

ÍNDICE DE PRÁCTICAS

Práctica 1.	Análisis de señales en los dominios del tiempo y de la frecuencia ...	3
Práctica 2.	Parámetros principales del analizador de espectros.....	5
Práctica 3.	Modulación en Amplitud.....	7
Práctica 4.	Circuito AM de Bajo Nivel.....	13
Práctica 5.	Circuito AM de Alto Nivel.....	17
Práctica 6.	AM con portadora suprimida.....	21
Práctica 7.	Transmisor de AM.....	23
Práctica 8.	Modulación en Frecuencia.....	26
Práctica 9.	Transmisor de FM.....	30
Práctica 10.	Demodulación en Frecuencia.....	33
Práctica 11.	Transmisión y Análisis de una señal de TV.....	36
Práctica 12.	Investigación GPIB.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Formas de onda de AM	8
Figura 2.	Diagrama a bloques del modulador de amplitud.....	9
Figura 3.	Circuito AM de bajo nivel.....	15
Figura 4.	Circuito AM de alto nivel.....	19
Figura 5.	Modulador AM con portadora suprimida.....	21
Figura 6.	Diagrama a bloques del transmisor de AM.....	24
Figura 7.	Onda Modulada en Frecuencia.....	27
Figura 8.	Diagrama a bloques del modulador en frecuencia.....	28
Figura 9.	Diagrama a bloques del transmisor de FM.....	31
Figura 10.	Diagrama a bloques del demodulador de frecuencia.....	34
Figura 11.	Diagrama a bloques del transmisor de TV.....	40
Figura 12.	Diagrama a bloques de control con bus GPIB.....	41

Práctica 1.- “Análisis de señales en los dominios del tiempo y la frecuencia”

Objetivo

Que el estudiante adquiera los conocimientos prácticos indispensables para correlacionar las características eléctricas de señales en el dominio del tiempo, con las correspondientes en el dominio de la frecuencia y aprenda a interpretar los datos obtenidos experimentalmente.

Introducción

Es sabido que la mayoría de las señales en sistemas de comunicaciones eléctricas no son del tipo sinusoidal, pero que siempre será posible representarlas por medio de series trigonométricas o exponenciales.

El análisis de señales consiste en la descripción matemática de las características de frecuencia, ancho de banda y nivel de voltaje de una señal, cuyas variaciones se pueden representar por medio de las series de Fourier.

Las ondas periódicas se pueden analizar ya sea en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia y en la práctica, es frecuente pasar del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y viceversa, tanto matemáticamente mediante las herramientas de Fourier, como experimentalmente mediante el uso de osciloscopios y analizadores de espectros.

Desarrollo

Parte A. Dominio del tiempo

Un osciloscopio es un instrumento cuya operación se basa en el dominio del tiempo. En esencia, es un dispositivo de visualización gráfica que muestra señales eléctricas variables en el tiempo. El eje vertical y , representa la amplitud del voltaje, mientras que el eje horizontal x , representa el tiempo.

El estudiante seleccionará un osciloscopio de los disponibles en el laboratorio y deberá identificar si es capaz de realizar las siguientes mediciones:

- Determinar el periodo y el nivel de voltaje de una señal
- Determinar la frecuencia de una señal
- Diferenciar las porciones de la señal que corresponden a DC y las que pertenecen a AC
- Localizar averías o fallas de algún circuito
- Determinar la fase entre dos señales
- Determinar la porción de una señal que representa el ruido y sus variaciones con el tiempo

El estudiante deberá identificar los diferentes controles del osciloscopio como son:

- Control de tiempo
- Control de amplitud

- Controles de ajuste vertical y horizontal
- Control de disparo

El estudiante deberá ser capaz de realizar los siguientes ajustes básicos:

- La atenuación o amplificación que necesita una señal. (mando AMPL)
- La base de tiempos (mando TIMEBASE)
- Disparo de la señal (mandos TRIGGER LEVEL Y TRIGGER SELECTOR)
- Controles de la visualización: FOCUS, INTENS, Y-POS, X-POS

Parte B. Dominio de la frecuencia

Un analizador de espectros es un instrumento que permite caracterizar señales en el dominio de la frecuencia. En la pantalla de este dispositivo se muestra una gráfica de la amplitud contra la frecuencia llamado espectro de frecuencias. En el analizador de espectros el eje vertical y, representa la amplitud de la señal en Watts o dBm, mientras que el eje horizontal representa la frecuencia en Hz. La representación de una señal en el dominio de la frecuencia muestra el contenido de todas las componentes frecuenciales de la señal aunque no necesariamente indica la forma de onda de la señal compuesta.

Las series de Fourier se usan en el análisis e señales para representar las componentes senoidales de una forma de onda no senoidal, es decir, cambia una señal en el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El teorema de Fourier establece que cualquier forma de onda se puede reproducir por la superposición de una serie de ondas senos y cosenos.

El estudiante deberá ser capaz de medir las siguientes características de una señal:

- atenuación de una señal producida por un generador de señales
- Cambio de frecuencia en la señal de entrada

Práctica 2. "Parámetros principales del analizador de espectros"

Objetivo

Que el estudiante obtenga un conocimiento práctico preliminar del uso del analizador de espectros.

Introducción

Los fenómenos físicos pueden convertirse en señales eléctricas si se emplean los transductores adecuados. Estas señales pueden estudiarse mediante su representación en función del tiempo con un osciloscopio o mediante su representación en frecuencia, empleando un analizador de espectro.

El osciloscopio permite obtener información de amplitudes e intervalos de tiempo de la señal eléctrica, mientras que el analizador de espectro presenta información de amplitudes y frecuencias de las diferentes componentes discretas de la señal eléctrica.

El analizador de espectros es un dispositivo que nos muestra en pantalla la transformada de Fourier o espectro de frecuencia de un circuito o red de elementos electrónicos, por lo que en la pantalla el eje X indica la frecuencia en Hz y el eje Y indica la amplitud en dBm (potencia). Los parámetros principales que caracterizan a un analizador de espectros se definen a continuación:

Frecuencia central. Es la frecuencia en la que se centra la pantalla y alrededor de la cual se toman las mediciones.

Nivel de referencia. Se considera a partir de la parte superior de la cuadrícula de la pantalla, en forma descendente hasta alcanzar la parte inferior de la misma.

Frecuencia/división. Indica la cantidad de frecuencia que se tiene por cada división (cuadro).

Ancho de banda. Es particular de cada analizador de espectros, indica la frecuencia mínima y máxima que se puede medir.

Atenuación. Es el valor en dBm que es atenuada la señal de entrada antes de ser tratada por el analizador de espectros. Debido a que existe un nivel máximo de potencia de entrada aceptado por el analizador, en ocasiones es necesario utilizar esta función para disminuir el valor de la señal entrante y evitar causar algún daño al equipo.

Nivel de referencia/división. Es la escala vertical de la pantalla (cuadrícula) en dBm por cuadro, medidos a partir de la parte superior de la pantalla hacia la parte inferior.

Span/división. Se utiliza para aumentar o disminuir la escala de frecuencia por división. Si se quiere ver la señal en un espacio más fino, se disminuye el SPAN/DIV, para observar la señal a analizar de una forma más clara.

En el analizador de espectros sólo pueden observarse aquellas señales que lleguen con una mínima potencia al receptor. Este nivel de potencia debe ser superior al nivel de ruido propio del analizador (es la línea horizontal ruidosa que aparece como base del espectro en la pantalla).

Lista de Material y Equipo:

1 Generador de funciones
1 Analizador de espectros

Procedimiento

1. En el generador de funciones, seleccione las siguientes señales: Sinusoidal, Triangular, Cuadrada, Diente de sierra, con una frecuencia de 500kHz y amplitud a 2V.
2. Introduzca una a una las señales en el analizador de espectros y centre la frecuencia en cero.
3. Haga un SPAN de la señal de forma que se vea claramente la señal positiva. (El analizador muestra también el rango de las frecuencias negativas, además de un pico de gran amplitud en la frecuencia cero).
 - a) Indique el modelo de analizador de espectros que utilizará:
 - b) Indique el ancho de banda soportado por el equipo:
 - c) Indique la amplitud máxima permitida para que la señal de entrada no dañe el analizador:
 - d) Dibuje el espectro obtenido para cada una de las señales introducidas en el analizador.

Práctica 3. "Modulación en amplitud"

Objetivo

Determinar experimentalmente diferentes índices de modulación en AM y visualizar las formas de onda en el osciloscopio y analizador de espectros.

Introducción

Las señales de información deben ser transportadas entre un transmisor y un receptor sobre alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, las señales de información pocas veces encuentran una forma adecuada para la transmisión. La modulación es el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión.

