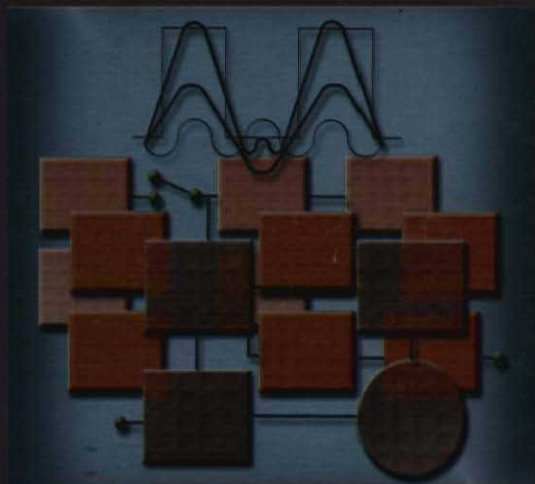


Laboratorio de comunicaciones II

Manual de prácticas

Federico Pérez Martínez
Fernando Sánchez Posadas



JAM
TK5101
P4.75
v.2

LABORATORIO
DE COMUNICACIONES II
MANUAL DE PRÁCTICAS

#218045
C.B. 2894197

LABORATORIO DE COMUNICACIONES II: MANUAL DE PRÁCTICAS

Federico Peréz Martínez,
Fernando Sánchez Posadas



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Departamento de Electrónica

2894197

UAM-AZCAPOTZALCO

RECTOR

Dr. Adrián Gerardo de Garay Sánchez

SECRETARIA

Dra. Sylvie Jeanne Turpin Marion

COORDINADORA GENERAL DE DESARROLLO ACADÉMICO

Dra. Norma Rondero López

COORDINADOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Dr. Jorge Armando Morales Aceves

JEFE DE LA SECCIÓN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EDITORIALES

Lic. Francisco Javier Ramírez Treviño

UAM
TK5101
P4.75
V-2

ISBN-970-654-877-7

© UAM-Azcapotzalco

Federico Pérez Martínez
Fernando Sánchez Posadas

Succión de producción
y distribución editoriales
Tel. 5318-9222 / 9223
Fax 5318-9222

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Av. San Pablo 180
Col. Reynosa Tamaulipas
Delegación Azcapotzalco
C.P. 02200
México, D.F.

Laboratorio de comunicaciones II
Manual de prácticas
1a. edición, 1995
2a. edición, 2001
1a. reimpresión, 2008
Impreso en México

CONTENIDO

Introducción al Laboratorio de Comunicaciones II	7
Práctica Introductoria.- El Analizador de Espectro	25
Práctica No. 1.- Análisis de Fourier	27
Práctica No. 2.- Filtros	31
Práctica No. 3.- Modulación en Amplitud	35
Práctica No. 4.- Multicanalización en el Dominio de la Frecuencia	39
Práctica No. 5.- Modulación en Frecuencia	43
Práctica No. 6.- La Señal Estéreo	47
Bibliografía	51
Apéndice	53

INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO DE COMUNICACIONES II

En el curso de Comunicaciones II se analizan las técnicas de modulación y demodulación analógica, así como los dispositivos empleados para realizarla, y también se revisan los dispositivos complementarios que permiten lograr alguna señal en especial.

Es innegable que el osciloscopio ha jugado un papel importante para determinar el comportamiento en el dominio del tiempo, de un circuito o de un sistema de comunicación eléctrica; y dentro de las características observables se tiene la información relativa al tiempo y a la fase.

En el área de las Comunicaciones, un parámetro importante es la frecuencia o banda de frecuencias de operación, por lo que el uso del osciloscopio resulta poco práctico para determinar el comportamiento en el dominio de la frecuencia de algún circuito o sistema de comunicación eléctrica.

Antes de describir algún instrumento que permita determinar el comportamiento de un sistema en el dominio de la frecuencia, es necesario recordar algunos conceptos relacionados con la síntesis y análisis de señales periódicas y complejas.

En Ingeniería en Electrónica, es del dominio general que una señal tipo tren de pulsos, está compuesta por una señal senoidal con frecuencia fundamental, y de una serie de frecuencias armónicas de diferentes amplitudes cuya presencia está regida por el ciclo de trabajo.

