señal del teléfono celular. En la siguiente grafica se pueden observar la suma de estas señales medidas en un osciloscopio.

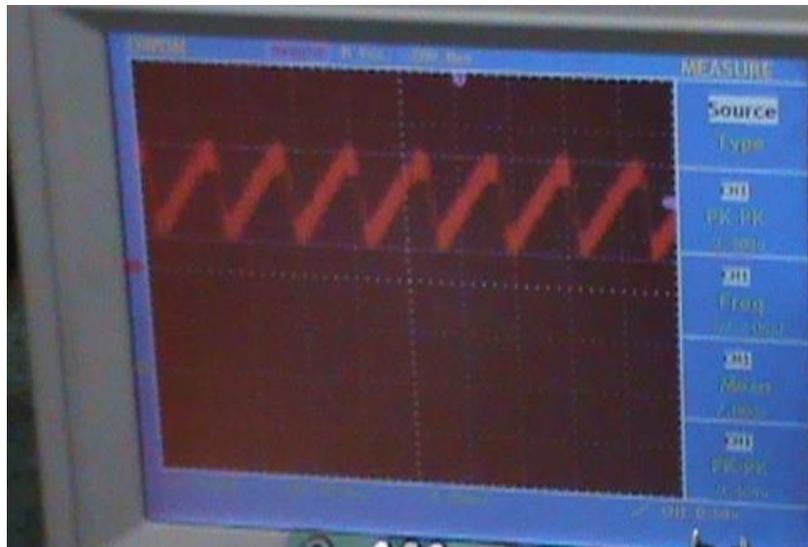


Figura 3.12. Suma de señal de salida.

Con ello se logró: Obtener un área libre de tono celular de la compañía OTECEL (Movistar) que opera en la frecuencia B, de 25 m² aproximadamente. Cubriendo con ruido blando las bandas de frecuencia que el VCO, por velocidad de barrido no puede cubrir. En la figura 3.13 se visualiza la pantalla del celular manteniendo el equipo apagado y el resultado con el equipo encendido se lo pueden observar en la figura 3.14, los mensajes a visualizar son diferentes dependiendo del celular lo mas común es que la barra de señal se elimine, o puede salir mensajes como, “fuera del área de cobertura”, “sin servicio”, entre otros.



Figura 3.13. Teléfono con señal.



Figura 3.14. Teléfonos sin señal.

El Bloqueador de Teléfonos Celulares (BTC) no altera el funcionamiento de otros dispositivos electrónicos tales como computadores, módulos de radio frecuencia que operen en bandas superiores a los 1000 MHz, que se encuentren dentro del área de cobertura. Esto lo podemos observar en la figura 3.15, la imagen

corresponde al laboratorio de comunicaciones donde se realizaron las pruebas de operación y funcionamiento del dispositivo. Así como también es inofensivo para la salud de las personas.

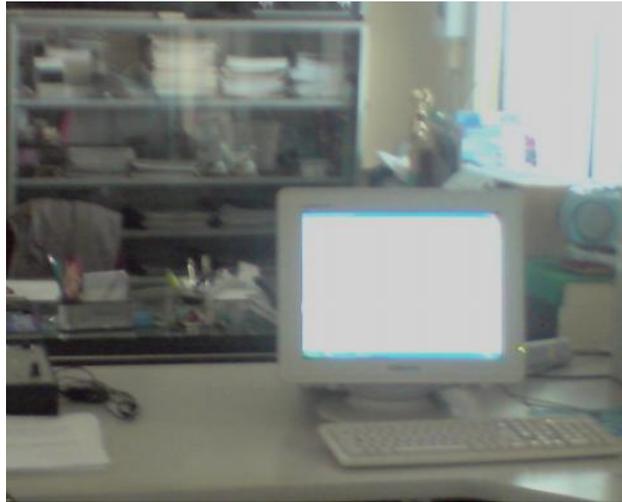


Figura 3.15. Laboratorio de Comunicaciones.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

El Bloqueador de Teléfonos Celulares (BTC) puede ser implementado para cubrir el resto de frecuencias de las demás operadoras de telefonía celular que operan en nuestro país, por facilidades del dispositivo principal se interfirió también la banda GSM de la operadora CONECEL o PORTA, y para cubrir una área de aproximadamente 150m^2 se necesitara incrementar, la ganancia de la antena, una mayor potencia de salida de la etapa de amplificación y separar las placas de control de las placas de los osciladores controlados por voltaje, para evitar interferencias entre ellas.

El Bloqueador de Teléfonos Celulares (BTC) solo sirve para bandas GSM comprendidas entre 824 a 894 MHz. Ya que son frecuencias en las cuales trabaja la compañía celular OTECEL.

No cubre tecnologías tales UMTS, CDMA. En frecuencias superiores a los 900 MHz.

El Bloqueador de teléfonos celulares no corta llamadas en proceso debido a que la potencia utilizada es menor a la utilizada en el dispositivo celular al momento de realizar una llamada.

3.5 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.

Primeramente se realizó el análisis del costo del bloqueador de teléfonos celulares para GSM, que operen en la Banda B para la compañía OTECEL.

Adaptador AC/DC	\$ 60.20
Elementos electrónicos	\$ 300.00
VCO y Amplificadores RF	\$ 1200.00
Total	\$ 1560.20

El valor de costos del material no es muy significativo en relación al beneficio a obtener, el cual debido al uso indiscriminado de los teléfonos celulares se ha presentado una situación problemática, en la cual el timbre o uso del celular, llega a ser molesto para las personas, y perjudicial para los equipos computarizados al interferir en su funcionamiento o generar datos erróneos, por tal motivo se busca garantizar áreas libre de tono de celular y así fortalecer la seguridad, privacidad, silencio requerido por personas, o lugares públicos, etc.

Además el bloqueador de teléfonos celulares no dañará el teléfono celular bajo ninguna circunstancia, solamente inhabilita su recepción o transmisión de señal, razón por la cual aparecería leyendas como “Fuera del área cobertura”, “Sin servicio”, dependiendo del modelo del celular. Pero si nos retiramos del área de cobertura del bloqueador, el celular recupera los servicios. Y lo principal el bloqueador de teléfonos celulares es inofensivo para otros dispositivos

electrónicos y para la salud de los seres humanos al cumplir con las normas establecidas por Organismos Nacionales e Internacionales. En resumen el precio a pagar es inferior a los beneficios obtenidos.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el proyecto de tesis se pueden determinar en base a la experiencia adquirida las siguientes conclusiones.

- Se diseño y construyo el bloqueador de teléfonos celulares para banda GSM del operador OTECEL. Interfiriendo su banda de frecuencia, y con una potencia mayor a la necesaria para establecer el enlace de radio.
- El bloqueador de teléfonos celulares para banda GSM no interfiere con el funcionamiento de dispositivos electrónicos, tales como computadores, osciloscopios, etc.
- El bloqueador de teléfonos celulares para banda GSM es inofensivo para la salud de los seres humanos.
- Lo que comenzó, como un prototipo con un radio de cobertura garantizado de $25m^2$ y desarrollado para una sola tecnología (GSM) que se halla presente en nuestro país, se puede desarrollar para el resto de compañías de telefonía celular, así como incrementar su área de cobertura hasta 6 veces.
- Con la utilización del VCO y de los demás circuitos integrados se reduce en gran proporción la utilización de muchos elementos electrónicos, y permite el poder incrementar la aplicación de ser necesario.

- La correcta ubicación del dispositivo permite el obtener una área mayor de cobertura, es decir se debe considerar altura a ser instalado el bloqueador de teléfonos celulares para banda GSM
- Los costos de realización del proyecto son reducidos en relación al beneficio de obtener áreas libres de tonos celulares y por tanto áreas seguras de intenciones maliciosas.

4.2 RECOMENDACIONES

Al igual se puede enumerar las recomendaciones que se consideren de mayor importancia tales como las enumeradas a continuación.

- Se recomienda dar continuidad al proyecto para que otros alumnos complementen la parte de control, como poder realizar una red, etc.
- Es indispensable comprobar que los elementos a utilizar en el dispositivo se encuentren en el mercado, sean accesibles a ventas por unidad y no tengan restricciones, como militares, aeronáuticas, etc, para realizar la importación.
- Al momento de realizar el circuito impreso y su posterior ensamblaje de elementos, en aplicaciones de alta frecuencia es necesario evitar la formación de capacitancias e inductancias parásitas.
- Se debe conocer las frecuencias de operación de las compañías de telefonía celular a interferir, para no dejar bandas libres y para no afectar a otros sistemas que pueden trabajar a bandas cercanas.
- Se debe gestionar ante el Consejo Nacional de Telecomunicaciones el uso del dispositivo dentro de las Instalaciones de la Universidad.

BIBLIOGRAFÍA.

- <http://www.supertel.gov.ec>
- <http://www.conatel.gov.ec/website/conatel/conatel.php>
- http://www.conatel.gov.ec/website/baselegal/resoluciones.php?cod_cont=78
- <http://www.endrich.com/es/site.php/3623?skip=100>
- <http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/spanish/spanish.html>
- http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/t_celular/operadoras.html
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/campos_v_da/capitulo3.pdf
- <http://www.minicircuits.com>
- http://ceres.ugr.es/~alumnos/c_avila/gsm23.htm
- <http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/historia.asp>
- <http://www.nttdocomo.com/technologies/future/toward/index.html>
- <http://www.mobileinfo.com/3G/4GVision&Technologies.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos34/telefonía-celular/telefonía-celular.shtml>
- <http://www.ehui.com/?c=9&a=56746>

- <http://eliix.com/index.php?/archives/449-Telefono-celular-4G-datos-a-100Mbps.html>
- http://biblioteca.upc.es/pfc/mostrar_dades_PFC.asp?id=35790
- <http://www.tecnopalm.com/modules.php?name=News&file=article&sid=1559>
- Chris Bowick & Howard W., Rf Circuit Design, Prentice-Hall, 1982
- Guillermo González, Analysis and Design, Microwave Transistor Amplifiers, Prentice-Hall, 1984
- Lati, Robert. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN. Mc Graw-Hill, 1º edición, México, 1986
- Nicolas Baran, Redes Inalámbricas, Revista PC/Tips Byte, artículo, 1992.
- Praxis, COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING. Prentice-Hall, 1º edición, New Jersey 2004.
- Luis Corrales, Redes Digitales Industriales, ESPE – LATACUNGA, 2007

ANEXO A

HOJA DE DATOS

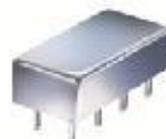
Voltage Controlled Oscillator

Linear Tuning 750 to 1060 MHz

Features

- Wide tuning range
- 3 dB modulation bandwidth 1 MHz, typ.
- Low phase noise
- Hermetically sealed

POS-1060



Applications

- Cellular up & down converters
- CATV distribution set top converters
- Agile communications systems
- Test instruments

CASE STYLE: A06
+ RoHS compliant in accordance
with EU Directive (2005/95/EC)

Electrical Specifications

FREQUENCY (MHz)		POWER OUTPUT (dBm)	TUNING VOLTAGE (V)		PHASE NOISE (dBc/Hz) SSB at offset frequencies: Typ.				PULLING pk-pk @ 12 dB (MHz)	PUSHING (MHz/V)	TUNING SENSITIVITY (MHz/V)
Min.	Max.	Typ.	Min.	Max.	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	Typ.	Typ.	Typ.
750	1060	+12.0	1	20	-65	-9.0	-11.2	-13.2	5.0	3.0	18-32

HARMONICS (dBc)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	DC OPERATING POWER	
Typ.	Max.	Typ.	Vcc (volts)	current (mA)
-11	—	1.0	8	30