Modulación en Amplitud (AM)

Es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia f_c relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información) con frecuencia f_m . Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o RF. Con la modulación en amplitud la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud. La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y video.

La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 hasta 1605 KHz. La radiodifusión comercial de televisión se divide en tres bandas (dos de VHF y una de UHF). Los canales de la banda baja de VHF son entre 2 y 6 (54 a 88 MHz), los canales de banda alta de VHF son entre 7 y 13 (174 a 216 MHz), y los canales de UHF son entre 14 a 83 (470 a 890 MHz). La modulación de amplitud también se usa para las comunicaciones de radio móvil.

Un modulador AM es un dispositivo no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de una sola frecuencia, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada.

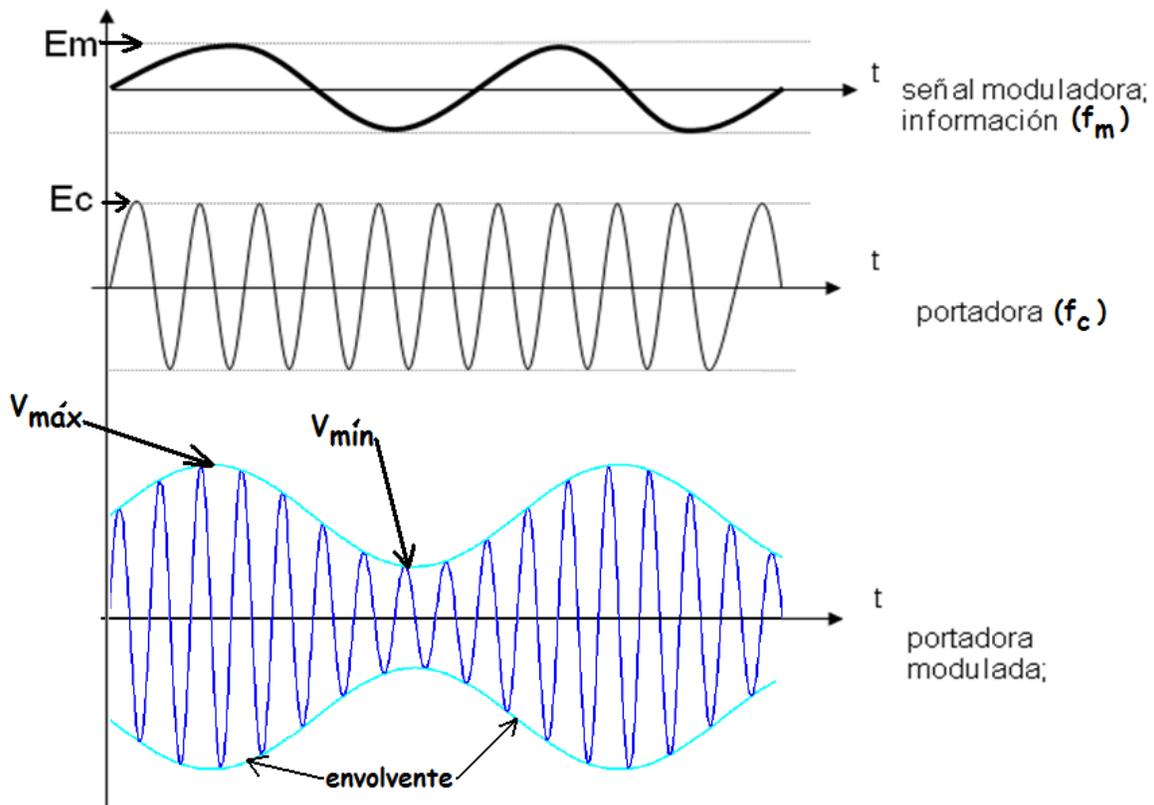


Figura 1. Formas de onda de AM

Lista de Material y Equipo:

- Generador de funciones con opción para modular en AM
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Analizador de espectros

Formulario

Índice de modulación calculado:
$$m_{\text{calc}} = \frac{E_m}{E_c} = \frac{V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}}}{V_{\text{máx}} + V_{\text{mín}}}$$

Porcentaje de modulación: $M = m_{\text{calc}} * 100\%$

Voltaje máximo de la envolvente: $V_{\text{máx}} = E_c + E_m$

Voltaje mínimo de la envolvente: $V_{\text{mín}} = E_c - E_m$

Potencia de la portadora: $P_c = (E_c)^2 / 2R$

Potencia de las bandas laterales superior e inferior: $P_{\text{BLS}} = P_{\text{BLI}} = P_c (m^2 / 4)$

Transformación de potencia en Watts a dBm: $\text{dBm} = 10 \log (P_w / 1\text{mw})$

Potencia total de la señal modulada: $P_{\text{total}} = P_c + P_{\text{BLS}} + P_{\text{BLI}}$

Procedimiento

1. Armar el siguiente diagrama a bloques (utilice el osciloscopio)

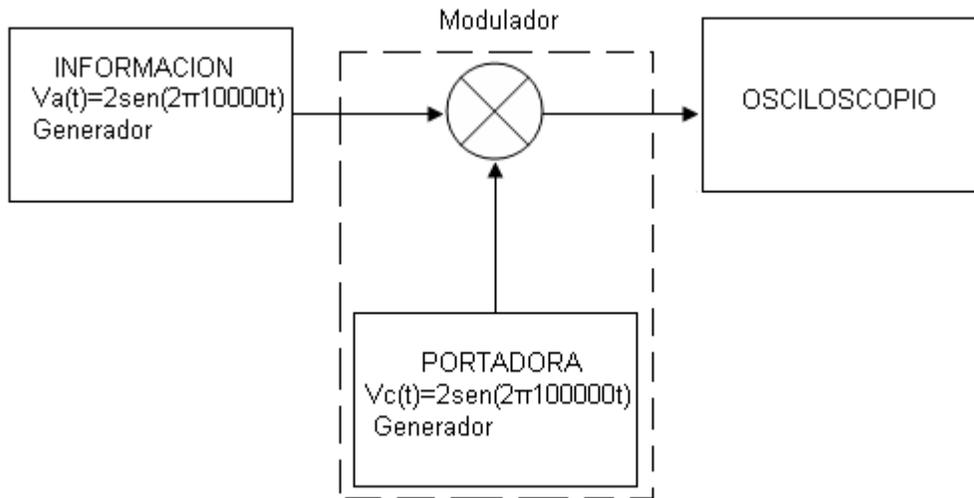


Figura 2. Diagrama a bloques del modulador de amplitud.

2. Calcular y medir los siguientes parámetros de la onda de AM:

- a) El índice de modulación (m) y porcentaje de modulación (M)

Indice de modulación calculado (m)	
Indice de modulación medido (m)	
Porcentaje de modulación (M)	

- b) El voltaje máximo y el voltaje mínimo de la onda modulada:

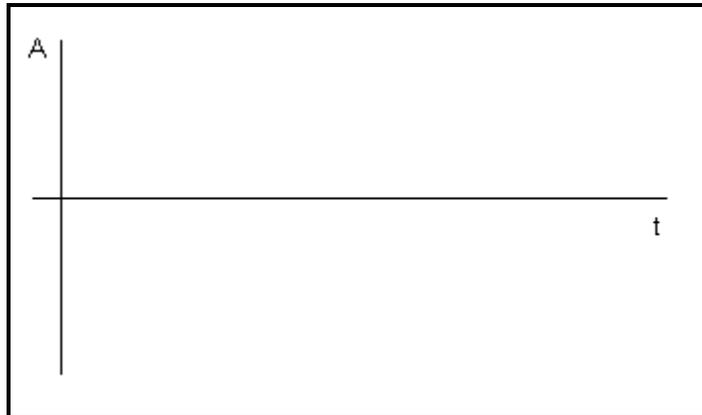
Voltaje máximo	
Voltaje mínimo	

- c) Graficar la envolvente de AM o fotografiar la envolvente de AM observada en el osciloscopio.



d) Ajuste la señal de AM para que tenga los índices de modulación de 30%, 100% y 180%.

Fotografíe o dibuje cada una de las formas de onda obtenidas en el osciloscopio.