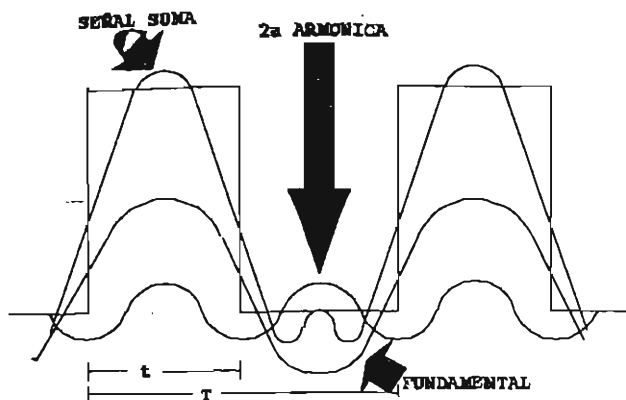


Figura 1.- Tren de pulsos y la síntesis del mismo empleando solamente la frecuencia fundamental y la 2a. armónica.

En la figura 1 se muestra un tren de pulsos con un ciclo de trabajo de t/T y además se ilustra una aproximación de este tren de pulsos haciendo uso de una frecuencia fundamental y la segunda armónica. Para lograr un tren de pulsos perfecto, con tiempos de subida y de bajada de valor cero y sin aberración alguna, sería necesario agregar un número infinito de armónicas con las amplitudes y fases adecuadas. Con base en lo anterior, se deduce que cualquier señal compleja estará compuesta por una frecuencia fundamental y un sinnúmero de frecuencias armónicas con las amplitudes apropiadas.

En la figura 2 se aprecia una señal compleja en el dominio del tiempo, y se observa que en el dominio de la frecuencia presenta 2 componentes, la fundamental y la segunda armónica cuyas amplitudes están representadas por espigas de diferente amplitud.

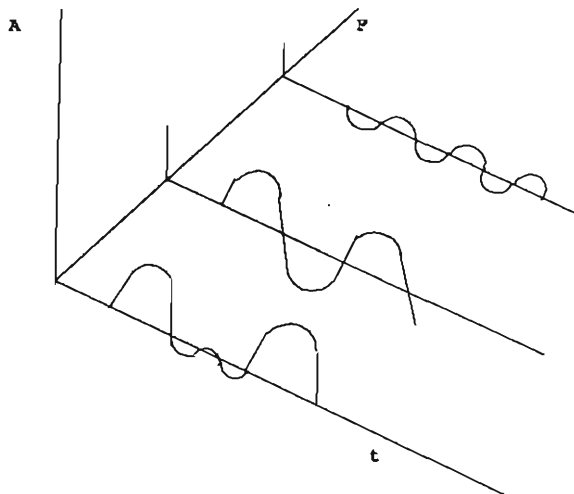


Figura 2.- Señal compleja en los dominios
del tiempo y de la frecuencia.

El instrumento que nos permite la identificación de cada una de las componentes de frecuencia de una señal compleja es el analizador de espectro que presenta ciertas ventajas sobre el osciloscopio, entre las que destacan:

- Mayor sensibilidad para medir distorsión de bajo nivel.
- Mayor sensibilidad para medir modulación de bajo nivel.
- En Amplitud Modulada, Frecuencia Modulada, y Radio Frecuencia, permite medir la frecuencia de la portadora, el nivel de modulación, distorsión por modulación, y anchura de banda.
- Permite medir la desviación de frecuencia de un equipo durante el periodo de estabilización térmica.
- En filtros y amplificadores permite medir la respuesta de frecuencia por medio del barrido de frecuencia.

Este instrumento permite determinar el comportamiento, en el dominio de la frecuencia, de un sistema de comunicación, y es el Analizador de Espectro que está basado en la Transformada de Fourier.

Existen básicamente dos tipos de analizadores de espectro: el de barrido sintonizado, y el de tiempo real. Los analizadores de barrido sintonizado se sintonizan al barrerlos eléctricamente sobre su rango de frecuencia, por lo que son muestreadas secuencialmente en el tiempo todas las componentes de la señal por analizar. Esto permite que solo señales aleatorias y periódicas puedan ser desplegadas, pero es imposible desplegar respuestas transitorias. El analizador de espectro de tiempo real, por otro lado, si puede desplegar la amplitud de todas las señales en el rango de frecuencia del analizador, es decir, permite el análisis de cualquier tipo de señal.

Analizador de Espectro de Tiempo Real.

En la figura 3 se muestra el diagrama a bloques del analizador de espectro de tiempo real y que básicamente consiste de un juego de filtros pasabanda. Este tipo de analizador resulta incosteable ya que requiere de una gran cantidad de filtros para cubrir un determinado rango espectral por lo que se le usa en baja frecuencia, es decir, principalmente en audiofrecuencia.