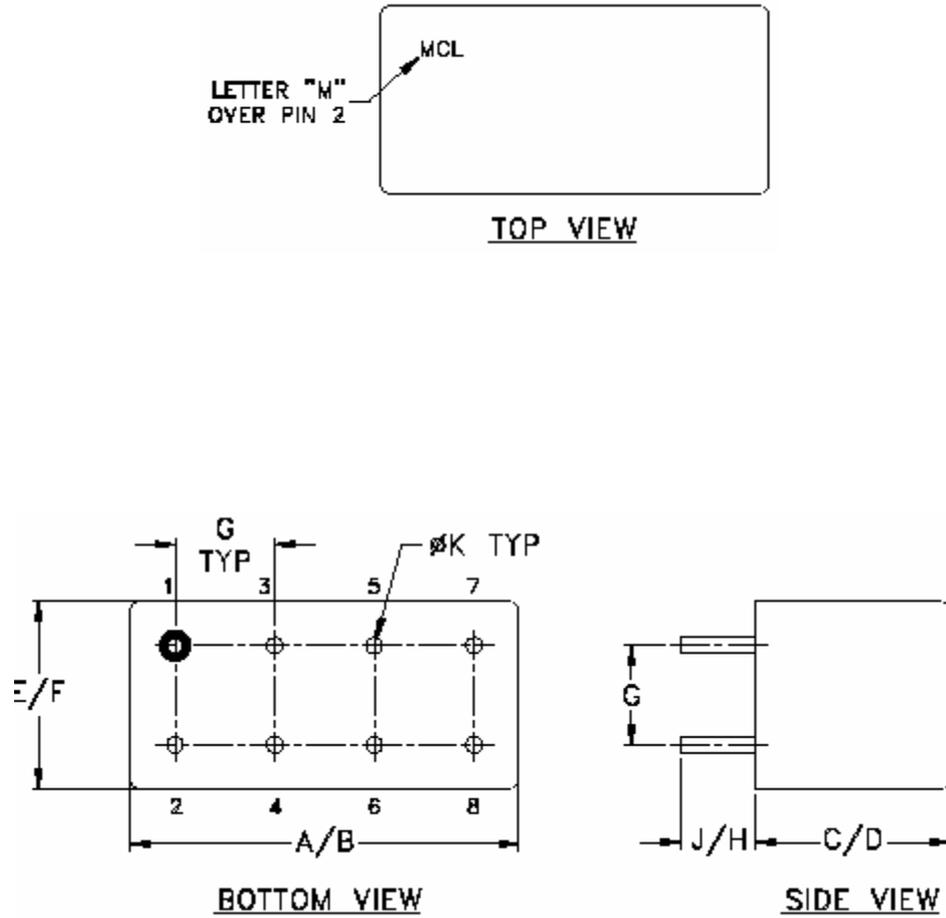
Maximum Ratings

Operating Temperature -55°C to 85°C
Storage Temperature -55°C to 100°C
Absolute Max. Supply Voltage (Vcc) +10V
Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune) +22V

Pin Connections

RF OUT 2
VCC 1
V-TUNE 8
GROUND 3,4,5,6,7
CASE GROUND 3,4,5,6,7

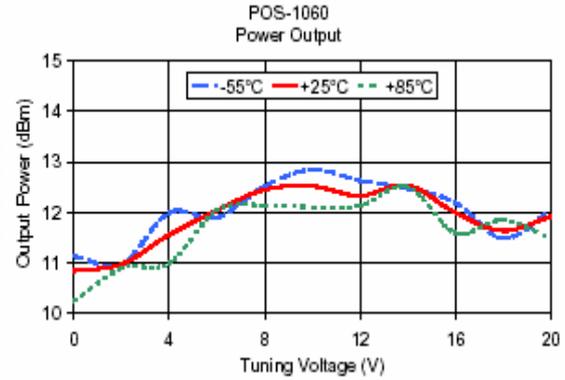
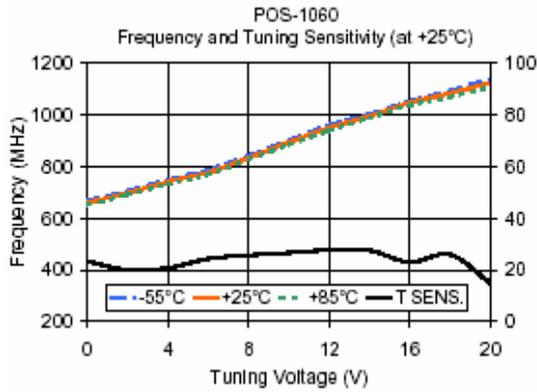
Outline Drawing



Outline Dimensions (i n ch)

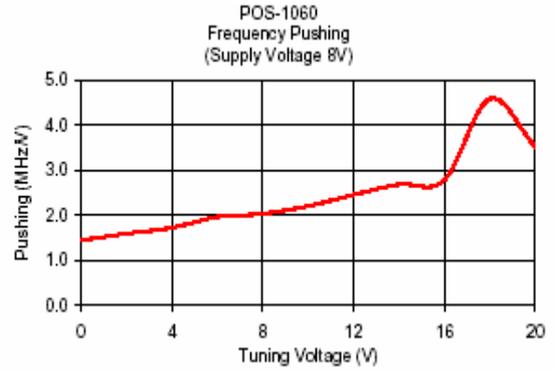
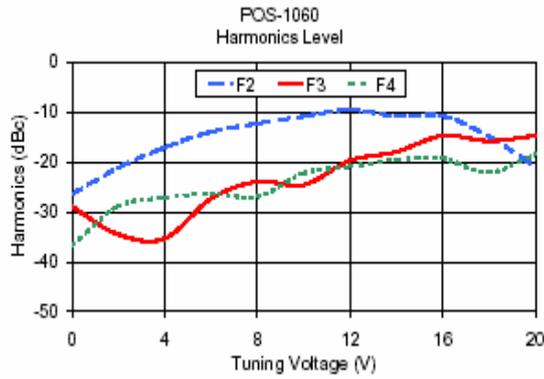
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	wt
.770	.800	.285	.310	.370	.400	.200	.20	.14	.031	grams
19.558	20.32	7.239	7.874	9.398	10.16	5.08	5.08	3.556	0.7874	5.2

Performance Data & Curves



V TUNE	TUNING SENS. (MHz/V)	FREQUENCY (MHz)			POWER OUTPUT (dBm)		
		-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C
0.00	23.35	667.98	660.15	652.46	11.14	10.85	10.25
2.00	19.99	705.71	697.66	690.63	10.98	10.98	10.90
4.00	20.73	749.19	741.35	732.14	12.00	11.56	11.00
6.00	24.32	786.40	777.56	770.01	11.90	12.04	12.05
8.00	25.69	841.58	833.68	826.97	12.52	12.45	12.15
10.00	26.61	901.15	893.70	884.16	12.85	12.52	12.11
12.00	27.64	959.47	949.31	938.49	12.63	12.33	12.14
14.00	27.49	1002.41	994.54	986.85	12.48	12.54	12.51
16.00	23.00	1052.01	1046.38	1037.38	12.20	12.00	11.60
18.00	25.88	1092.75	1083.05	1067.83	11.49	11.64	11.86
20.00	14.94	1138.66	1124.15	1108.01	12.03	11.92	11.49

Performance Data & Curves



V TUNE	HARMONICS (dBc)			FREQ. PUSHING (MHz/V)
	F2	F3	F4	
0.00	-26.45	-28.96	-36.75	1.45
2.00	-21.14	-34.52	-28.82	1.60
4.00	-17.10	-35.34	-27.13	1.73
6.00	-13.96	-27.35	-26.30	1.97
8.00	-12.30	-23.93	-26.93	2.04
10.00	-10.84	-24.58	-22.23	2.21
12.00	-9.60	-19.71	-20.91	2.46
14.00	-10.84	-17.99	-19.54	2.69
16.00	-10.78	-14.74	-19.27	2.79
18.00	-14.89	-15.81	-22.11	4.59
20.00	-20.96	-14.73	-18.43	3.52

Amplifier MAN-2

50Ω. Low Power 0.5 to 1000 MHz

Features

- Wideband, 0.5 to 1000 MHz
- Low noise figure 6 dB typ.
- Hermetic, metal case
- Protected by US Patent, 6,943,629

MAN-2



Applications

- Military, hi-rel applications
- VHF/UHF
- Communication systems
- Cellular
- Instrumentation
- Lab use

CASE STYLE: A05

Amplifier Electrical Specifications

MODEL NO.	FREQUENCY (MHz)		GAIN (dB)		MAXIMUM POWER (dBm)			DYNAMIC RANGE		VSWR (:1) Typ.		DC POWER	
	F _L	F _U	Min	Max.	Output (1 dB Comp r.)		Input no damage	NF (dB) Typ.	I P3 (dBm) Typ.	In	Out	Volt (V) No m.	Current (mA) Max
MAN-2	0.5	1000	18	± 1.5	+9	+7	+15	6.0	+19	1.8	1.8	12	85

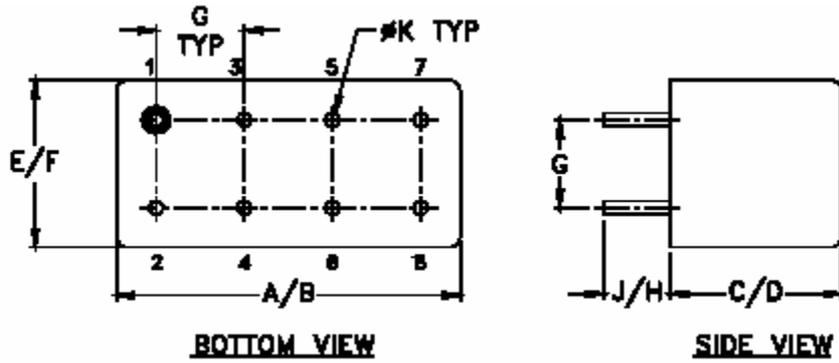
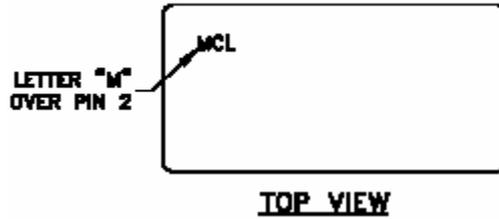
Maximum Ratings

Operating Temperature	-54°C to	85°C
Storage Temperature	-55°C to	100°C
DC Voltage	+12.5V	Max.

Pin Connections

RF IN	1
RF OUT	8
DC	5
GROUND	2,3,4,6
CASE GROUND	2,3,4,6
NOT USED	7

Outline Drawing

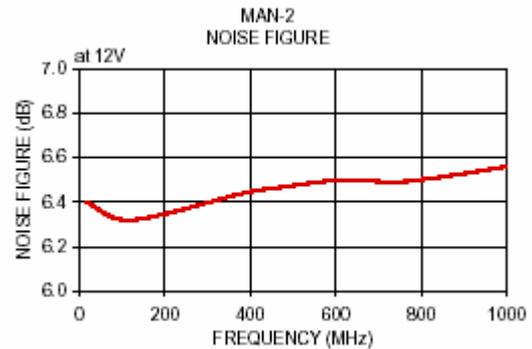
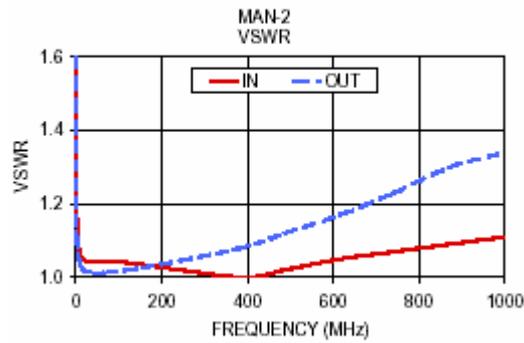
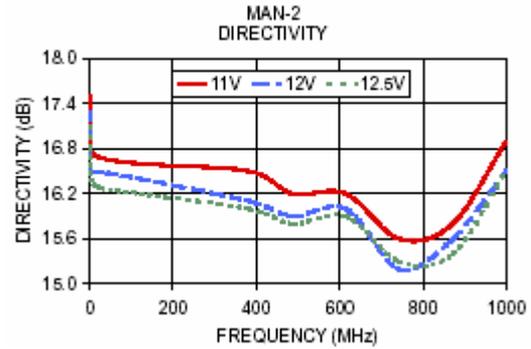
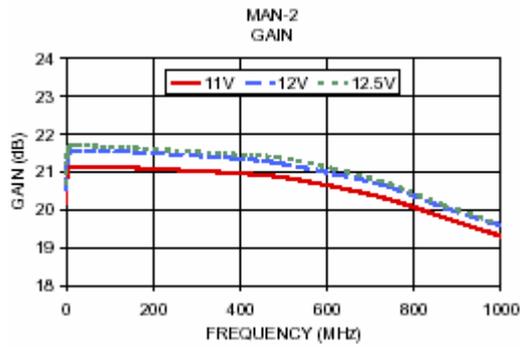