Señal de AM con índice de modulación de 30%

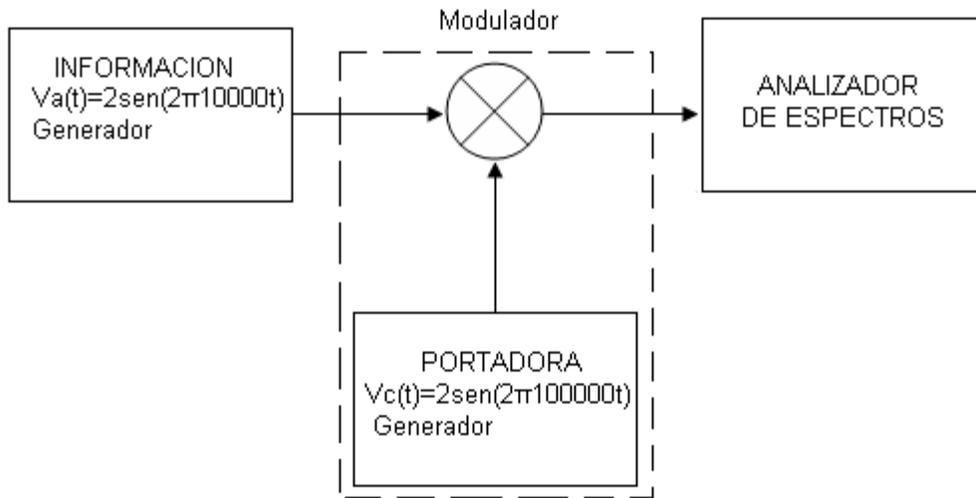


Señal de AM con índice de modulación de 100%



Señal de AM con índice de modulación de 180%

3. Armar el siguiente diagrama a bloques (utilice el analizador de espectros)



4. Calcular y medir los siguientes parámetros de la onda de AM:

a) Frecuencia Lateral superior e inferior utilizando el analizador de espectros

BLS	
BLI	

b) Frecuencia de la señal portadora

fc	
----	--

c) Potencia de las bandas laterales superior e inferior

	Watts	dBm
BLS		
BLI		

d) Potencia de la señal portadora

	Watts	dBm
Potencia		

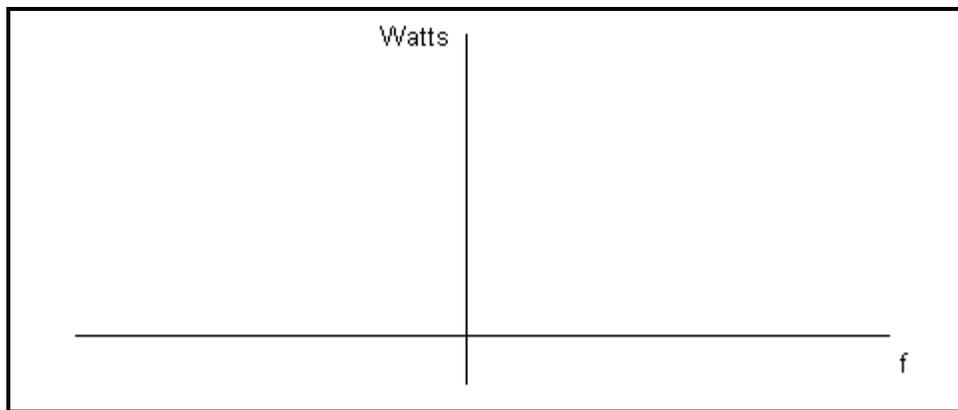
e) Potencia total de la onda de AM

Calculada	
Medida	

f) Fotografiar o dibujar un espectro de potencias de la señal de AM utilizando las potencias en dBm



g) Grafique el espectro de potencias de la señal de AM utilizando las potencias en mW o μW



Conclusiones

Práctica 4. "Circuito de AM de bajo nivel"

Objetivo

Diseñar un circuito generador de AM de bajo nivel y medir la señal de salida en el osciloscopio y analizador de espectros. Se requiere que la señal portadora sea de 550 kHz y una amplitud de 200 mV. La información es una señal de 10 kHz y amplitud de 100 mV.

Introducción

El objetivo de la modulación es tomar una señal de banda base que contenga información (ya sea voz, música o señal de video) y convertir la señal a una nueva frecuencia para que así pueda ser transmitida más fácilmente en un canal de comunicación.

Modulación en Amplitud:

El primer sistema de modulación analógica que se desarrolló antes que cualquier otro fue el de AM (Amplitud Modulada). AM tuvo gran aceptación como el primer sistema de radiocomunicaciones usado para transmitir voz y música ya que es muy fácil de detectar y la circuitería requerida para detectarla es más sencilla que para cualquier otro tipo de modulación.

AM está compuesta por una señal portadora y la señal de información. La portadora es una señal estable, que no cambia su frecuencia y representa el medio o el centro del canal de comunicación. No existe información en esta señal, toda la información se encuentra en la señal de banda base, la cual envuelve a la portadora. En la transmisión de radio de AM comercial, lo que uno sintoniza en la estación es la frecuencia de la señal portadora.

Para describir esta señal compuesta, formada por la portadora modulada más la de las bandas laterales, existe una ecuación general: $E = A \sin(2\pi ft) + mA [\sin(2\pi ft)][\sin(2\pi f_m t)]$

donde:

E = Señal compuesta en Volts

A = Amplitud máxima de la portadora en Volts

f = Frecuencia de la portadora en Hz

f_m = Frecuencia de la señal modulada en Hz

m = Índice de modulación.

t = tiempo en segundos.

Se puede observar, que la señal compuesta después de haber sido modulada es la frecuencia de la portadora más un término que incluye la multiplicación de la señal de la portadora por la señal de modulación. Ya que la señal AM tiene dos bandas laterales las cuales son copias de la señal original, el ancho de banda que se ocupará será el doble que el de la señal original.

La señal de banda base forma una especie de envoltura alrededor de la portadora. Si no hay señal de modulación, la señal de AM será una sencilla onda senoidal a la frecuencia de la portadora, esto es, la señal portadora estará ahí sola sin bandas laterales. La forma típica de la señal AM es debida a la suma o resta de las bandas laterales con la portadora. La frecuencia envolvente es la misma que la frecuencia de modulación.

En el espectro de la señal compuesta se puede observar que la magnitud de las bandas laterales no es tan alta como la de la portadora. De hecho, la amplitud de cada una de las bandas laterales es aproximadamente un medio de la portadora al ser modulada al 100 %. La máxima potencia permitida en cada una de las laterales es 1/4 de la potencia de la portadora, por lo tanto, como hay dos bandas laterales, la máxima potencia en las laterales es 1/2 de la potencia en la portadora cuando $m = 1$ (100% de modulación). El hecho de incrementar la potencia en las bandas laterales sobre ese nivel, hará que ocurra una sobre modulación y causará una gran distorsión a la señal.

AM de Bajo Nivel

Existen dos maneras básicas de producir una modulación AM. Una es como modulación de bajo nivel y la otra como modulación de alto nivel. La modulación de bajo nivel se utiliza donde la potencia total de la señal es pequeña y, por lo tanto, no es necesario trabajar con niveles de alta potencia.

Típicamente, la modulación de bajo nivel es usada para aplicaciones de control donde la transmisión se realiza a distancias cortas, o en sistemas de comunicaciones donde se usan amplificadores de baja potencia.

Lista de Material y Equipo:

- 2 Generadores de funciones
- Osciloscopio
- Analizador de Espectros
- Diodo de alta conmutación (Ge)
- Capacitor
- Bobina de RF
- 3 Resistencias

Formulario

Índice de modulación calculado: $m_{calc} = \frac{E_m}{E_c} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$

Porcentaje de modulación: $M = m_{calc} * 100\%$

Voltaje máximo de la envolvente: $V_{max} = E_c + E_m$

Voltaje mínimo de la envolvente: $V_{min} = E_c - E_m$

Potencia de la portadora: $P_c = (E_c)^2 / 2R$

Potencia de las bandas laterales superior e inferior: $P_{BLS} = P_{BLI} = P_c (m^2 / 4)$