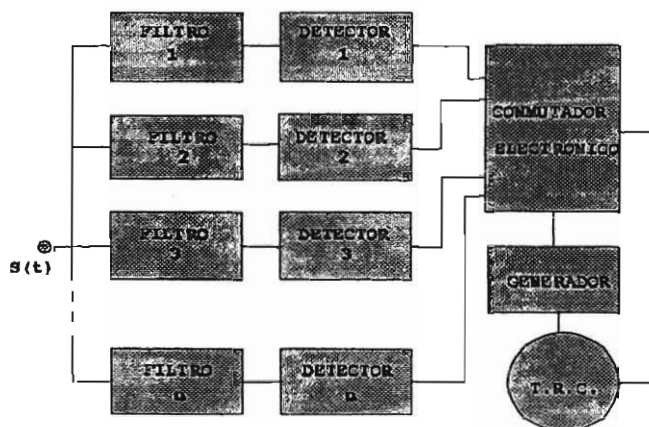


Figura 3.- Diagrama a bloques de un Analizador de Espectro de Tiempo Real.

El conmutador electrónico muestrea los filtros lo suficientemente rápido para desplegar la respuesta instantánea de la señal de entrada $s(t)$. Los filtros están diseñados en cascada para lograr una cobertura continua del espectro de frecuencia.

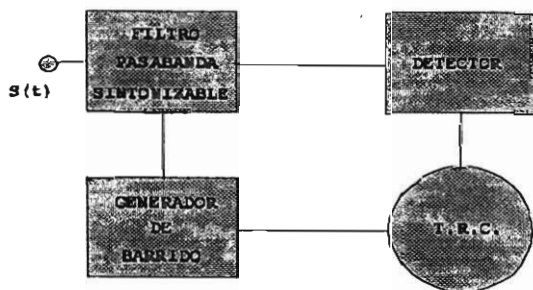


Figura 4.- Diagrama a bloques del Analizador de Barrido-Sintonizado.

Analizador de Espectro de Barrido-Sintonizado.

Para este tipo de analizador, existen dos versiones: a) el tipo de radiofrecuencia sintonizada, y b) el tipo superheterodino.

a) Analizador de Espectro de Radiofrecuencia Sintonizada.

En la figura 4 se observa el diagrama a bloques simplificado de un analizador de este tipo, el cual tiene en primer lugar un filtro pasabanda sintonizable cuya frecuencia central se sintoniza sobre el rango deseado de frecuencia de la señal de entrada $S(t)$. También cuenta con un detector para producir la deflexión vertical correspondiente sobre el tubo de rayos catódicos (T:R:C:); además, tiene un generador de barrido horizontal que se usa para sincronizar la frecuencia sintonizada con la deflexión horizontal del T.R.C. Este tipo de analizador es económico y simple, y dado que tiene un filtro de barrido, su ancho de barrido está limitado; presenta un determinada cobertura de frecuencia y se usa principalmente en aplicaciones de microondas debido a su disponibilidad de filtros sintonizados de banda ancha.

b) Analizador de Espectro del tipo de Barrido Superheterodino.

En la figura 5 se muestra el diagrama simplificado a bloques de un analizador tipo superheterodino.

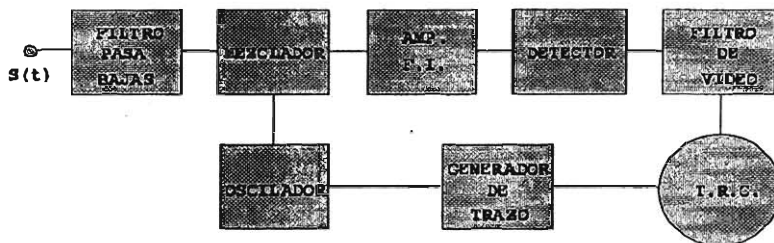


Figura 5.- Diagrama a bloques del Analizador de Espectro Tipo Superheterodino.

Este tipo de analizador es propiamente un receptor de banda angosta que se sintoniza electrónicamente en frecuencia al aplicar un voltaje de control al oscilador. Dicho voltaje de control es una señal de diente de sierra producida por el generador de trazo, y que se aplica también a la deflexión horizontal del T.R.C.