Outline Dimensions (inch)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	wt
.770	.800	.240	.250	.370	.400	.200	.20	.14	.031	grams
19.55	20.32	6.096	6.35	9.398	10.16	5.08	5.08	3.556	0.787	3.7

Typical Performance Data/Curves

FREQUENCY (MHz)	GAIN (dB)			DIRECTIVITY (dB)			VSWR (:1)		NOISE FIGURE (dB)	POUT at 1 dB COMPR. (dBm)
	11V	12V	12.5V	11V	12V	12.5V	IN	OUT		
0.50	20.16	20.56	20.71	17.50	17.30	17.10	1.61	1.77	—	9.12
2.20	21.09	21.48	21.63	16.90	16.50	16.60	1.16	1.11	—	9.45
16.60	21.15	21.54	21.70	16.70	16.50	16.30	1.05	1.02	6.40	9.56
122.70	21.13	21.55	21.66	16.60	16.40	16.20	1.04	1.02	6.32	9.46
384.90	20.98	21.37	21.48	16.50	16.10	16.00	1.00	1.08	6.44	9.39
487.40	20.88	21.24	21.39	16.20	15.90	15.80	1.02	1.12	6.47	9.31
615.60	20.62	20.96	21.09	16.20	16.00	15.90	1.05	1.17	6.50	9.42
743.70	20.28	20.61	20.69	15.60	15.20	15.30	1.07	1.23	6.49	9.34
871.90	19.79	20.05	20.12	15.80	15.60	15.40	1.09	1.30	6.52	9.21
1000.00	19.31	19.59	19.62	16.90	16.50	16.50	1.11	1.34	6.56	8.74



LM317

3-Terminal Positive Adjustable Regulator

General Description

This monolithic integrated circuit is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V. It employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area compensation.

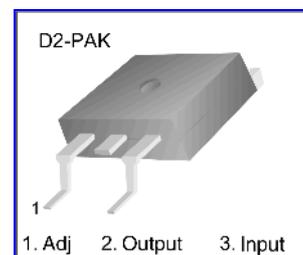
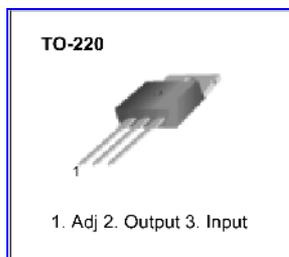
Features

- Output Current In Excess of 1.5A
- Output Adjustable Between 1.2V and 37V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe Operating Area Compensation
- TO-220 Package
- D2 PAK Package

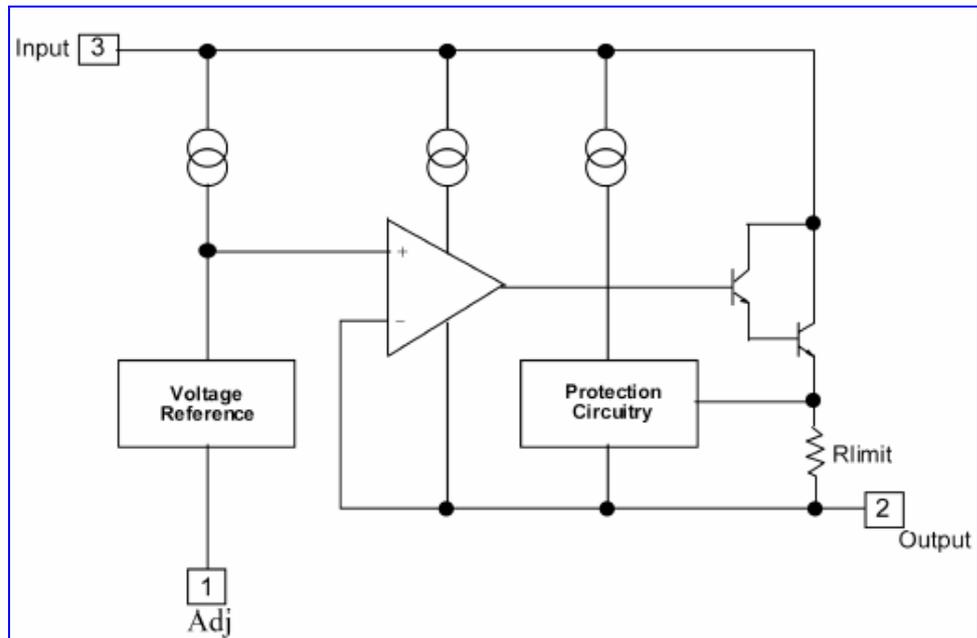
Ordering Code:

Product Number	Package	Operating Temperature
LM317T	TO-220	0°C to 125°C
LM317D2TXM	D2 PAK	0°C to 125°C

Connection Diagrams



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings			
Parameter	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	V
Lead Temperature	T_{LEAD}	230	$^{\circ}C$
Power Dissipation	P_D	Internally limited	W
Operating Junction Temperature Range	T_j	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +125	$^{\circ}C$
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_O / \Delta T$	± 0.02	% / $^{\circ}C$

Note 1: Absolute Maximum Ratings: are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The “Recommended Operating Conditions” table will define the conditions for actual device operation.

Electrical Characteristic

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
R _{line}	Line Regulation (Note 2)	T _A = +25°C 3V ≤ V _I , V _O ≤ 40V	----	0.01	0.04	% / V
R _{load}	Load Regulation (Note 2)	T _A = +25°C, 10mA ≤ I _O ≤ I _{MAX} V _O < 5V V _O ≥ 5V	-----	18.0 0.4	25.0 0.5	mV % / V _o
I _{ADJ}	Adjustable Pin Current		----	46.0	100	μ A
Δ I _{ADJ}	Adjustable Pin Current Change	3V ≤ V _I - V _O ≤ 40V 10mA ≤ I _O ≤ I _{MAX} P _D ≤ P _{MAX}	----	2.0	5.0	μ A
V _{REF}	Reference Voltage	3V ≤ V _{In} - V _O ≤ 40V 10mA ≤ I _O ≤ I _{MAX} P _D ≤ P _{MAX}	1.20	1.25	1.30	V
ST _T	Temperature Stability		----	0.7	---	% / V _o
I _{L(MIN)}	Minimum Load Current to Maintain Regulation	V _I - V _O ≤ 40V	----	3.5	12.0	mA
I _{O(MAX)}	Maximum Output Current	V _I - V _O ≤ 15V, P _D ≤ P _{MAX} V _I - V _O ≤ 40V, P _D ≤ P _{MAX} T _A = +25°C	1.0	2.2 0.3	---	A
R _{TJC}	Thermal Resistance Junction to Case		---	5.0	---	°C/W

Note 2: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_D due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used. (P_{MAX} = 20S)

Typical Performance Characteristics

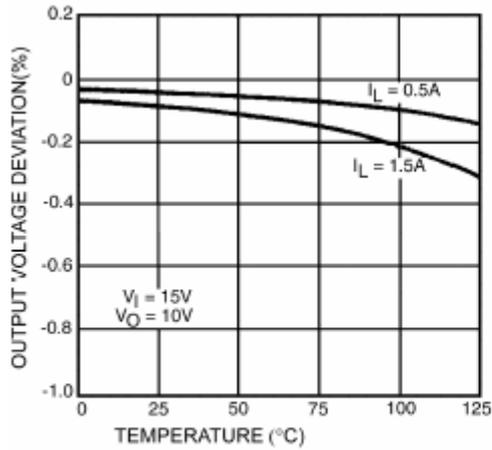


FIGURE 1. Load Regulation

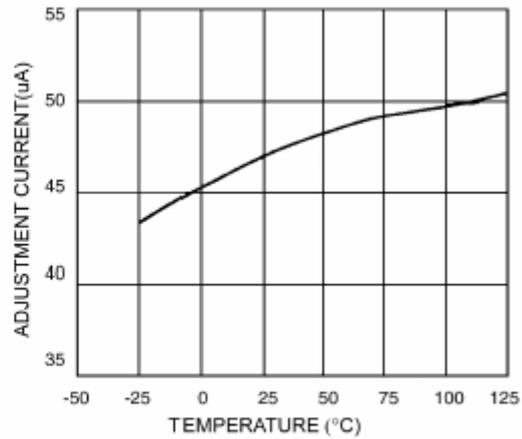


FIGURE 2. Adjustment Current

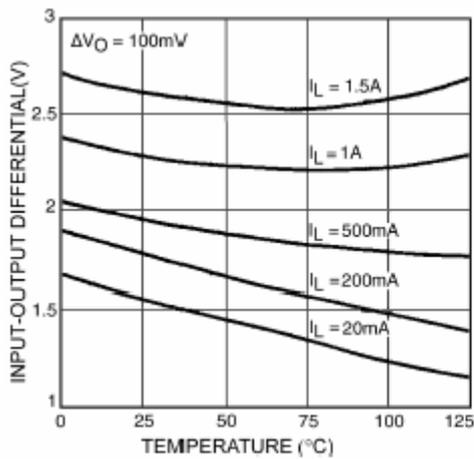


FIGURE 3. Dropout Voltage

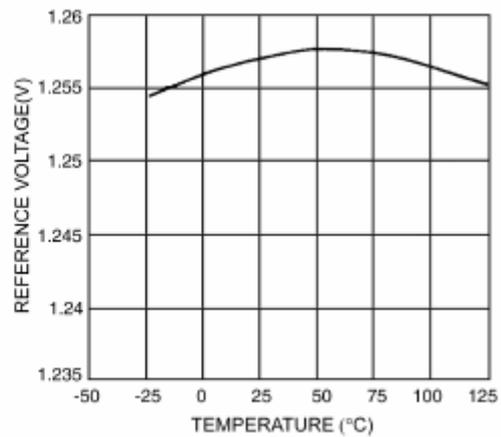
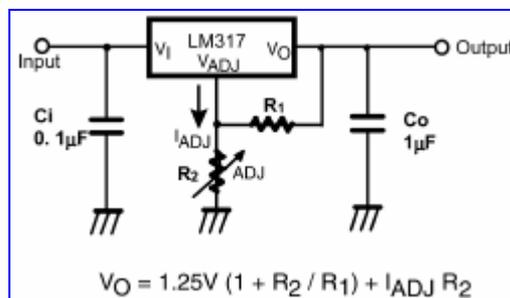