Transformación de potencia en Watts a dBm: $dBm = 10 \log (P_w / 1mw)$

Potencia total de la señal modulada: $P_{total} = P_c + P_{BLS} + P_{BLI}$

Procedimiento

1. Armar el siguiente circuito,

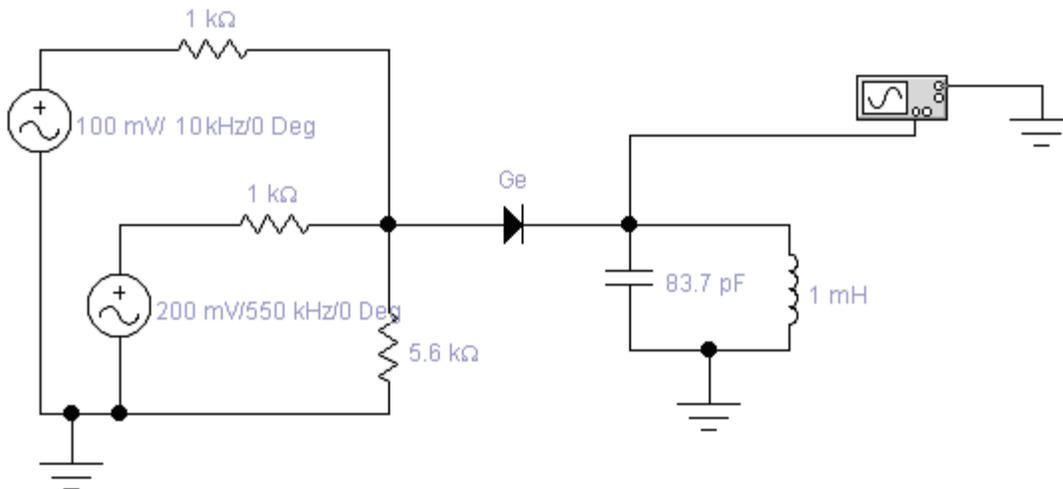


Figura 3. Circuito AM de bajo nivel

2. Mida y fotografíe la forma de onda obtenida en la salida del circuito (tanque LC) en un osciloscopio.
3. Mida y fotografíe la misma señal con un analizador de espectros.
4. Simular el circuito en workbench/ PSpice
5. Calcular todos los parámetros de AM
 - a) El índice de modulación (m) y porcentaje de modulación (M)

Índice de modulación (m)	
Porcentaje de modulación (M)	

b) El voltaje máximo y el voltaje mínimo de la onda modulada.

Voltaje máximo	
Voltaje mínimo	

c) Frecuencia Lateral superior e inferior

BLS	
BLI	

d) Frecuencia de la señal portadora

f_c	
-------	--

e) Potencia de las bandas laterales superior e inferior

	Watts	dBm
BLS		
BLI		

f) Potencia de la señal portadora

	Watts	dBm
Potencia		

g) Potencia total de la onda de AM

Potencia	
----------	--

Conclusiones

Práctica 5. "Circuito de AM de alto nivel"

Objetivo

Diseñar un circuito generador de AM de alto nivel y medir la señal de salida en el osciloscopio y analizador de espectros. Se requiere que la señal portadora sea de 550 kHz y una amplitud de 200 mV. La información es una señal de 10 kHz y amplitud de 100 mV.

Introducción

La modulación se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma mas adecuada para la transmisión. Es el proceso inverso (es decir, la onda modula se convierte nuevamente a su forma original). La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado modulador, y la demodulación se realiza en el receptor en un circuito llamado demodulador.

Modulación en amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 a 1605 KHz. La radiodifusión comercial de televisión se divide en tres bandas dos de VHF y una UHF. Los canales de la banda baja VHF son entre 55 a 88 MHz, los canales de banda alta VHF son entre 174 a 216 MHz y los canales de UHF son entre 470 a 890 MHz.

La modulación de amplitud también se usa para las comunicaciones de radio móvil de dos sentidos tal como una radio de banda civil (CB) (26.965 a 27.405 MHz).

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla y la señal de información.

Coefficiente de modulación y porcentaje de modulación

Coefficiente de modulación es un termino utilizado para describir la cantidad de cambio de amplitud (modulación) presente en una forma de onda de AM. El porcentaje de modulación es simplemente el coeficiente de modulación establecido como un porcentaje. Matemáticamente el coeficiente de modulación es

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

En donde:

m = coeficiente de modulación (sin unidad)

E_m = cambio pico en la amplitud de voltaje en la forma de onda de salida (volts)

E_c = amplitud pico de la portadora no modulada (volts)

La modulación en frecuencia y fase son ambas formas de la modulación angular, se les llama simplemente FM cuando en realidad, existe, una diferencia clara, entre las dos. Existen varias ventajas en utilizar la modulación angular en vez de la modulación en amplitud tal como la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso mas eficiente de la potencia. Sin embargo FM y PM, tienen varias desventajas, las cuales incluyen requerir un ancho de banda extendido y circuitos mas complejos tanto en el transmisor como en el receptor.

AM de Alto Nivel

En este caso, se utiliza un circuito donde existe un transformador el cual está diseñado para manejar una señal de modulación de alta potencia.

Lista de Material y Equipo:

2 Generadores de funciones

Osciloscopio

Analizador de Espectros

Transistor de Potencia

Capacitor

Bobina de RF

3 Resistencias

Procedimiento

1. Armar el siguiente circuito,

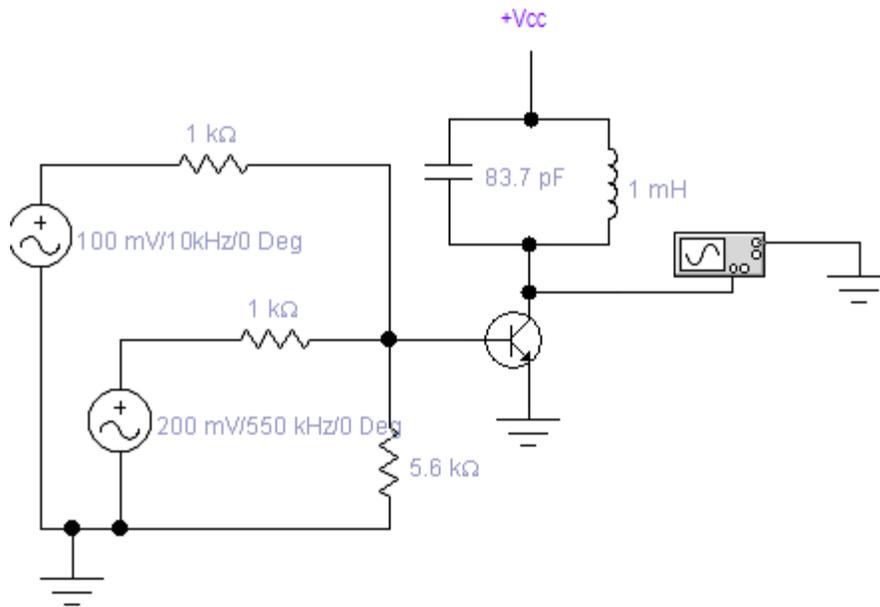


Figura 4 Circuito AM de alto nivel

2. Mida y fotografíe la forma de onda obtenida en la salida del circuito en un osciloscopio.
3. Mida y fotografíe la misma señal con un analizador de espectros.
4. Simular el circuito en workbench/PSpice
5. Calcular :
 - a) El índice de modulación (m) y porcentaje de modulación (M)

Indice de modulación (m)	
Porcentaje de modulación (M)	

- b) El voltaje máximo y el voltaje mínimo de la onda modulada.

Voltaje máximo	
Voltaje mínimo	

- c) Frecuencia Lateral superior e inferior

BLS	
BLI	

d) Frecuencia de la señal portadora

fc	
----	--

Medir:

e) Potencia de las bandas laterales superior e inferior

	Watts	dBm
BLS		
BLI		

f) Potencia de la señal portadora

	Watts	dBm
Potencia		

g) Indicar la potencia total de la onda de AM

Potencia	
----------	--

6. Compare con los resultados obtenidos con el circuito am de bajo nivel.

Conclusiones

Práctica 6. "AM con portadora suprimida"

Objetivo

Realizar la modulación de AM con portadora suprimida y observar el nivel de potencia de la señal modulada para su posterior comparación con la potencia necesaria en la transmisión de una señal de AM convencional.