La señal de entrada por analizar se aplica a un filtro pasabajas para posteriormente enviarla al mezclador donde se combina con la señal del oscilador. El oscilador cambia continuamente de frecuencia en función del voltaje de control, por lo que alguna frecuencia de la señal de entrada se combina con la señal del oscilador para dar la frecuencia intermedia (F.I.). La salida del amplificador de FI alimenta a un detector cuya salida se envía al filtro de video y se despliega en el T.R.C. por medio de la deflexión vertical.

Este tipo de analizador proporciona alta sensibilidad a través del uso de los amplificadores de F.I., por lo que muchas décadas de frecuencia pueden ser sintonizadas; también pueden variarse la resolución al cambiar el ancho de banda de los filtros de F.I.; sin embargo, no es en tiempo real.

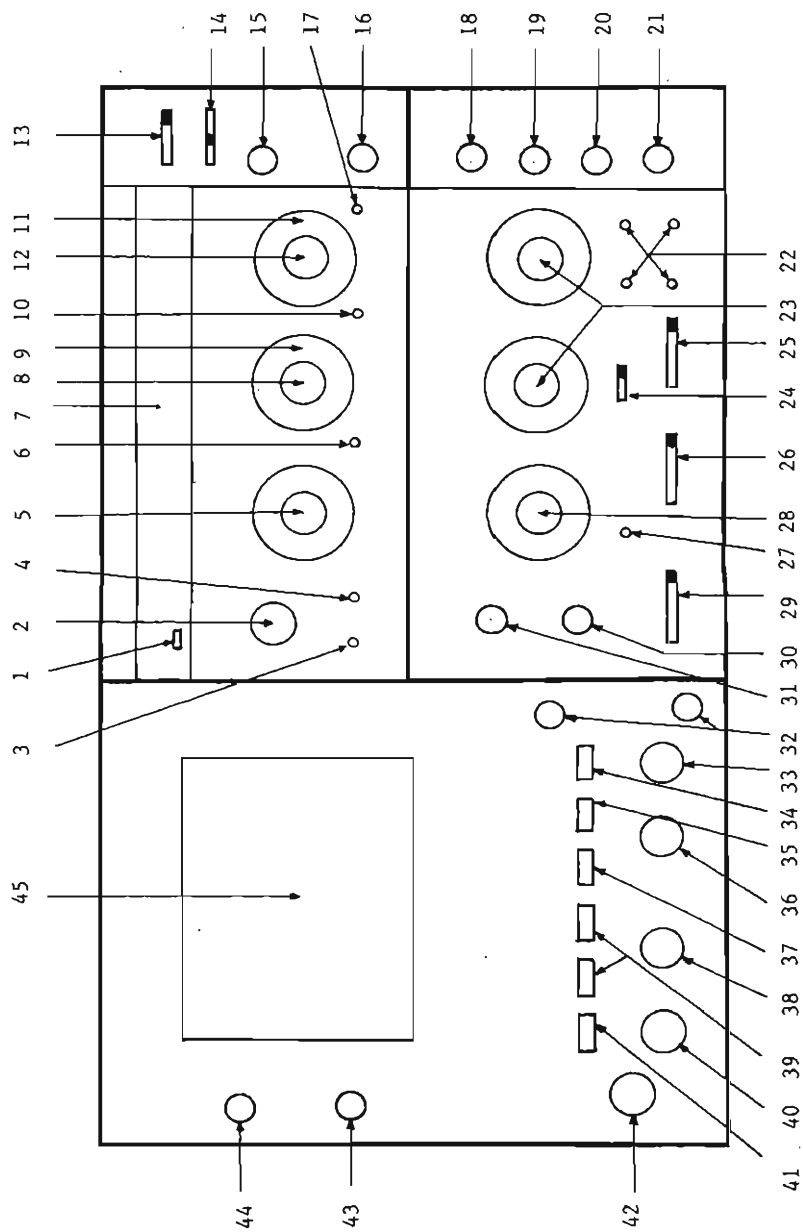


Figura 6.- Analizador de Espectro.

Este tipo de analizador es el más flexible, por lo que se le emplea en el Laboratorio de Comunicaciones II.

Analizador de Espectro Hewlett Packard que emplea el chasis de despliegue 141T, y los módulos 8552B de FI y el 8556A de Baja Frecuencia.

En la figura 6 se enumeran todos los elementos que intervienen en el uso y manejo de este tipo de analizador de espectros, a continuación se da una descripción general de cada uno de sus elementos.