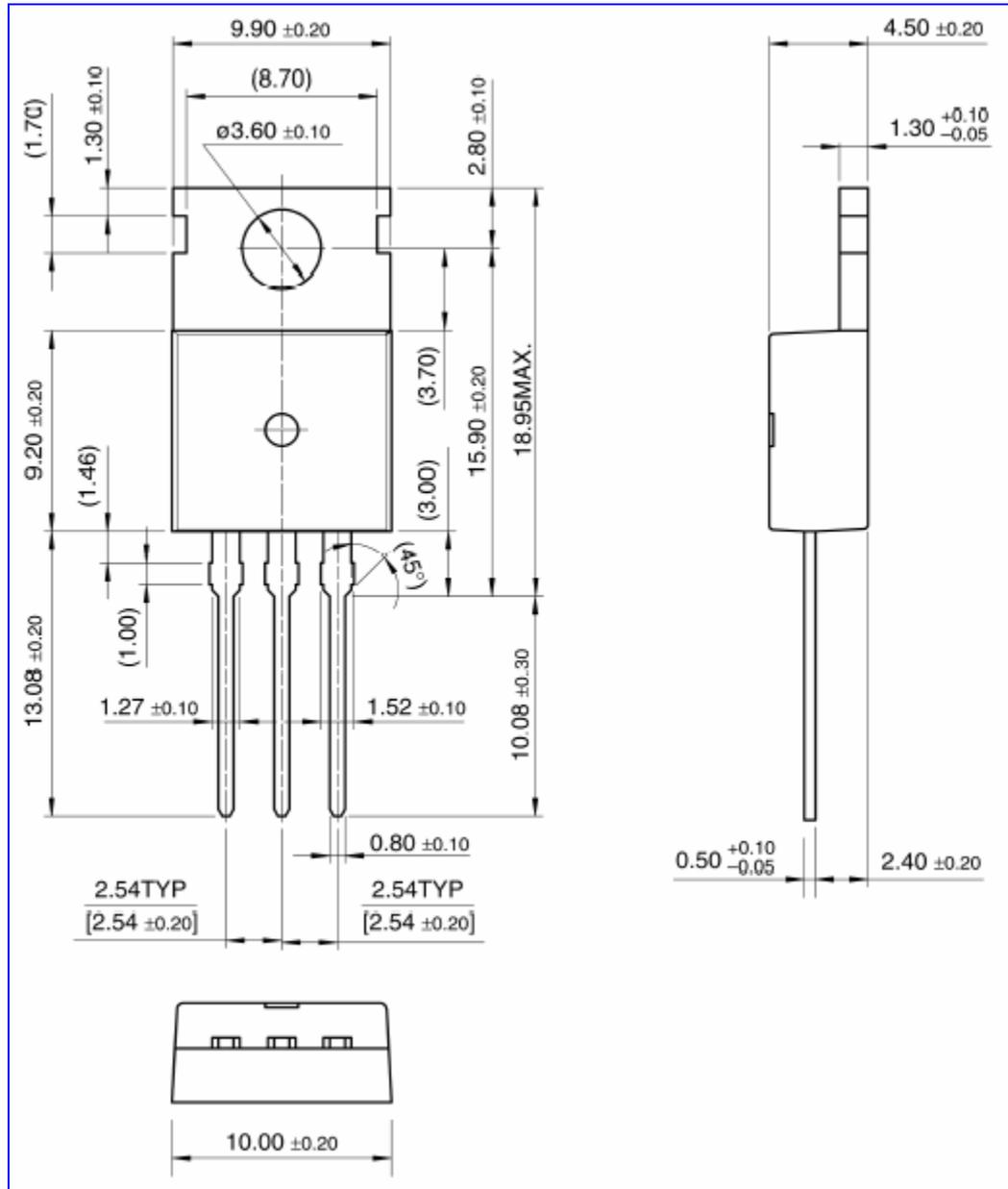
FIGURE 4. Reference Voltage

Typical Application



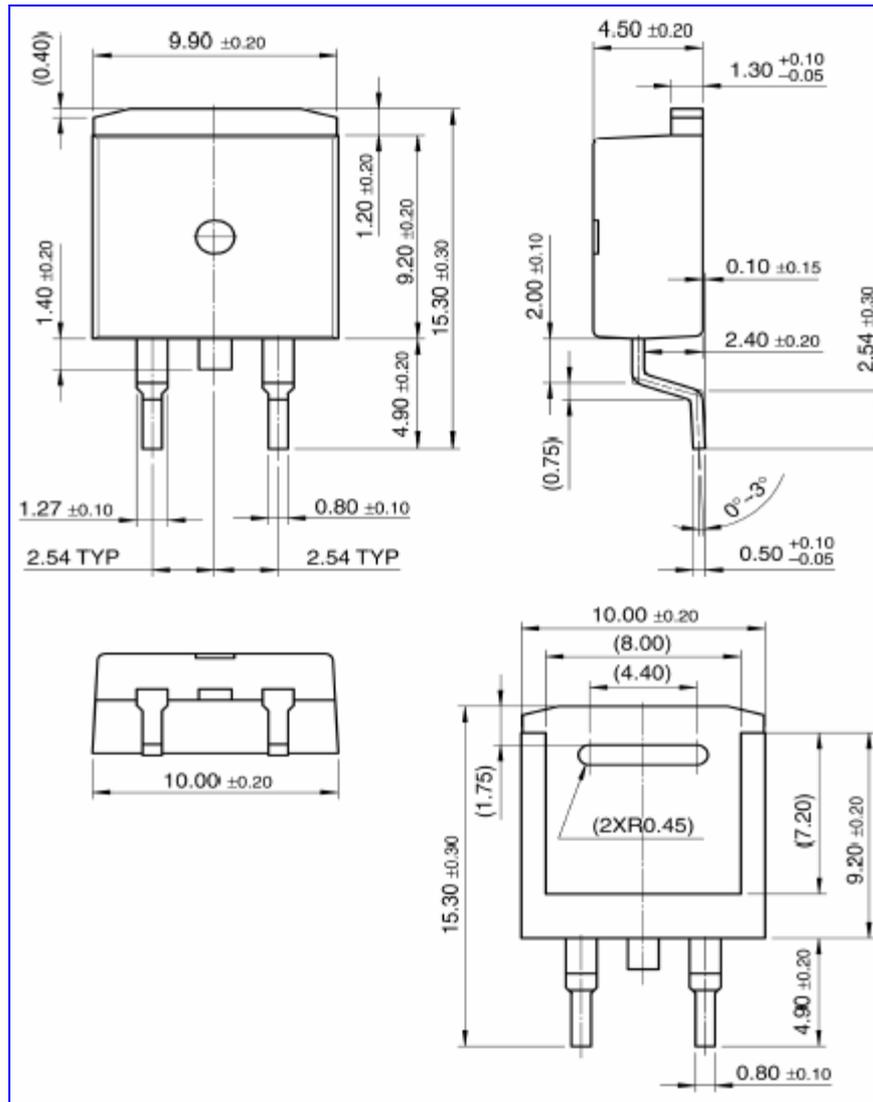
Physical Dimensions

TO - 220



Physical Dimensions

D2 – PAK



FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ. Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	-40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

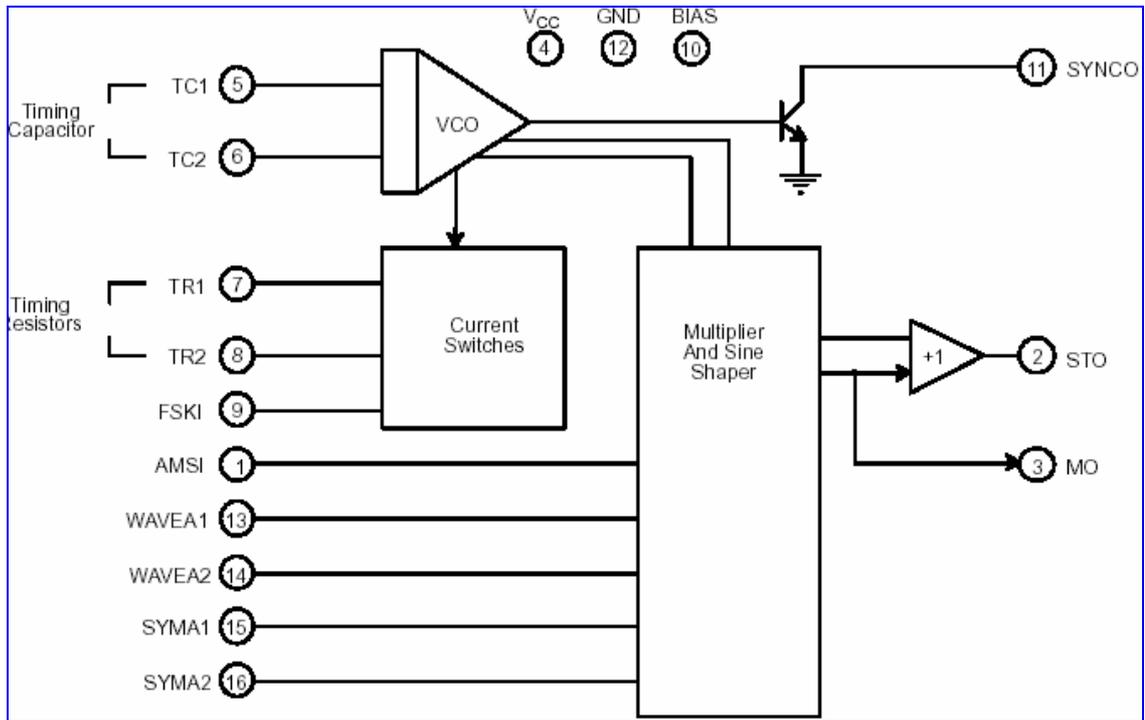
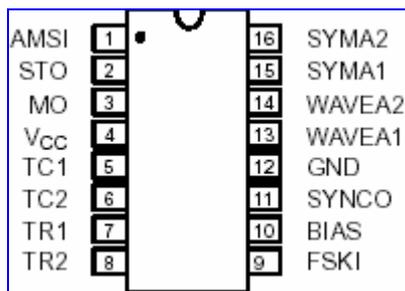
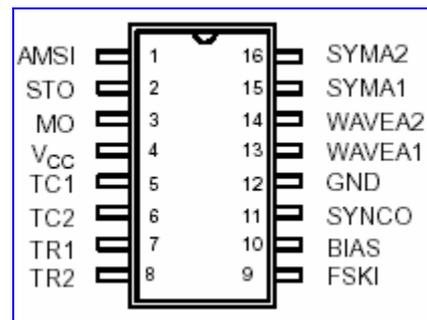


Figure 1. XR-2206 Block Diagram



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")



16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V _{CC}		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is a open collector and needs a pull up resistor to V _{CC} .
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 2 $V_{CC} = 12V$, $T_A = 25^\circ C$, $C = 0.01 \mu F$, $R_1 = 100k \Omega$, $R_2 = 10k \Omega$, $R_3 = 25k \Omega$.

Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000pF$, $R_1 = 1k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\mu F$, $R_1 = 2M\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2		% of f_0	$f_0 = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^\circ C$	$0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sine Wave Amplitude Stability ²		4800			4800		ppm/ $^\circ C$	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$, $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1k\Omega$ $f_L @ R_1 = 2M\Omega$
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1kHz$, $f_H = 10kHz$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L = 100Hz$, $f_H = 100kHz$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$\pm 10\%$ Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	Figure 5
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	k Ω	
Triangle Sine Wave Output¹								Figure 3
Triangle Amplitude		160			160		mV/k Ω	Figure 2, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/k Ω	Figure 2, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30k\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figure 7 and Figure 8

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 3.

² For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		k Ω	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		V _{p-p}	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	C _L = 10pF
Fall Time		50			50		ns	C _L = 10pF
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	I _L = 2mA
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μ A	V _{CC} = 26V
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R₃, on Pin 3. See Figure 3.

² For maximum amplitude stability, R₃ should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V
Power Dissipation	750mW
Derate Above 25°C	5mW/°C
Total Timing Current	6mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO

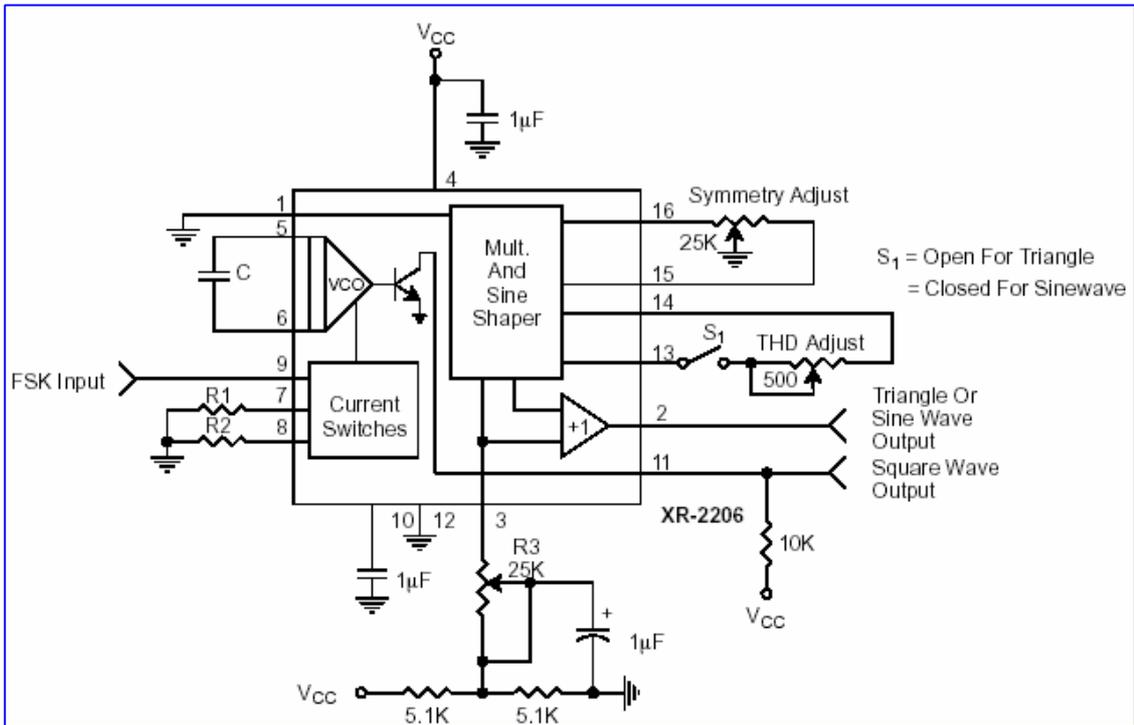


Figure 2. Basic Test Circuit

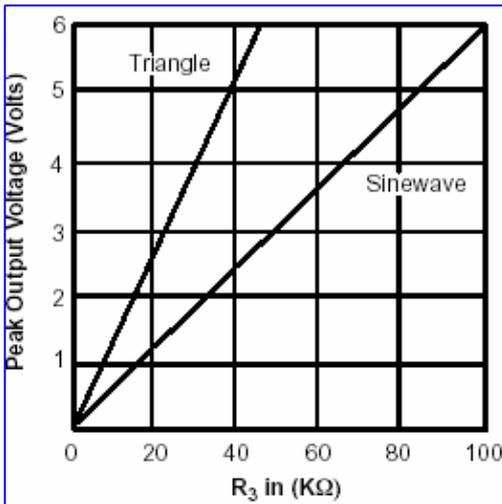


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R₃, at Pin 3

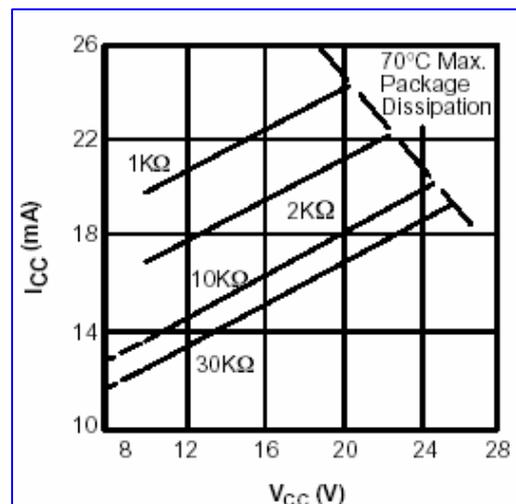


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R

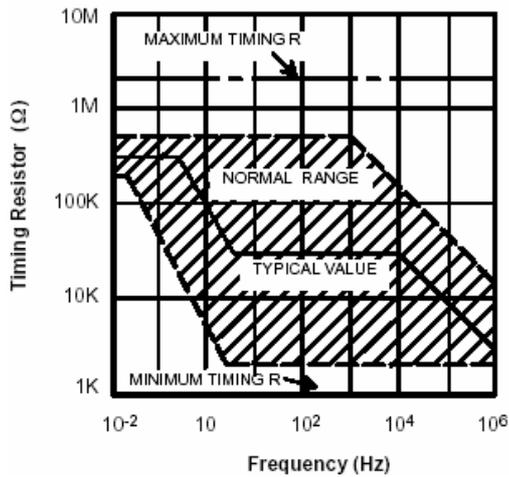


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

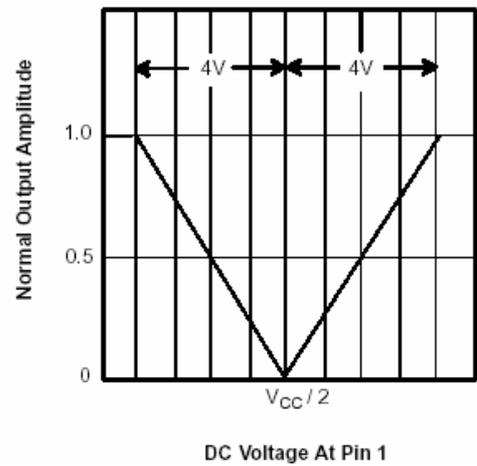


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

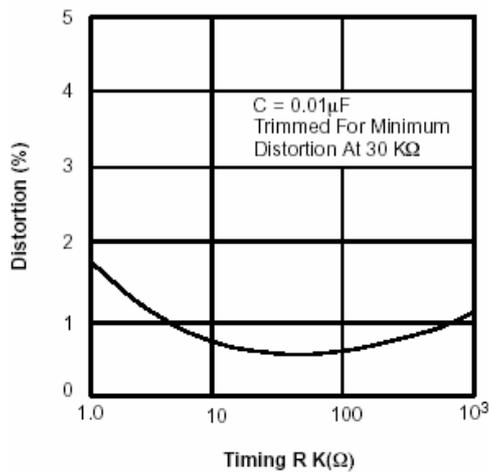


Figure 7. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

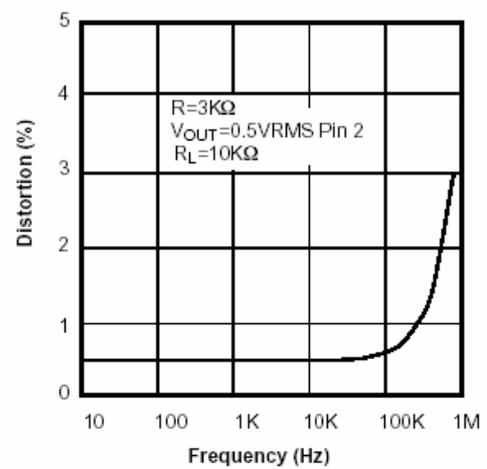


Figure 8. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

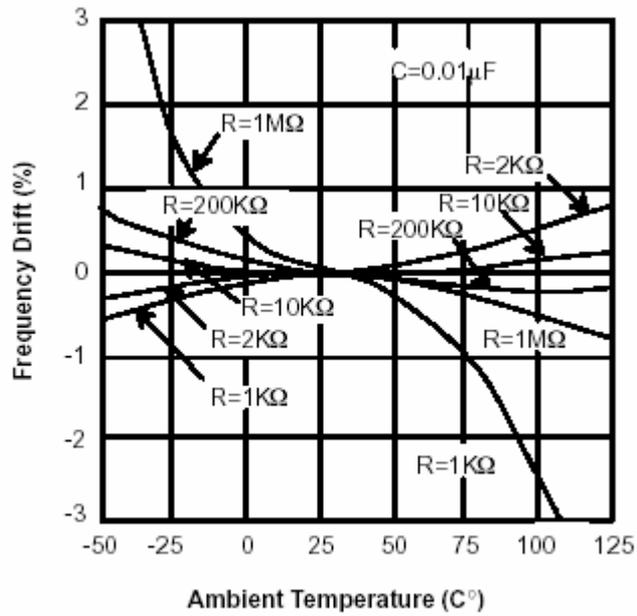


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

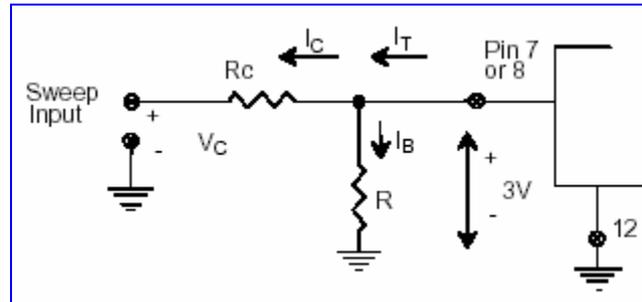


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

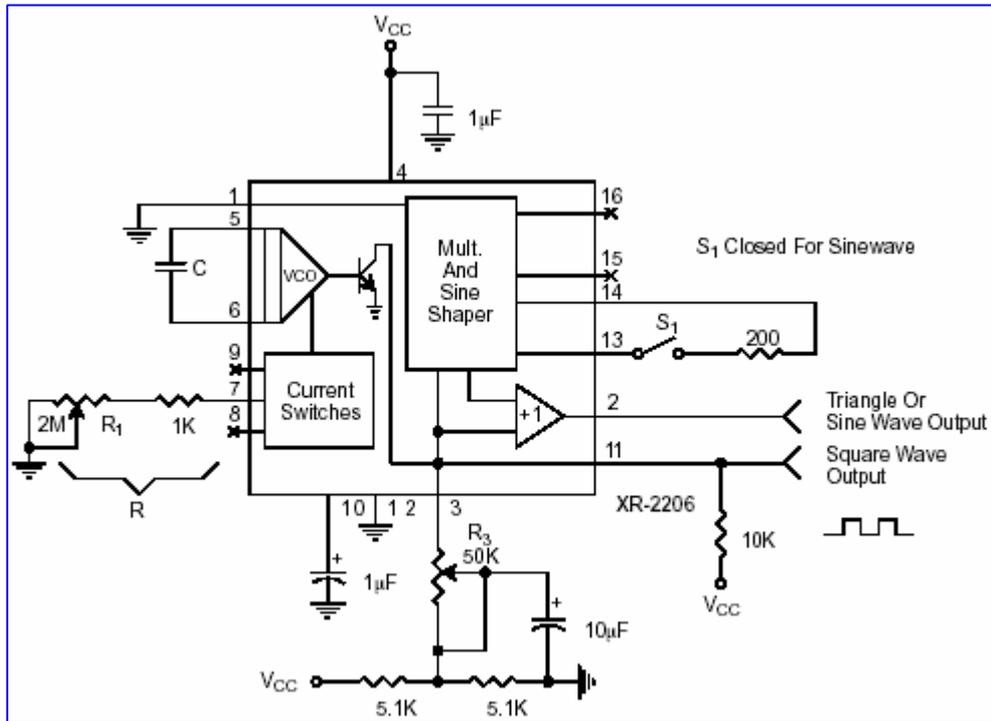


Figure 11. Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment.
(See Figure 3 for Choice of R3)

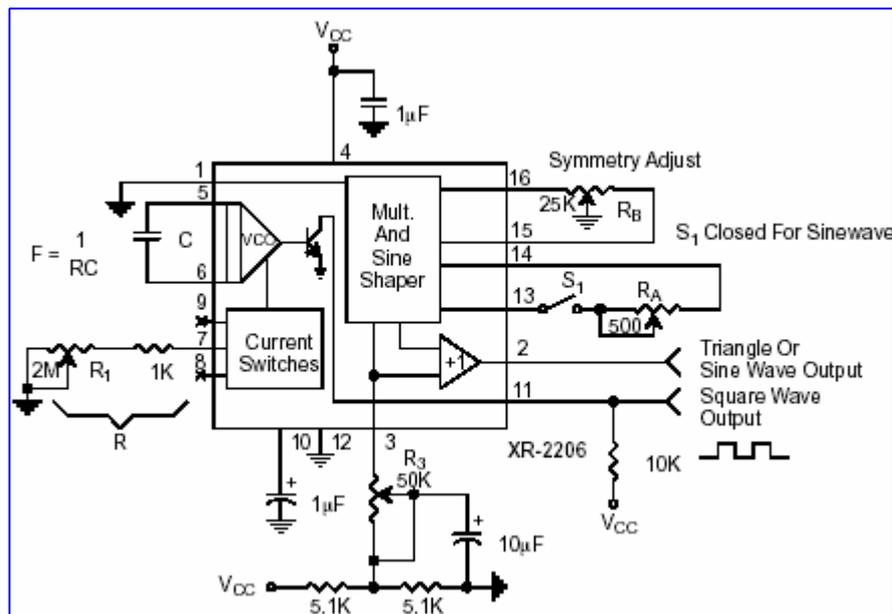


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion.
(R3 Determines Output Swing - See Figure 3)