Lista de Material y Equipo:

2 Generadores de funciones
1 Osciloscopio
1 Analizador de espectros
Protoboard
1 Capacitor de $1\ \mu\text{F}$
4 Capacitores de $0.1\ \mu\text{F}$
Resistencias de $47\ \Omega$, $100\ \Omega$, $1\ \text{k}\Omega$, $2.7\ \text{k}\Omega$ y $10\ \text{k}\Omega$
2 Potenciómetros $10\ \text{k}\Omega$ y $50\ \text{k}\Omega$
1 C.I. MC1496

Procedimiento

1. Armar el siguiente circuito:

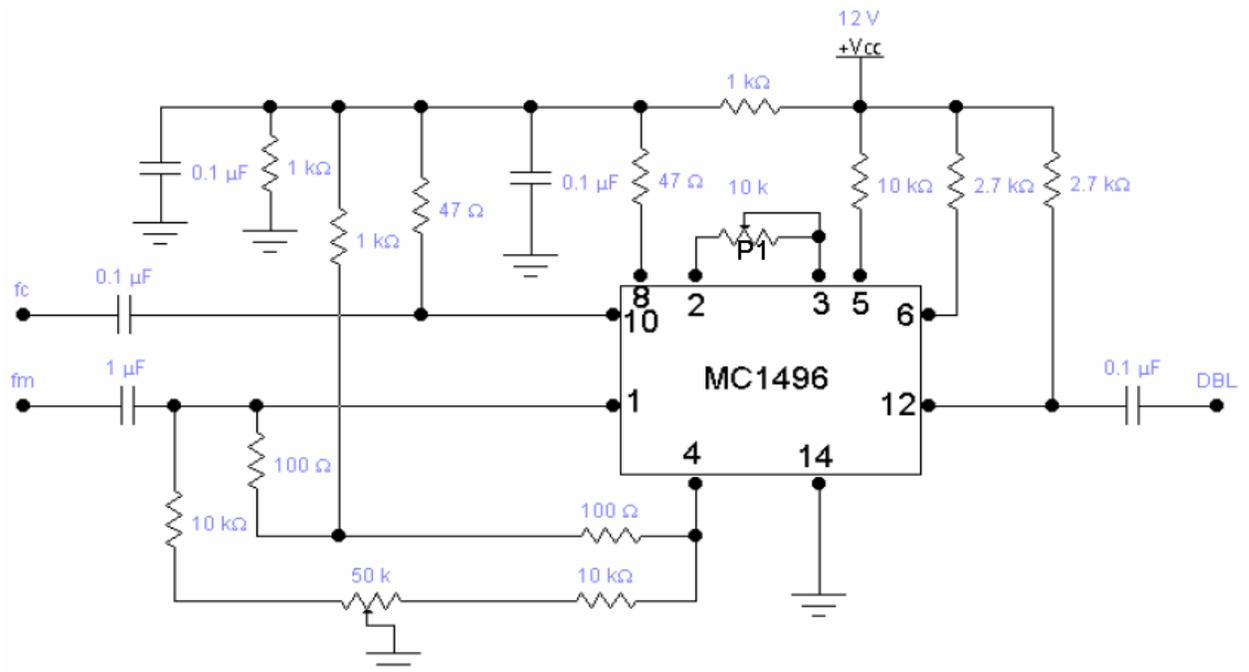


Figura 5 Modulador AM con portadora suprimida

2. Considerar la señal portadora con una amplitud de 500mV a 500kHz y la señal moduladora con amplitud igual a 800mV con frecuencia de 10KHz.
3. Medir y fotografiar o dibujar la forma de onda obtenida en la salida del circuito en un osciloscopio.
4. Medir y fotografiar o dibujar la misma señal con un analizador de espectros.
5. Calcular:

- a) El índice de modulación (m) y el porcentaje de modulación (M):

Indice de modulación (m)	
Porcentaje de modulación (M):	

- b) Frecuencia lateral superior e inferior:

BLS	
BLI	

- c) Frecuencia de la señal portadora:

fc	
----	--

- d) Medir la potencia de las bandas laterales superior e inferior:

	Watts	dBm
BLS		
BLI		

- e) Medir la potencia de la senal portadora:

	Watts	dBm
Potencia		

- f) Potencia total de la onda de AM:

Potencia	
----------	--

Conclusiones

Práctica 7. "Transmisor de AM"

Objetivo

Diseñar y construir un circuito transmisor AM que opere en la banda comercial (535KHz-1605KHz).

Introducción

Las señales de información deben ser transportadas entre un transmisor y un receptor de alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, las señales de información pocas veces encuentran una forma adecuada para la transmisión. La modulación se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión.

Demodulación es el proceso inverso (es decir, la onda modulada se convierte de nuevo a su forma original). La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado modulador.

Modulación en amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o simplemente RF. Con la modulación en amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud. La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y video. La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 a 1609 KHz. La radiodifusión de televisión se divide en tres bandas (dos de VHF y una de UHF). Los canales de banda baja de VHF son entre 2 y 6 (54 a 88 MHz), los canales de banda alta de VHF son entre 7 y 13 (174 a 216 MHz) y los canales de UHF son entre 14 a 83 (470 a 890 MHz). La modulación de amplitud también se usa para las comunicaciones de radio móvil de dos sentidos tal como una radio de banda civil (CB)(26.965 a 27.405 MHz).

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada.

El objetivo de la modulación es tomar una señal de banda base que contenga información (ya sea voz, música o señal de video) y convertir la señal a una nueva frecuencia para que así pueda ser transmitida más fácilmente en un canal de comunicación.

Requerimientos de diseño:

- a) Distancia mínima del transmisor (Tx) al receptor (Rx) de 5 m.
- b) Voltaje de alimentación arbitrario.
- c) Se puede utilizar un modulador de bajo nivel, alto nivel o circuitos integrados.
- d) Debe trabajar en la banda comercial.
- e) El transmisor debe ser capaz de ser sintonizado con cualquier receptor de AM.

Lista de Material y Equipo:

Procedimiento

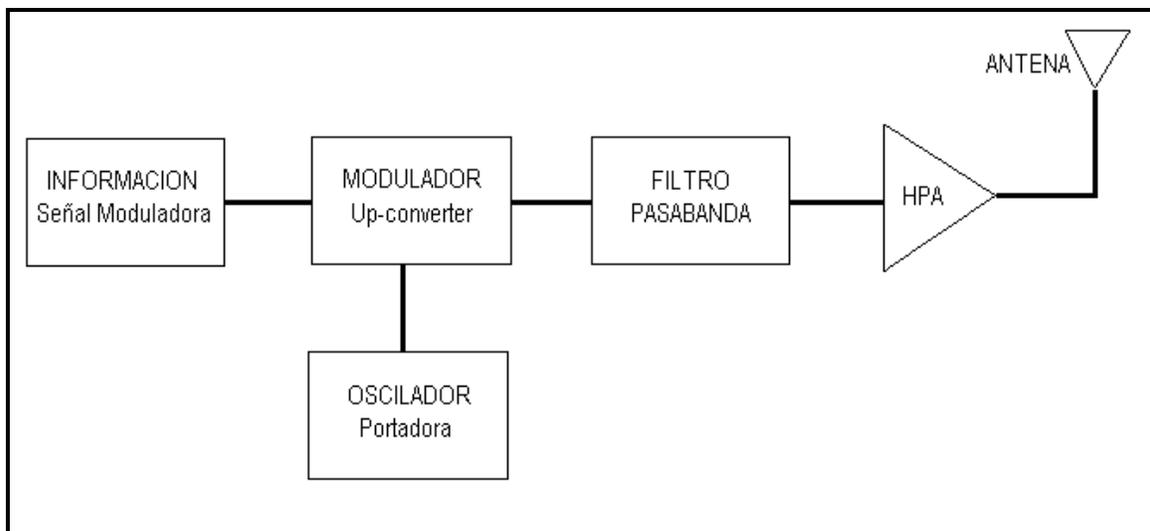


Figura 6. Diagrama a bloques del transmisor de AM

6. Mida y fotografíe la forma de onda obtenida en la salida del circuito transmisor en un osciloscopio.
7. Mida y fotografíe la misma señal con un analizador de espectros.

8. Mida los siguientes parámetros:

a) Frecuencia elegida para la portadora

Fc	
----	--

b) Frecuencia de la señal portadora

Fc	
----	--

c) Potencia de la señal portadora

	Watts	dBm
Potencia		

d) Potencia total de la onda de AM

Potencia	
----------	--

e) Frecuencias de corte del filtro pasa banda

Frecuencia de corte inferior	
Frecuencia de corte superior	

Conclusiones

Práctica 8. "Modulación en Frecuencia"

Objetivo

Determinar experimentalmente diferentes parámetros de una señal de FM y visualizar las formas de onda en el osciloscopio y analizador de espectros.

Introducción

La modulación de frecuencia FM es el proceso de codificar información, la cual puede estar tanto en forma digital como analógica, en una onda portadora mediante la variación de su frecuencia instantánea de acuerdo con la señal de entrada. El uso más típico de este tipo de modulación es la radiodifusión en FM.

La modulación de frecuencia requiere un ancho de banda mayor que la modulación de amplitud para una señal modulante equivalente, sin embargo este hecho hace a la señal modulada en frecuencia más resistente a las interferencias. La modulación de frecuencia también es más robusta ante fenómenos de desvanecimiento de amplitud de la señal recibida. Es por ello que la FM fue elegida como la norma de modulación para las transmisiones radiofónicas de alta fidelidad. La utilización de la modulación de frecuencia para su uso en radio fue descrita por primera vez en 1935 por Edwin Armstrong en un documento titulado "Método para reducir la perturbación de la señalización por radio mediante un Sistema de Modulación de Frecuencia".