1.- Desplegado Descalibrado (display Uncal).- Luz de advertencia que indica que el despliegado del TRC está descalibrado debido a posiciones incompatibles de los controles Ancho del Trazo, Tiempo del Trazo, Ancho de Banda, y Filtro de Video.

2.- Frecuencia (Frequency).- Sintoniza la Frecuencia Central en los modos de trazo: Ancho del Trazo. Por División, y Cero. La Sintonía Fina permite el ajuste de alta resolución en trazos angostos.

3.- Ajuste de Cero (Zero Adj).- Calibra el Cuadrante de la Frecuencia Central a la frecuencia cero.

4.- Ajuste de 300 Khz (300 Khz Adjust).- Calibra el Cuadrante de la Frecuencia Central a 300 Khz.

5.- Ancho de Banda (Bandwith).- Selecciona el ancho de banda de resolución del analizador de espectro desde 10 Hz hasta 10 Khz en una secuencia 1,3

6.- Calibración de Amplitud (Ampl Cal).- Calibra la amplitud desplegada para mediciones de voltaje absoluto y de potencia.

7.- Cuadrante de la Frecuencia Central (Center Frequency).- El cuadrante indica la Frecuencia Central para los modos de trazo: Ancho del Trazo. Por División, y Cero. Está calibrado en incrementos de 5 Khz para el rango de 0-300 Khz, y en incrementos de 500 Hz para el rango de 0-30 Khz.

8.- Ancho del Trazo (Scan Width).- Selecciona el modo del trazado de frecuencia: 0-10f sintoniza en forma repetitiva al analizador de espectro desde cero frecuencia hasta 10 veces la posición del control: Por División; el modo Por División traza simétricamente al analizador de espectro con respecto a la Frecuencia Central con el Ancho del Trazo puesto en Por División; en el modo de trazo Cero, el analizador se convierte en un receptor de frecuencia fija a la Frecuencia Central.

9.- Por División (Per Division).- Selecciona la escala horizontal de calibración de frecuencia en los modos Por División y en 0-10f.

10.- Ajuste de Barrido (Tracking Adj).- Sintoniza la frecuencia de la Salida del Generador de Barrido para barrer precisamente la frecuencia sintonizada del analizador de espectro.

11.- Nivel de Entrada (Input Level).- Ajusta el nivel de la señal de entrada a la entrada del mezclador y a la entrada del preamplificador para maximizar el rango dinámico. Este control debe ajustarse para máxima lectura sobre el TRC.

12.- Nivel del Generador de Barrido (Tracking Gen Level).- Ajusta el nivel de salida de la señal de barrido del Generador de Barrido. Cuando se selecciona la posición Calibración, presenta una señal de 100 mV para la calibración del desplegado del analizador de espectro. La salida puede aumentarse a 3 V.

- 13.- Rango en Khz (range Khz).- Selecciona el rango del Cuadrante de la Frecuencia Central para 0-30 Khz o para 0-300 Khz.
- 14.- Dbm-DbV.- Selecciona la calibración absoluta del desplegado logarítmico para dbV o dbm referidos a 50 ohm o 600 ohm. Para una correcta medición en dbm se requiere de una terminación externa de la impedancia adecuada para las señales de entrada.
- 15.- Entrada (Input).- Presenta una impedancia desbalanceada de 1 megohm para todo tipo de señal de entrada.
- 16.- Salida del Generador de Barrido (Tracking Gen Out).- Es la señal de salida del generador que barre la frecuencia sintonizada del analizador de espectro. La señal puede usarse para mediciones de respuesta de frecuencia o para excitar un contador de frecuencia para mediciones exactas de frecuencia. La señal de salida también sirve para calibrar el desplegado a la amplitud absoluta.
- 17.- Oprimir para presentar las Marcadoras de 20 Khz (Push for 20 Khz Markers).- Coloca frecuencias marcadoras controladas a cristal con espaciamiento de 20 Khz sobre el TRC. Estas frecuencias son exactas al 0.01% y son útiles para calibrar el eje de frecuencia.
- 18.- Salida para Calibración (Cal Output).- Proporciona una señal de 30 Mhz a -30 dbm para calibrar otras secciones de sintonía (8553B, 8554L, 8555A).
- 19.- Salida para la Elevación de la Plumilla. Entrada para Borrado de Disparo (Pen Lift Output, Trig/Blank Input).- Proporciona una señal de +14 V para la elevación de la plumilla para usarla con graficadores X-Y durante el retorno en los Modos de Trazo Simple e Interno con Disparo Automático de Trazo, por Línea, o por Vídeo. Sirve también como conector de entrada para la señal externa de borrado en el Modo Trazo Externo. Cuando se selecciona Disparo de

Trazo Externo, se convierte en conector de entrada para la señal de disparo externo.