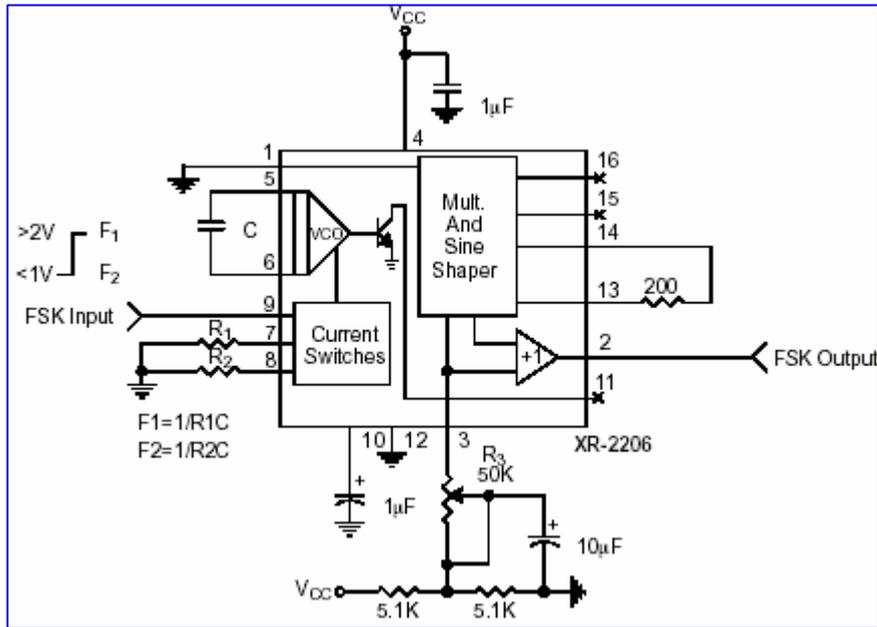


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

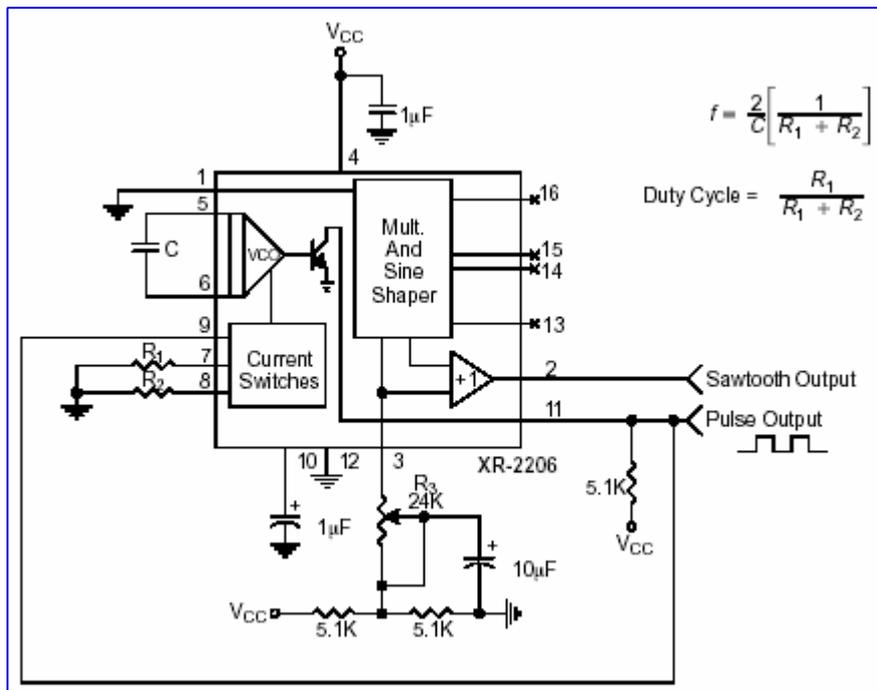


Figure 14. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

Frequency-Shift Keying

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors, R_1 and R_2 , connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 13. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage $2V$, only R_1 is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is $1V$, only R_2 is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels, f_1 and f_2 , as:

$$f_1 = 1 / R_1 C \text{ and } f_2 = 1 / R_2 C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to V^- .

Output DC Level Control

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figure 11, Figure 12 and Figure 13, Pin 3 is biased midway between V^+ and ground, to give an output dc level of $\approx V^+/2$.

APPLICATIONS INFORMATION

Sine Wave Generation

Without External Adjustment

Figure 11 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer, R_1 at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than $V^+/2$, and the typical distortion (THD) is $< 2.5\%$. If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 11 can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with V^- . For split-supply operation, R_3 can be directly connected to ground

With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to -0.5% by additional adjustments as shown in Figure 12. The potentiometer, R_A , adjusts the sine-shaping resistor, and R_B provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

- Set R_B at midpoint and adjust R_A for minimum distortion.
- With R_A set as above, adjust R_B to further reduce distortion.

Triangle Wave Generation

The circuits of Figure 11 and Figure 12 can be converted to triangle wave generation, by

simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e., S_1 open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

FSK Generation

Figure 13 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space frequencies can be independently adjusted by the choice of timing resistors, R_1 and R_2 ; the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with V^- .

Pulse and Ramp Generation

Figure 14 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99% by the choice of R_1 and R_2 . The values of R_1 and R_2 should be in the range of $1k\Omega$ to $2M\Omega$.

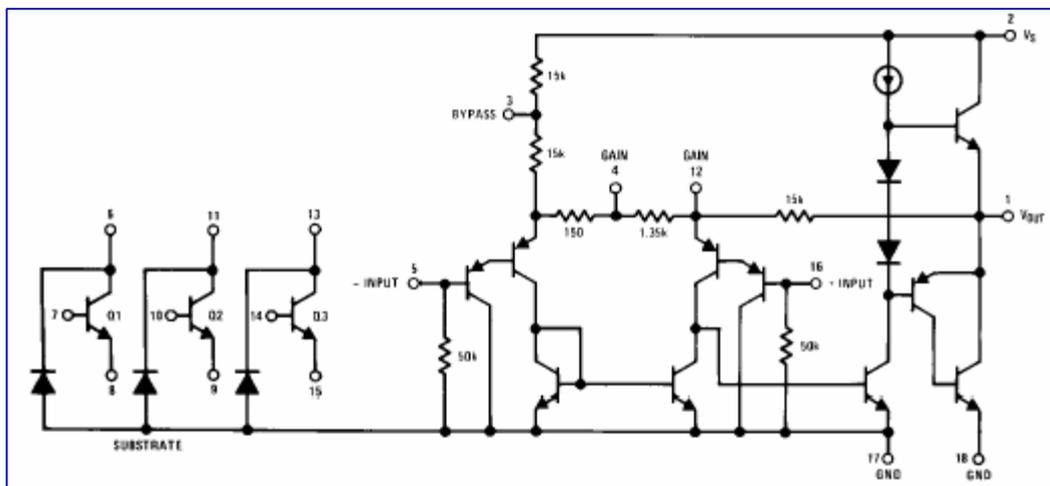
LM389 Low Voltage Audio Power Amplifier with NPN Transistor Array

General Description.

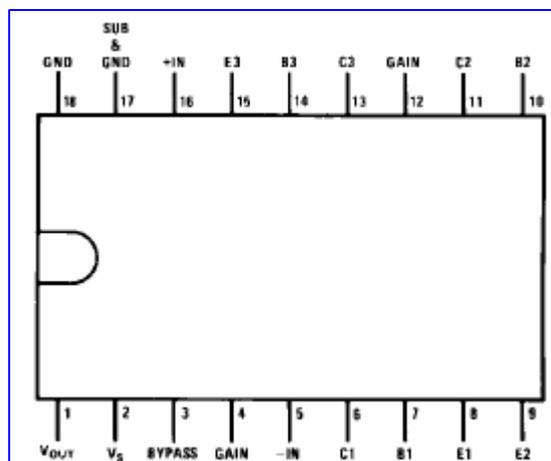
The LM389 is an array of three NPN transistors on the same substrate with an audio power amplifier similar to the LM386.

The amplifier inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The gain is internally set at 20 to minimize external parts, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 4 and 12 will increase the gain to any value up to 200. The three transistors have high gain and excellent matching characteristics. They are well suited to a wide variety of applications in DC through VHF systems.

Equivalent Schematic and Connection Diagrams.



Dual-In-Line Package



Order Number LM389N See NS Package Number N18A

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	15V
Package Dissipation	1.89W
Input Voltage	± 0.4
Storage Temperature	-65°C to \rightarrow 150°C
Operating Temperature	0°C to \rightarrow 70°C
Junction Temperature	150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C
Collector to Emitter Voltage, V _{CEO}	12V
Collector to Base Voltage, V _{CBO}	15V
Collector to Substrate Voltage, V _{CIO}	15V
Collector Current, I _C	25 mA
Emitter Current, I _E	25 mA
Base Current, I _B	5 mA
Power Dissipation (Each Transistor)	150 mW
Thermal Resistance	
θ_{JC}	24°C/W
θ_{JA}	70°C/W

Electrical Characteristics.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
--------	-----------	------------	-----	-----	-----	-------

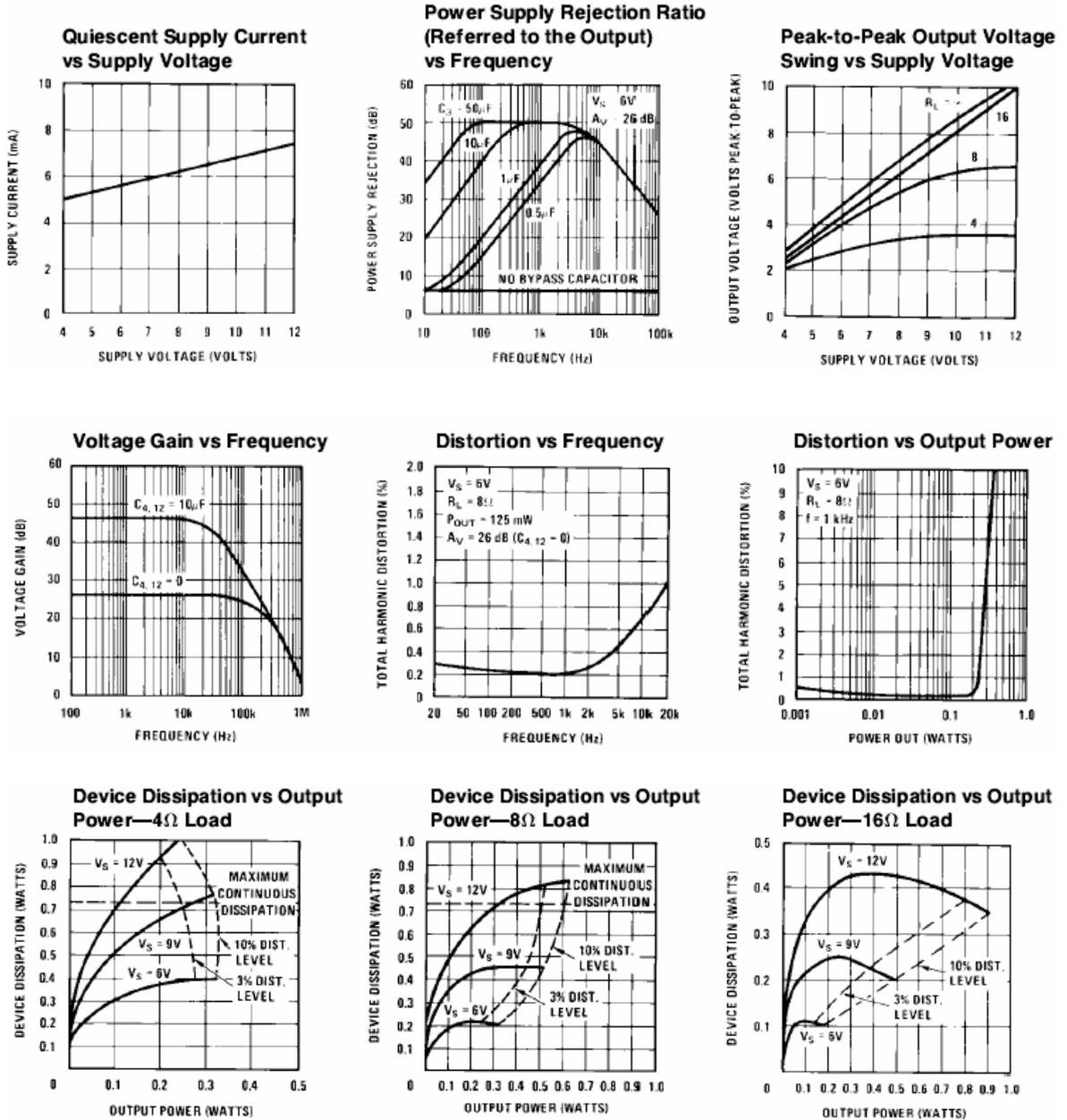
AMPLIFIER

V_s	Operating Supply Voltage		4		12	V
I_Q	Quiescent Current.	$V_s = 6V, V_{IN} = 0V$		6	12	mA
P_{OUT}	Output Power	THD = 10%, $V_s = 6V$ $V_s = 9V$	250	325 500		mW mW
A_v	Voltage Gain	$V_s = 6V, f = 1KHz$ $10 \mu f$ from pins 4 to 12	23	26 46	30	dB dB
BW	Bandwidth	$V_s = 6V$, pins 4 to 12 Open		250		KHz
THD	Total Harmonic Distortion	$V_s = 6V, R_L = 8 \Omega$ $P_{out} = 125mW$ $f = 1KHz$, pins 4 to 12 Open		0.2	3.0	%
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_s = 6V, f = 1KHz$ pins 4 to 12 Open	30	50		dB
R_{IN}	Input Resistance		10	50		K Ω
I_{BIAS}	Input Bias Current	$V_s = 6V$, pins 5 to 16 Open		250		ηA