La modulación en amplitud tiene en la práctica dos inconvenientes: por un lado, no siempre se transmite la información con la suficiente calidad, ya que el ancho de banda en las emisiones está limitado; por otra parte, en la recepción es difícil eliminar las interferencias producidas por descargas atmosféricas, motores, etc. La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información. La amplitud de la onda modulada es constante e igual que la de la onda portadora. La frecuencia de la portadora oscila más o menos rápidamente, según la onda moduladora, esto es, si aplicamos una moduladora de 100 Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de su frecuencia central, que es la portadora; además el grado de esta variación dependerá del volumen con que modulemos la portadora, a lo que denominamos "índice de modulación".

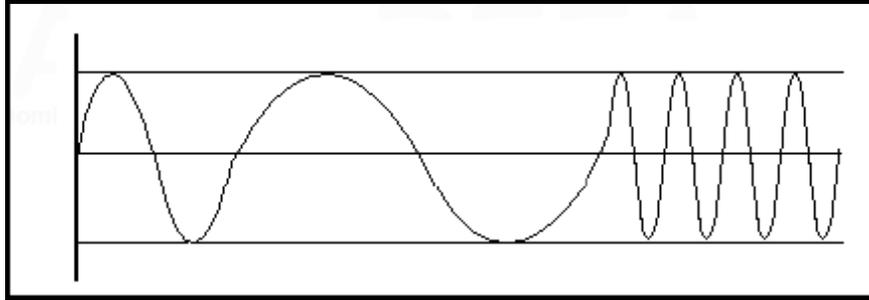


Figura 7. Onda Modulada en Frecuencia

Debido a que los ruidos o interferencias que se mencionaron anteriormente alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante. Como consecuencia de estas características de modulación se puede observar como la calidad de sonido o imagen es mayor cuando se modula en frecuencia que cuando se hace en amplitud o banda lateral. Además al no alterar la frecuencia de la portadora en la medida que aplicamos la información, se pueden transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes), que comprenden mayor abanico de frecuencias moduladoras, sin por ello abarcar mayor ancho de banda. Este es el motivo por el que las llamadas radio fórmulas utilizan la frecuencia modulada, o dicho de otro modo, el nacimiento de las estaciones que a mediados de los sesenta eligieron este sistema para emitir sus programas con mayor calidad de sonido dio origen a la radio difusión musical. Otros usos de la frecuencia modulada son la telefonía móvil, televisión y servicios de comunicación entre los trabajadores de empresas de paquetería, talleres, comercios, etc.

Lista de Material y Equipo:

- Generador de Funciones con opción para modular en FM
- Osciloscopio
- Analizador de Espectros
- Generador de Funciones

Procedimiento

1. Armar el siguiente diagrama a bloques

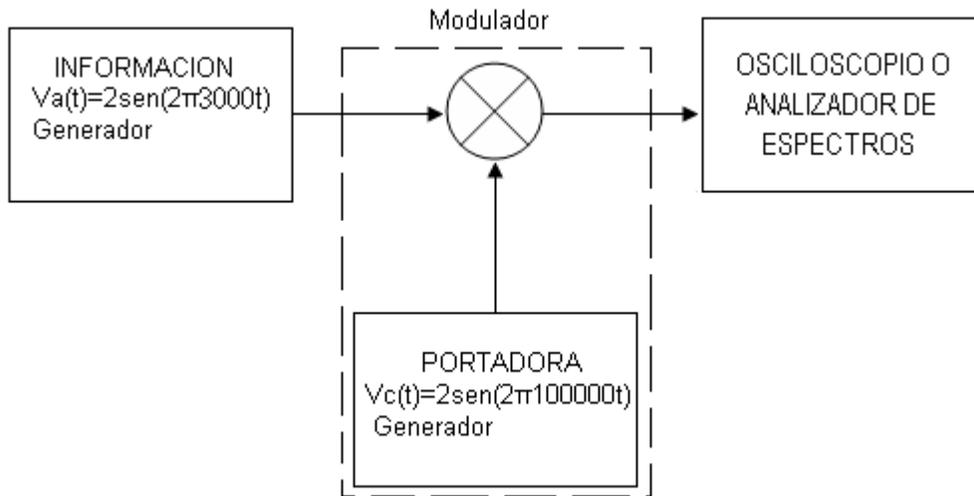


Figura 8 Diagrama a bloques del modulador en frecuencia

2. Visualizar y fotografiar la señal de FM en el osciloscopio y medir la desviación de frecuencia.
3. Calcular el ancho de banda en función de la frecuencia máxima y mínima.

Ancho de banda para f_{min}	
Ancho de banda para f_{max}	

4. Visualizar y fotografiar el espectro de frecuencias de la señal de FM en el analizador de espectros.
5. Medir el ancho de banda.

Potencia	
----------	--

6. Conecte la antena omnidireccional al analizador de espectros y visualice las estaciones de radio. Mida y fotografíe el ancho de banda que requiere cada estación y la potencia del pico máximo.

Estación de radio (MHz)	Potencia dBm	Ancho de Banda Hz
92.1		
92.9		
95.5		
101.1		
103.3		
106.9		

Conclusiones

Práctica 9. "Transmisor de FM"

Objetivo

Diseñar y construir un circuito transmisor FM que opere en la banda comercial (88-108MHz)

Introducción

FM es una abreviatura para frecuencia modulada, o modulación en frecuencia. Modulación es como se agrega información a una frecuencia de radio dada. En el caso de FM la señal de audio modula lo que se llama la frecuencia portadora (que es la frecuencia de la señal de transmisión) al correrla ligeramente hacia arriba y hacia abajo como respuesta a la señal de audio. Un radio FM recibe esta señal y extrae la información de audio de la frecuencia de radio a través de un proceso llamado demodulación. La modulación de la señal se produce dentro del transmisor FM.

En una señal analógica pueden variar tres propiedades: la amplitud, la frecuencia y la fase. La modulación en frecuencia y en fase, son ambas formas de la modulación angular. A ambas formas de la modulación angular se les llama simplemente FM cuando, en realidad, existe una diferencia entre las dos. Existen varias ventajas en utilizar la modulación angular en vez de la modulación en amplitud, tal como la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso más eficiente de la potencia. Sin embargo FM y PM, tienen varias desventajas importantes las cuales incluyen requerir un ancho de banda extendida y circuitos más complejos, tanto en el transmisor, como en el receptor. La modulación angular fue introducida primero en 1931, como una alternativa a la modulación en amplitud. Se sugirió que la onda con modulación angular era menos susceptible al ruido que AM y, consecuentemente, podía mejorar el rendimiento de las comunicaciones de radio. El mayor E. H. Armstrong desarrolló el primer sistema con éxito de radio de FM, en 1936 (quien también desarrolló el receptor superheterodino) y, en julio de 1939, la primera radiodifusión de señales de FM programada regularmente comenzó en Alpine, New Jersey. Actualmente, la modulación angular se usa extensamente para la radiodifusión de radio comercial, transmisión de sonido de televisión, radio, etc.

Requerimientos de diseño:

- f) Distancia mínima del transmisor (Tx) al receptor (Rx) de 10 m.
- g) Voltaje de alimentación arbitrario.
- h) Se puede utilizar un modulador de bajo nivel, alto nivel o circuitos integrados.
- i) Debe trabajar en la banda comercial.
- j) El transmisor debe ser capaz de ser sintonizado con cualquier receptor de FM.

Lista de Material y Equipo:

Procedimiento

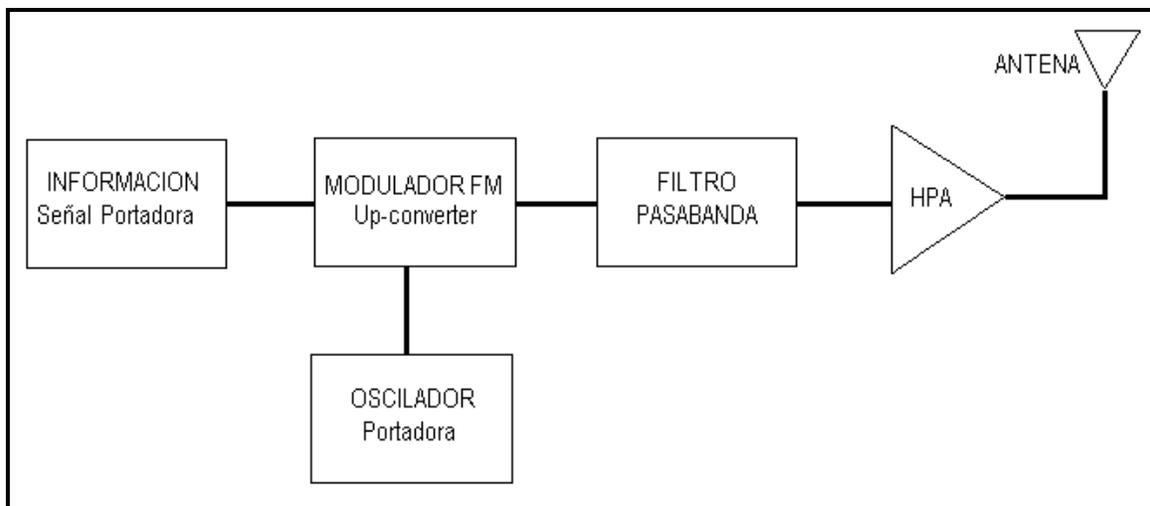


Figura 9. Diagrama a bloques del transmisor de FM

- 7. Mida y fotografíe la forma de onda obtenida en la salida del circuito transmisor en un osciloscopio.
- 8. Mida y fotografíe la misma señal con un analizador de espectros.