20.- Salida Vertical (Vertical Output).- Ofrece una salida proporcional a la deflexión vertical del TRC. Aproximadamente de 100 mV por la mayor división, con una impedancia de salida de 100 ohm.

21.- Entrada/Salida del Trazo (Scan In/Out).- Ofrece un voltaje de salida proporcional a la deflexión horizontal del TRC. 0 volts es igual al centro de la pantalla con 1 volt por división (pantalla completa de -5 a +5 V). El voltaje de salida está disponible en los Modos de Trazo Interno, Manual, y Simple. En el modo Trazo Externo, el conector se usa como entrada para una señal de trazo externo de 0 a +8 V.

22.- Ajuste del Desplegado (Display Adjust).- Estos controles ajustan la ganancia del circuito de deflexión y los niveles de corrimiento para acoplar la sección de FI a una particular sección de desplegado.

23.- Nivel Logarítmico de Referencia. Sensibilidad Lineal (Log Ref Level. Linear Sensitivity).- Estos controles establecen la calibración absoluta de amplitud sobre el desplegado del TRC. En los modos 10 db Log o 2 db Log, la suma de las dos posiciones de los controles determina el Nivel Logarítmico de Referencia (la línea superior de la cuadrícula sobre el TRC). En el modo Lineal, el producto de las dos posiciones determina el factor de escala del TRC en volts por división.

24.- Selector 2 db Log/10 db Log/Lineal (2 db Log/10 db Log/Linear).- Selecciona el modo de desplegado para despliegue logarítmico con factores de escala de 10 db por división o 2 db por

división, o para despliegue Lineal con el factor de escala dado por la Sensibilidad Lineal.

25.- Disparador de Trazo (Scan Trigger).- Selecciona el disparo de sincronización cuando está en la posición Modo de Trazo Interno con cualquiera de las siguientes posiciones:

- Automático (Auto).- Trazo libre de amarre.
- Línea (Line).- Trazo sincronizado a la frecuencia de la línea.
- Externo (Ext).- Trazo iniciado por pulsos externos positivos o negativos (de 2 a 20 volts) aplicados a la Entrada para Borrado de Disparo.
- Video.- Trazo interno sincronizado con la envolvente de la señal de R.F. Se requiere de una amplitud mínima de señal de 1.5 divisiones pico a pico para la sección de despliegado del TRC.

26.- Modo del Trazo (Scan Mode).- Selecciona la fuente del trazo.

- Interna (Int).- El analizador es recorrido repetitivamente por una señal de rampa generada internamente; la sincronización es seleccionada por el Disparador de Trazo. La lámpara Trazo (Scanning) indica el tiempo durante el cual es recorrida la pantalla del analizador.
- Externa (Ext).- El trazo está determinado al aplicar externamente una señal de 0 a +8 V al conector Entrada/Salida del Trazo.
- Manual (Man).- El trazo está determinado por el control Trazo Manual; proporciona un trazo continuamente variable a través del TRC en una u otra dirección.
- Simple (Single).- Inicia un solo trazo por medio del botón de presión en el panel frontal. La lámpara Trazo indica el tiempo durante el cual está siendo recorrida la pantalla del TRC.

- 27.- Cuando se selecciona el Modo de Trazo Simple, inicia o restablece el trazo.
- 28.- Tiempo del Trazo. Por División (Scan Time Per Division).- Selecciona el tiempo requerido para realizar un trazo sobre la pantalla del TRC. El control también actúa como base de tiempo para la operación en el dominio del tiempo en el modo Trazo Cero.
- 29.- Filtro de Video (Video Filter).- Es un filtro pasabajas postdetección para un promedio efectivo de las señales distribuidas tales como el ruido. Tiene anchos de banda seleccionables de 10 KHz, 100 Hz, y 10 Hz; el ancho de banda nominal es de 400 KHz en la posición Desconectado (Off).
- 30.- Recortador de la Línea de Base (Base Line Clipper)
.- Permite el borrado del área de la línea de base brillante del TRC para una mejor fotografía y un mejor despliegado de los fenómenos transitorios.
- 31.- Trazo Manual (Manual Scan).- Controla manualmente el trazo horizontal del analizador de espectro.
- 32.- Calibración de 10 V y 1 V (Cal 10V and 1V).- Genera una onda cuadrada de 10 V o 1 V para calibrar en el dominio del tiempo solamente para los conectores de entrada.
- 33.- Enfoque (Focus).- Enfoca el haz del TRC para la mejor definición.
- 34.- Localización del Haz (Beam Finder).- Regresa el trazo del TRC al centro de la pantalla sin tomar en consideración los potenciales de deflexión.
- 35.- Conversión a No Almacenamiento (Nonstorage Conv).- Elimina las características de almacenamiento y de persistencia variable del TRC. La persistencia es la del fósforo normal P31.