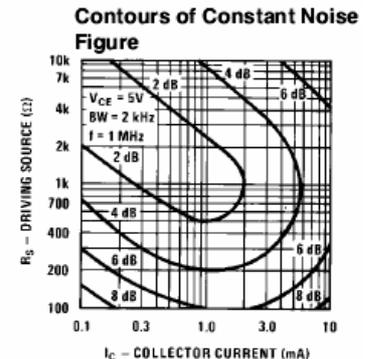
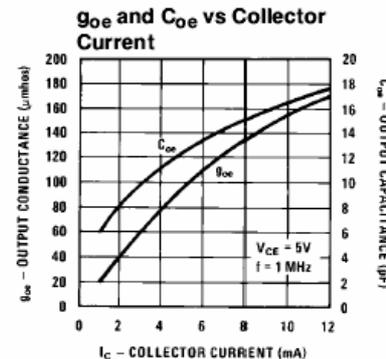
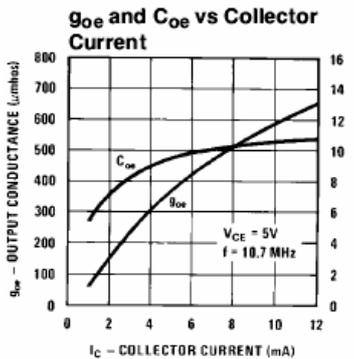
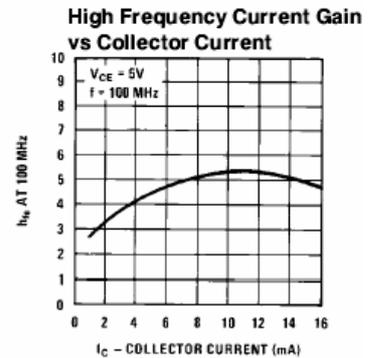
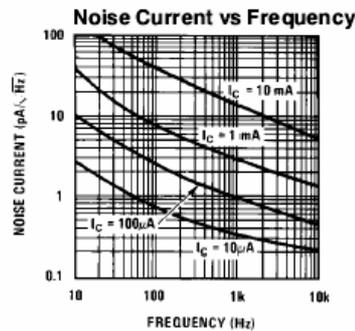
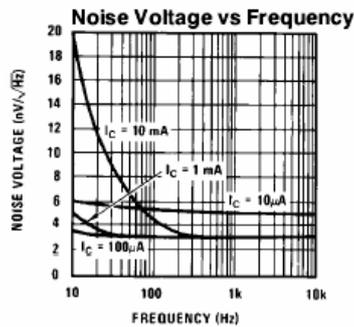
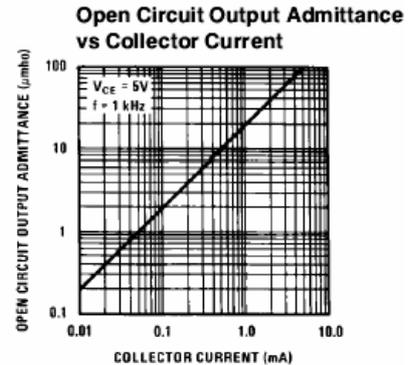
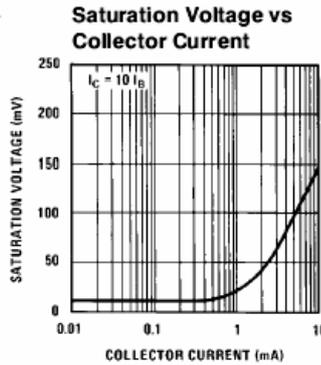
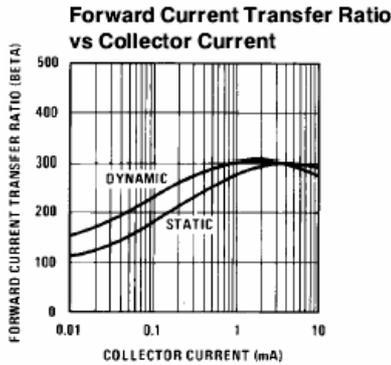
TRANSISTORS

V_{CEO}	Collector to Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1mA, I_B = 0$	12	20		V
V_{CBO}	Collector to Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu A, I_E = 0$	15	40		V
V_{CIO}	Collector to Substrate Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu A, I_E = I_B = 0$	15	40		V
V_{EBO}	Emitter to Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu A, I_C = 0$	6.4	7.1	7.8	V
H_{FE}	Static Forward Current Transfer Ratio (Static Beta)	$I_C = 10 \mu A$ $I_C = 1 mA$ $I_C = 10 mA$	100	100 275 275		
hoe	Open Circuit Output Admittance	$I_C = 1 mA, V_{CE} = 5V$ $F = 1KHz$		20		μmho
V_{BE}	Base to Emitter Voltage	$I_E = 10 mA$		0.7	0.85	V
V_{CESAT}	Collector to Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 mA, I_B = 1 mA$		0.15	0.5	V
C_{EB}	Emitter to Base Capacitance	$V_{EB} = 3V$		1.5		ρF
C_{CB}	Collector to Base Capacitance	$V_{CB} = 3V$		2		ρF
C_{CI}	Collector to Substrate Capacitance	$V_{CI} = 3V$		3.5		ρF
h_{fe}	High Frequency Current Gain	$I_C = 10 mA, V_{CE} = 5V$ $F = 100MHz$	1.5	5.5		

Typical Amplifier Performance Characteristics



Typical Transistor Performance Characteristics



Application Hints

Gain Control

To make the LM389 a more versatile amplifier, two pins (4 and 12) are provided for gain control. With pins 4 and 12 open, the 1.35 k Ω resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 4 to 12, bypassing the 1.35 k Ω resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. A low frequency pole in the gain response is caused by the capacitor working against the external resistor in series with the 150 Ω internal resistor. If the capacitor is eliminated and a resistor connects pin 4 to 12, then the output dc level may shift due to the additional dc gain. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 12 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 12 (paralleling the internal 15 k Ω resistor). For 6 dB effective bass boost: $R \cong 15$ k Ω , the lowest value for good stable operation is $R = 10$ k Ω if pin 4 is open. If pins 4 and 12 are bypassed then R as low as 2 k Ω can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9V/V.

Input Biasing

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 k Ω resistor. The base current of the input transistors is about 250nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM389 is higher than 250 k Ω it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k Ω , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled. When using the LM389 with higher gains (bypassing the 1.35 k Ω resistor between pins 4 and 12) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1 μ F capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance of the driven input.

Supplies and Grounds

The LM389 has excellent supply rejection and does not require a well regulated supply. However, to eliminate possible high frequency stability problems, the supply should be decoupled to ground with a 0.1 μ F capacitor. The high current ground of the output transistor, pin 18, is brought out separately from small

signal ground, pin 17. If the two ground leads are returned separately to supply then the parasitic resistance in the power ground lead will not cause stability problems. The parasitic resistance in the signal ground can cause stability problems and it should be minimized. Care should also be taken to insure that the power dissipation does not exceed the maximum dissipation of the package for a given temperature. There are two ways to mute the LM389 amplifier. Shorting pin 3 to the supply voltage, or shorting pin 12 to ground will turn the amplifier off without affecting the input signal.

Transistors

The three transistors on the LM389 are general purpose devices that can be used the same as other small signal transistors. As long as the currents and voltages are kept within the absolute maximum limitations, and the collectors are never at a negative potential with respect to pin 17, there is no limit on the way they can be used. For example, the emitter-base breakdown voltage of 7.1V can be used as a zener diode at currents from 1 μ A to 5 mA. These transistors make good LED driver devices, V_{SAT} is only 150 mV when sinking 10 mA.

In the linear region, these transistors have been used in AM and FM radios, tape recorders, phonographs and many other applications. Using the characteristic curves on noise voltage and noise current, the level of the collector current can be set to optimize noise performance for a given source impedance. Some of the circuits that have been built are shown in Figures 1 – 7. This is by no means a complete list of applications, since that is limited only by the designers imagination.