9. Mida los siguientes parámetros:

a) Frecuencia elegida para la transmisión

f	
---	--

b) Potencia total de la onda de FM

Potencia	
----------	--

c) Frecuencias de corte del filtro pasa banda

Frecuencia de corte inferior	
Frecuencia de corte superior	

Conclusiones

Práctica 10. "Demodulación en frecuencia"

Objetivo

Diseñar y construir un circuito demodulador en frecuencia que opere en la banda comercial de FM.

Introducción

Frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es el proceso de codificar información, la cual puede estar tanto en forma digital como analógica, en una onda portadora mediante la variación de su frecuencia instantánea de acuerdo con la señal de entrada. El uso más típico de este tipo de modulación es la radiodifusión en FM. La modulación de frecuencia requiere un ancho de banda mayor que la modulación de amplitud para una señal modulante equivalente, sin embargo este hecho hace a la señal modulada en frecuencia más resistente a las interferencias. La modulación de frecuencia también es más robusta ante fenómenos de desvanecimiento de amplitud de la señal recibida. Es por ello que la FM fue elegida como la norma de modulación para las transmisiones radiofónicas de alta fidelidad. Una señal modulada en frecuencia puede ser también usada para transportar una señal estereofónica. Sin embargo, esto se hace mediante multiplexión de los canales izquierdo y derecho de la señal estéreo antes del proceso de modulación de frecuencia. De forma inversa en el receptor se lleva a cabo la demultiplexación después de la demodulación de la señal FM. Por lo tanto el proceso estereofónico es totalmente ajeno a la modulación en frecuencia propiamente dicha. La utilización de la modulación de frecuencia para su uso en radio fue descrita por primera vez en 1935 por Edwin Armstrong en un documento titulado "Método para reducir la perturbación de la señalización por radio mediante un Sistema de Modulación de Frecuencia".

La demodulación es el proceso de recuperación de la señal moduladora de una señal modulada en amplitud (AM) o modulada en frecuencia (FM). El demodulador también es llamado detector.

Lista de Material y Equipo:

- Generador de funciones con opción para modular en FM
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Analizador de espectros
- Circuito demodulador

Procedimiento

1. Armar el siguiente diagrama a bloques (utilice el osciloscopio)

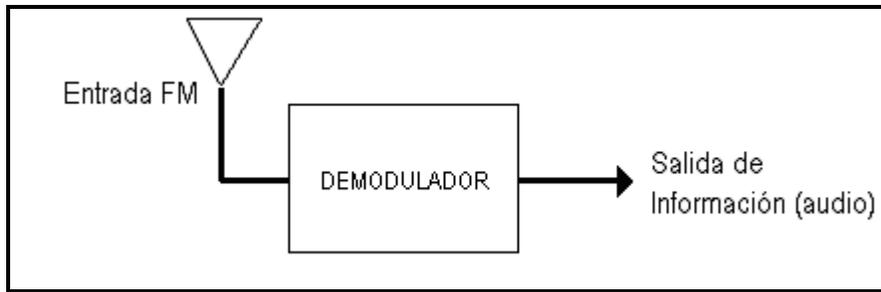


Figura 10. Diagrama a bloques del demodulador de frecuencia.

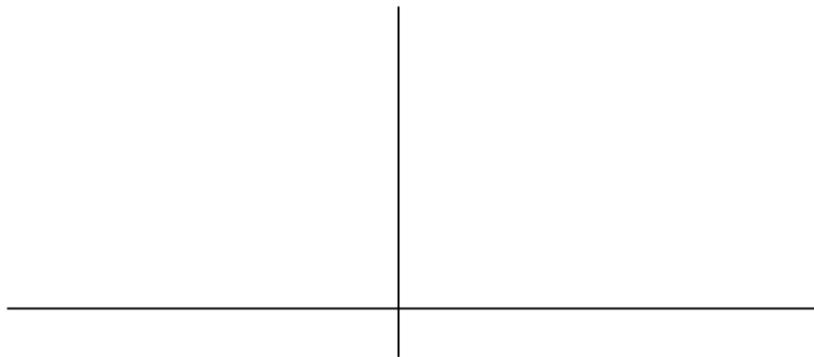
2. Visualizar la señal de FM en el osciloscopio y medir la desviación de frecuencia.



3. Calcular el ancho de banda en función de la frecuencia máxima y mínima.

Frecuencia máxima	
Frecuencia mínima	
Ancho de Banda	

4. Visualizar el espectro de frecuencias de la señal de FM en el analizador de espectros.



5. Medir el ancho de banda.

Ancho de Banda	
----------------	--

6. Medir la frecuencia de la señal de salida del demodulador.

Frecuencia	
------------	--

7. Verificar que la señal demodulada sea la información que proviene en la señal de FM

Conclusiones

Práctica 11. "Transmisión y análisis de una señal de TV"

Objetivo. Determinar experimentalmente diferentes parámetros de una señal de TV y visualizar las formas de onda en el osciloscopio y analizador de espectros.

Introducción

En la década de los 40 solo existía televisión monocromática o blanco y negro, es decir, que la señal de video transmitida por las estaciones existentes, solo incluían la información de brillo de la imagen, la cual era representada en la pantalla del receptor como una sucesión de puntos con mayor o menor intensidad (tonos de grises).

Cuando la tecnología pudo agregarle color a la imagen, hubo que analizar la forma de incluir dentro del canal de televisión, la información de color (crominancia), sin detrimento de la información de brillo (luminancia), ya existente.

Sistemas de exploración y sistemas de color

Conviene hacer una aclaración importante: hay que poder discernir entre 2 conceptos distintos, que en la práctica se suelen tratar indistintamente.

Los sistemas de exploración de imágenes de televisión, se refieren a la manera en que la imagen es barrida por el haz, la cantidad de líneas de definición, las frecuencias vertical y horizontal, y otras características. Los sistemas de codificación de color de imágenes de televisión, se refieren a la manera en que se agrega la información de color a la imagen.

Compatibilidad y retrocompatibilidad

Se hace necesario agregarle a la señal monocromática de luminancia, la señal de crominancia. Para conseguir esto se debe mantener 2 condiciones importantes:

Compatibilidad. Es la propiedad de un sistema de televisión color que permite la reproducción de las emisiones a color, en los receptores monocromáticos existentes (por supuesto se verán las imágenes en blanco y negro, aunque se hayan generado en el transmisor a color).

Retrocompatibilidad o compatibilidad inversa. Es la propiedad de un sistema de televisión en colores que permite a los receptores de televisión en colores, reproducir en blanco y negro, las emisiones de un sistema existente en blanco y negro.

En ambos casos, las imágenes deben ser de buena calidad, por lo que la emisión en colores debe mantenerse dentro del canal de frecuencias previsto para blanco y negro, sin invadir canales adyacentes.

La cámara de color

Básicamente será igual a la monocromática, pero deberá tener algún agregado que le permita discriminar entre los 3 colores primarios que componen la imagen de toma, separarlos y obtener sendas señales de R, G y B. Esto se consigue con la inclusión dentro de la cámara de espejos muy especiales que en lugar de reflejar toda la radiación incidente, solo lo hacen con una pequeña banda de la misma, permitiendo que el resto de la radiación sea atravesada. Estos espejos se llaman dicróicos.

Entonces, con un juego de 2 espejos dicróicos y otro espejo normal se consigue separar la onda incidente en la cámara en sus 3 componentes primarias.

Con estos 3 colores se podrán reproducir la mayoría de los colores existentes en la naturaleza, por lo tanto, si se transmitieran estas 3 señales se podrían reproducir en un receptor destinado para este fin; sin embargo un televisor monocromático pre-existente no está preparado para recibir estas 3 señales, sino solo la Y.