- 36.- Intensidad (Intensity).- Ajusta la intensidad del trazo sobre el TRC.
- 37.- Borrado (Erase).- Borra el TRC en los modos de operación Normal y Escritura a Rápida Velocidad (Writing Speed Fast, Std); ahora el TRC está listo para registrar nuevos trazos.
- 38.- Persistencia (Persistence).- Ajusta la proporción de desvanecimiento del trazo desde 0.1 segundo a más de 2 minutos en los modos de operación Normal y Escritura a Rápida Velocidad.
- 39.- Escritura a Rápida Velocidad, y Normal (Writing Speed Fast, Std).- Estos controles seleccionan la velocidad de escritura sobre el TRC en el modo de operación Persistencia. El modo Escritura a Velocidad Normal casi siempre es seleccionado para aplicaciones de análisis espectral.
- 40.- Tiempo de Almacenamiento (Store Time).- Controla el tiempo de almacenamiento y la brillantez relativa del desplegado en el modo de operación Almacenamiento. Se tiene un tiempo de almacenamiento de más de 2 minutos a máxima brillantez, y de más de 2 hrs a mínima brillantez.
- 41.- Almacenamiento (Store).- Almacena el desplegado sobre el TRC para una visión prolongada o para una fotografía.
- 42.- Alimentación (Power).- Controla la alimentación del analizador de espectro.
- 43.- Astigmatismo (Astig).- Ajusta la forma del haz sobre el TRC.
- 44.- Alineación del Trazo (Trace Align).- Se usa para ajustar el trazo del TRC y alinearlos con las líneas horizontales de la cuadrícula.
- 45.- Cuadrícula del TRC con escalas Lineal (Lin) y Logarítmica (Log).- La Referencia Logarítmica (Log Ref) es el nivel usado para

referir la amplitud de las señales desplegadas en el modo Logarítmico. La amplitud en el desplegado Lineal está referido a la línea de base.

Operación del Analizador de Espectro

Una buena operación del Analizador de Espectro requiere que se cumplan lo mejor posible, los siguientes pasos:

- 1.- Ajustar el analizador al rango apropiado de frecuencia para la adecuada resolución.

Para lograr lo anterior, existen 3 formas para fijar el trazo de frecuencia. Si se selecciona el modo 0-10f, el analizador recorre desde frecuencia "cero" hasta el límite superior establecido por el control "Por División"; es decir, si el control está en la posición 10 Khz, el analizador recorrerá la pantalla de 0 a 100 Khz, con 10 Khz por división. Si se escoge el modo "Ancho de Trazo. Por División", el trazo de frecuencia es simétrico alrededor de la "Frecuencia Central" sintonizada por el control de "Frecuencia". Finalmente, si se escoge el modo "Cero", el analizador se comporta como un receptor de sintonía fija a la frecuencia indicada en el cuadrante de la "Frecuencia Central".

Una vez que se ha escogido el trazo adecuado de frecuencia, se selecciona la resolución adecuada. Cuando se usan anchos de banda angostos, la resolución aumenta, por lo que se debe disminuir el tiempo del trazo hasta que se apague la lámpara de "Desplegado

Descalibrado", indicando que se tiene un ajuste adecuado, y un desplegado correcto.

2.- Ajustar la escala de amplitud según la aplicación.

Una vez que se tiene la señal deseada sobre la pantalla del TRC, su amplitud debe ajustarse para dar la óptima amplitud sobre la cuadrícula.

Si se desea medir potencia poner el interruptor Dbm-DbV a la posición Dbm, Teniendo cuidado de terminar la entrada con la impedancia adecuada (50 ohm o 600 ohm). Si se desea medir voltaje poner el interruptor Dbm-DbV a la posición DbV para una lectura logarítmica, si se desea lectura lineal, colocar el interruptor Log-Lin a la posición "Lineal". A continuación poner los controles "Nivel Logarítmico de Referencia" y "Sensibilidad Lineal" para presentar el despliegue deseado. Cuando los controles anteriores están en las posiciones -10 Dbm/DbV y -60 Dbm/DbV, se tiene un amplio rango de medición, y el control "Nivel de Entrada" ajusta la amplitud de la señal grande en la línea horizontal superior de la pantalla.