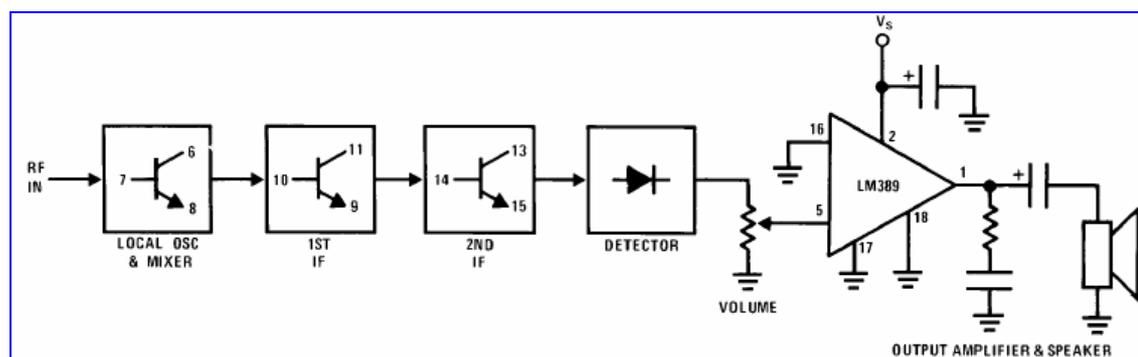


FIGURE 1. AM Radio

Application Hints

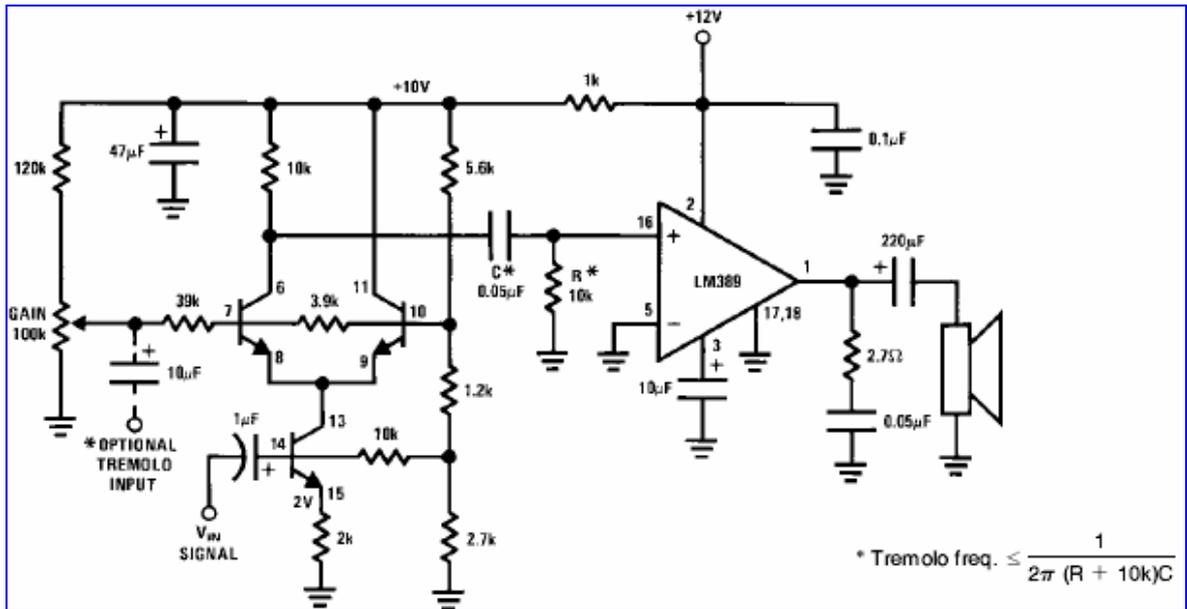


FIGURE 6. Voltage-Controlled Amplifier or Tremolo Circuit

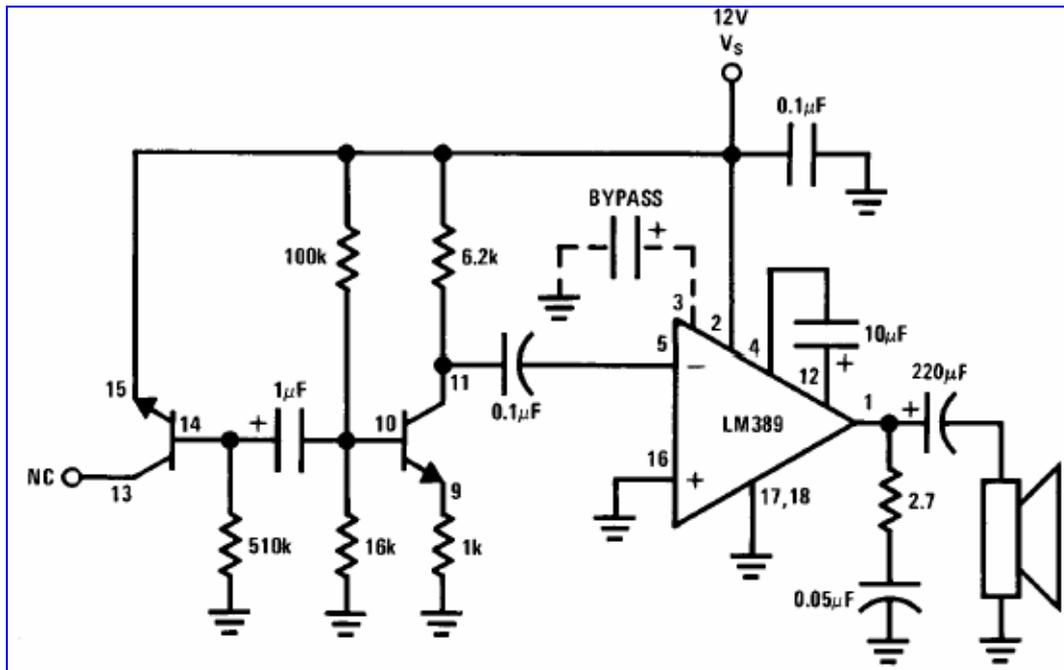
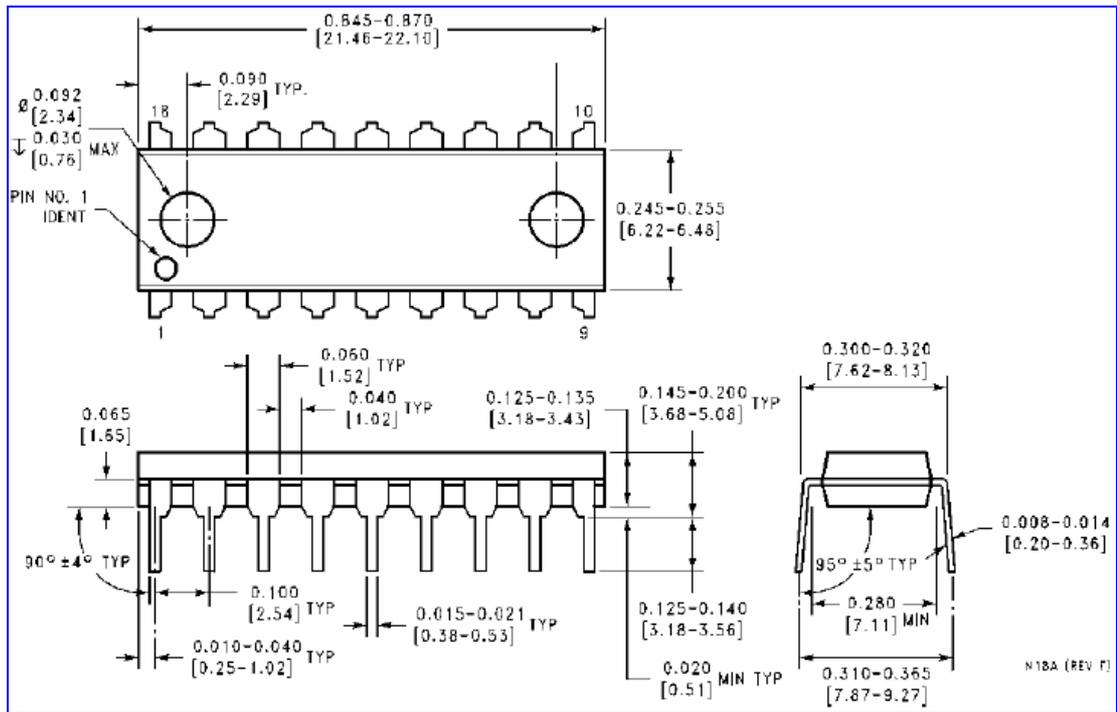


FIGURE 7. Noise Generator Using Zener Diode

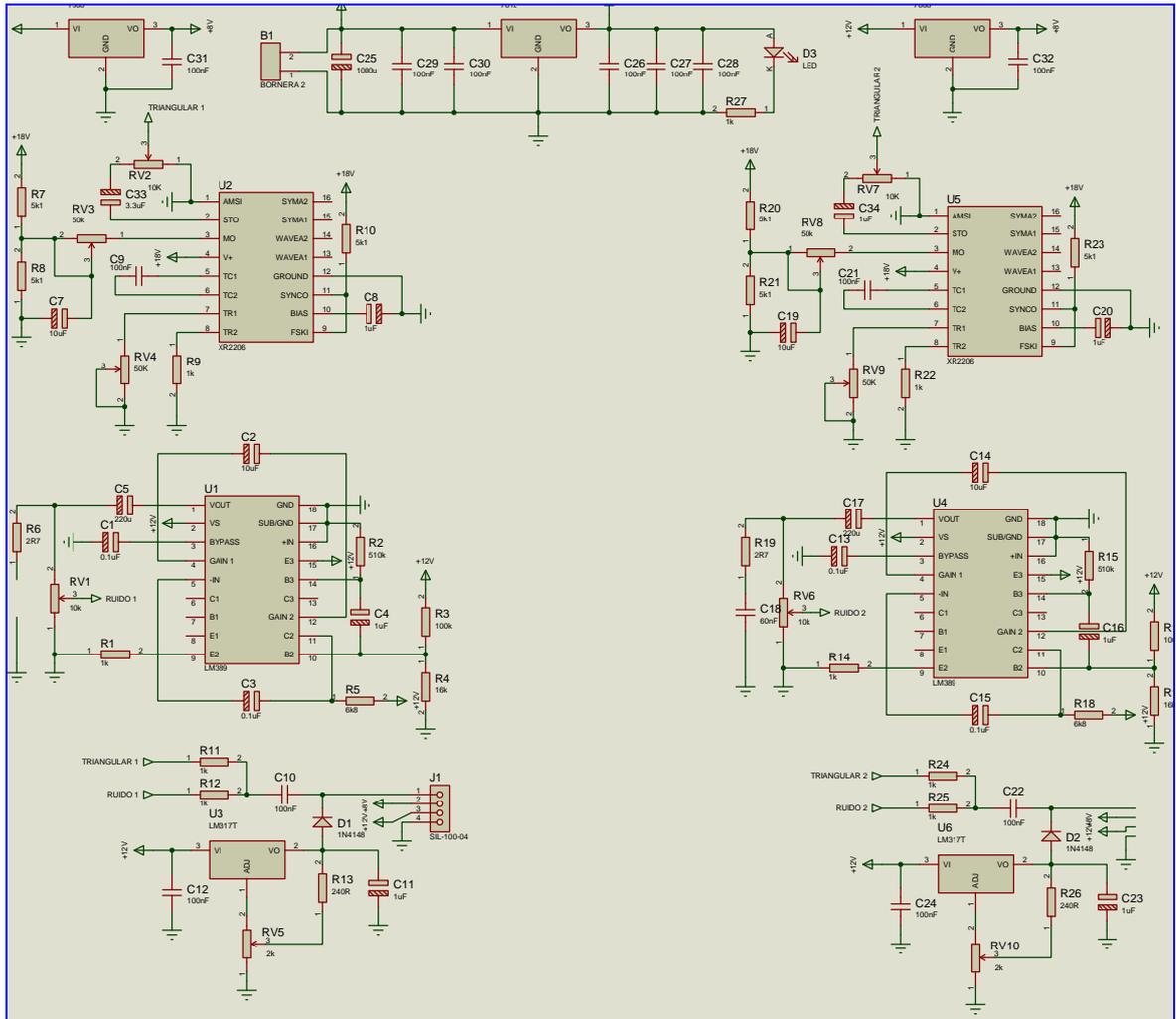
Physical Dimensions



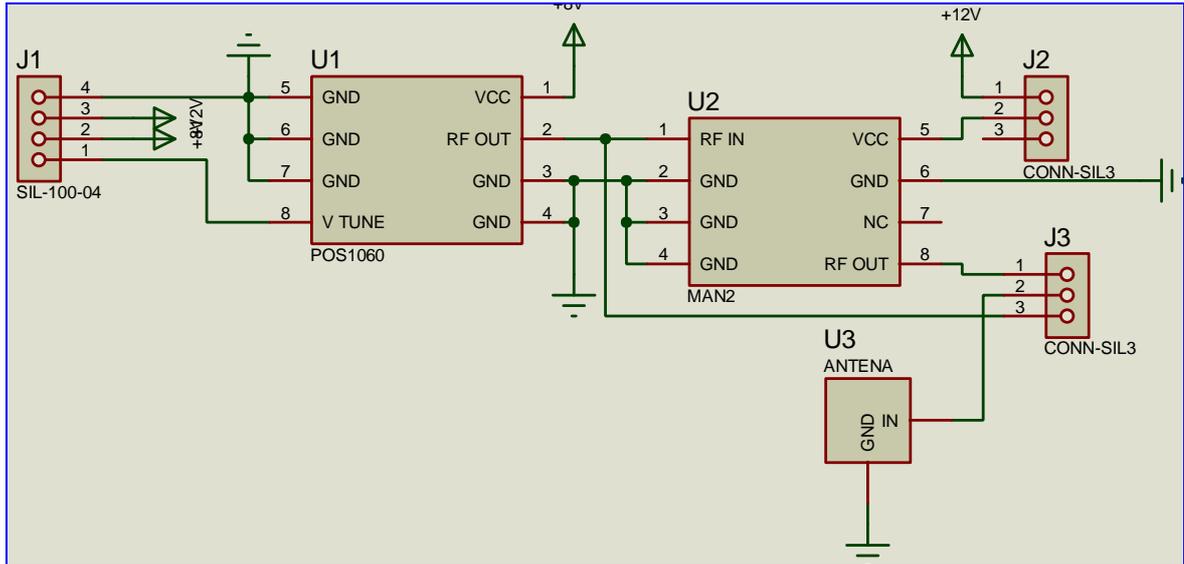
ANEXO
B

CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

CIRCUITO DE CONTROL DEL BTC



CIRCUITO DE ALTA FRECUENCIA



Latacunga, Septiembre del 2009

Realizado por:

LUIS ENRIQUE MENA MENA
C.I. 120464759-6

ING. CÉSAR NARANJO
DIRECTOR DEL PROYECTO

DR. EDUARDO VÁSQUEZ
SECRETARIO ACADÉMICO