Se deduce, de la colorimetría, que la relación entre Y los 3 colores primarios está establecida por la llamada ecuación fundamental de la Luminancia:

$$Y = 0.30.R + 0.59.G + 0.11.B$$

Conocido el hecho que se necesitan 3 señales para reproducir una imagen coloreada y una de las señales a transmitir es Y, resta todavía obtener 2 señales más, que conformarán la señal vectorial de crominancia. Estas 2 señales deberán tener la particularidad de anularse en caso de tratarse de una imagen monocromática (solo brillo). Este hecho, al igual que el anterior son necesarios en relación a las 2 premisas anteriormente nombradas, compatibilidad y retrocompatibilidad. Observando que el blanco se obtiene con iguales cantidades de los 3 primarios, por ejemplo el blanco de máximo brillo se obtiene con señales normalizadas con $R=G=B=1v$, se comprueba que $Y=1v$ también. Por lo tanto la señal de crominancia estará formada por 2 de las 3 señales diferencia de color R-Y, G-Y, B-Y. Solo será necesario enviar 2 señales, además de Y, dado que la tercera es combinación lineal de las otras. En el receptor, de igual manera se podrán recuperar las componentes R, G y B a partir de Y y C, donde C es la señal vectorial de crominancia formada por 2 señales de diferencia de color. Al deducir la expresión analítica de las diferencias de color, se comprueba que la diferencia al verde G-Y es la que tiene coeficientes menores y por ende menor potencia por lo que será más susceptible al ruido. Por lo tanto la señal de crominancia C estará compuesta por la diferencia al rojo y diferencia al azul, también simbolizadas Cr y Cb.

Corrección de gamma

El brillo de una pantalla de un Tubo de Rayos catódicos TRC no guarda relación lineal con respecto a la intensidad del haz, sino más bien es una relación de cuadrática a cúbica. Debido a esto se hace necesario una corrección de Gamma en estudio, siendo Gamma (γ) el exponente de la intensidad I cuando se cumple la ecuación $L=k.I^\gamma$. La condición ideal sería un Gamma igual a 1.

Inserción de la crominancia en la señal de video

Se comprueba experimentalmente que la crominancia requiere un ancho de banda menor que el de luminancia, pero aun así, necesitan ubicarse ambas señales dentro del mismo canal de frecuencia, para cumplir la compatibilidad exigida. Para lograr esto hay que notar que el espectro de luminancia como el que se obtiene de crominancia, tienen la particularidad de ser discretos, es decir, están compuestos por rayas espectrales y no por una banda continua de frecuencias. La razón de esto hay que buscarla en el mismo proceso de generación de la imagen: a partir de la exploración punto a punto, lo que lo hace discretos.

Entonces, la solución se basa en intercalar ambos espectros, el de Y y el de C de manera de conseguir en el receptor una fácil separación de ambos. Esto se logra premodulando la croma con una frecuencia de subportadora color, que cambia según el sistema o la norma, pero que en todos los casos persigue un mismo objetivo, ubicar la porción de mayor potencia del espectro de croma en una zona donde el espectro de luma sea notoriamente inferior, admitiendo un posible caso que la separación de ambos espectros no se pueda conseguir con absoluta eficacia. Aunque este sea el caso, de todas formas se contribuye a la compatibilidad y las imágenes recibidas seguirán siendo de buena calidad, aunque se vea afectada una pequeña porción de espectro.

Lista de Material y Equipo:

Modulador y transmisor RF HMM-10H
Osciloscopio
Convertidor RCA a BNC
Analizador de espectros
Televisor
Cámara de video
Cables de audio y video
Antena o alambre de cobre

Procedimiento

1. Visualizar la señal de video de la cámara en el osciloscopio y el formato de la señal. Determinar el estado de la señal (Banda base o modulada).
2. Visualizar la señal de audio de la cámara en el osciloscopio. Determinar el estado de la señal (Banda base o modulada).

3. Armar el sistema que se muestra en la siguiente figura.

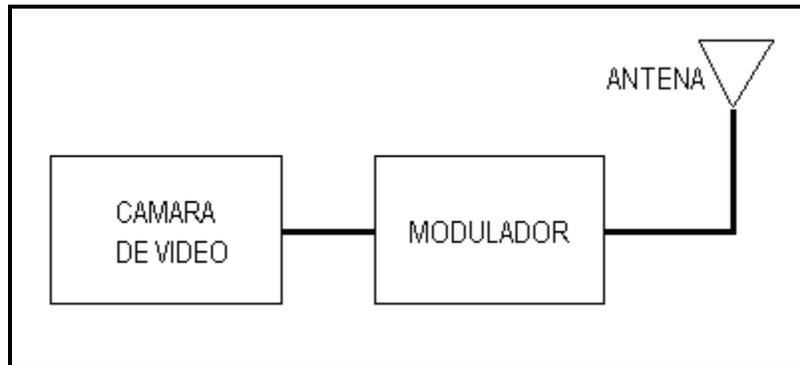


Figura 11. Diagrama a bloques del transmisor de TV.

4. Conectar la salida de audio y video de la cámara al modulador HMM-10H.
5. Conectar la antena en la salida RF del modulador.
6. Seleccionar el canal para realizar la transmisión en el modulador y sintonizarlo en la TV.
7. Conectar otra antena omnidireccional al analizador de espectros.
8. Visualizar el espectro de frecuencias de la señal de TV en el analizador de espectros.
9. Repita el paso anterior para diferentes canales del modulador.
10. Medir el ancho de banda del canal.
11. Medir la separación entre portadoras de RF de cada canal.
12. Ubicar y medir la potencia de las portadoras de video, crominancia y audio de la señal.
13. Medir la separación entre portadoras de video, crominancia y audio de la señal.
14. Visualizar la señal de los canales locales (2, 13, 17, 23, 29, 57) y repetir el paso 13.
15. Investigue la división del espectro radioeléctrico según la COFETEL

Conclusiones

Práctica 11. "Investigación GPIB"

Objetivo. Se deberá realizar una investigación con el propósito de que el alumno conozca y aprenda a utilizar el bus GPIB.

1. La investigación deberá contener los siguientes puntos:

- ✓ Antecedentes
- ✓ Características eléctricas y mecánicas
- ✓ Ejemplos de aplicación

2. Desarrollar un programa que controle un osciloscopio, un generador de funciones y una fuente de voltaje por medio del bus GPIB.

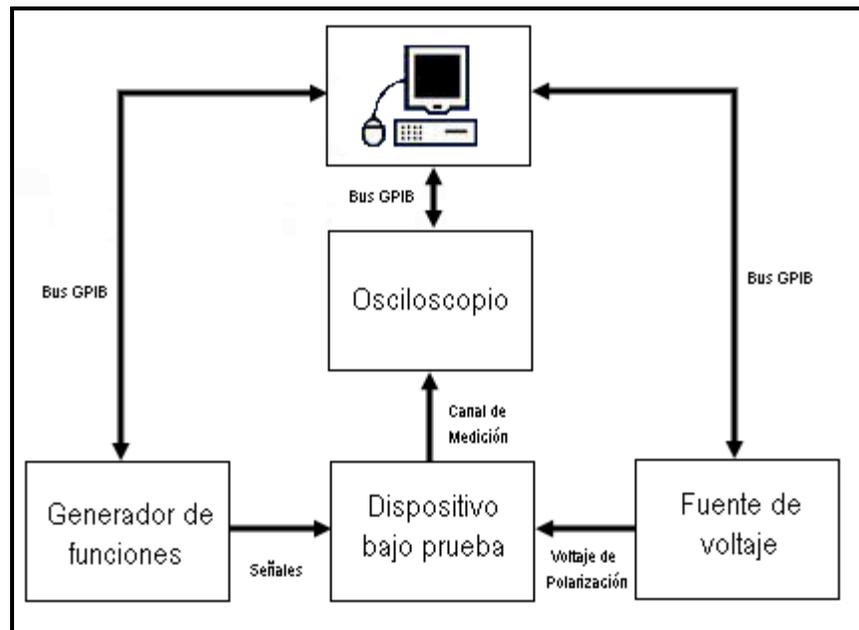


Figura 12. Diagrama a bloques de control con bus GPIB

Conclusiones

Bibliografía

- Wayne Tomasi
Sistemas de Comunicaciones Electrónicas
Editorial Prentice Hall
Cuarta Edición

- Louis E. Frenzel
Principles of Electronic Communication System
Editorial McGraw Hill, 1976

- Jack Hudson & Jerry Luecke
Basic Communications Electronics
Master Publishing, Inc.. 1999

- Louis E. Frenzel
Electrónica Aplicada a los Sistemas de las Comunicaciones
Grupo editor Alfaomega, 2003