3.- Completar las mediciones e interpretar los resultados.

Según de familiarice con la teoría relativa a la transformada de Fourier, y con los controles del analizador de espectro, mejores resultados se obtendrán.

Mediciones de Respuesta de Frecuencia haciendo uso del Generador de Barrido

El generador de barrido es una fuente de señal de respuesta plana cuya frecuencia de salida recorre la frecuencia sintonizada del analizador de espectro, y se usa para medir la respuesta en frecuencia de algún dispositivo bajo prueba. Dicho dispositivo deberá estar conectado en la trayectoria de la señal, entre la "Salida del Generador de Barrido" y la "Entrada del Analizador".

Se pueden conectar terminaciones de 50 ohm o de 600 ohm, si el dispositivo bajo prueba lo requiere; si los dispositivos son de alta impedancia, se pueden conectar directamente a la entrada del analizador.

Cuando se usa el generador de barrido, se recomienda angostar el "Ancho de Banda" para mejorar el rango dinámico, y enlentecer el "Tiempo del Trazo" hasta que la amplitud desplegada permanezca constante. En la mayoría de las mediciones la lámpara "Desplegado Descalibrado" no se toma en cuenta.

PRÁCTICA INTRODUCTORIA
"EL ANALIZADOR DE ESPECTRO"

OBJETIVO

Introducir al alumno en la teoría y funcionamiento del Analizador de Espectro.

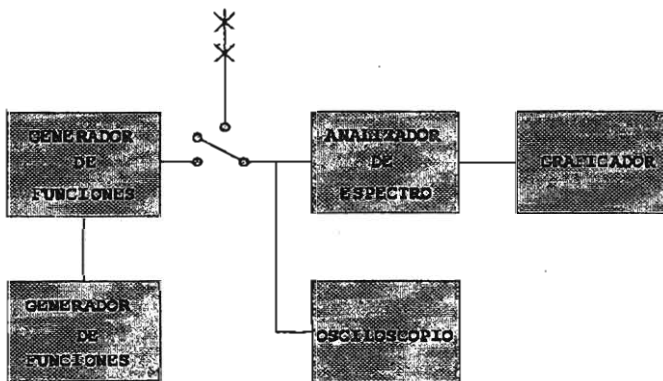
INTRODUCCION

Describir la síntesis y análisis de señales complejas tomando como referencia la Transformada de Fourier. Describir el funcionamiento de un analizador de espectro, y sus aplicaciones en el campo de las comunicaciones.

EQUIPO EMPLEADO

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| - Dos generadores de funciones | - Un osciloscopio |
| - Un analizador de espectro | - Un graficador |
| - Una antena para MAF-TV | |

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DESARROLLO DE LA PRACTICA.

Conectar el equipo empleado, tal como se indica en el diagrama de conexiones, y energizarlo.

a) Señal generada localmente.

a-1.- Del generador de funciones seleccionar una señal senoidal de 10 KHz con 0.5 Vpp y observarla tanto en el analizador de espectro como en el osciloscopio.

a-2.- Del generador de funciones seleccionar una señal de un tren de pulsos con un ciclo de trabajo de $\frac{1}{4}$ y una amplitud de 0.5 Vpp. Observarla en el dominio del tiempo y de la frecuencia, y graficarla.

a-3.- Del generador de funciones seleccionar una señal senoidal de 30 KHz con amplitud de 0.5 Vpp. que esté modulada en amplitud al 50% por una señal senoidal de 3 KHz, y observar su contenido espectral.

a-4.- Del generador de funciones seleccionar una señal senoidal de 30 KHz con una amplitud de 0.5 Vpp que esté modulada en frecuencia al porcentaje adecuado con una señal de 3 KHz. Observar y graficar su espectro.

b) Señal generada a distancia.

b-1.- Conectar la antena de MAF-TV al analizador de espectro y observar el contenido espectral de las estaciones radiodifusoras tanto de TV como de FM, que en ese momento se encuentran al aire.

INTERCAMBIO DE OPINIONES Y CONCLUSIONES.

PRÁCTICA No 1
ANÁLISIS DE FOURIER

OBJETIVO

Capacitar al alumno en el uso y manejo del Analizador de Espectro, utilizando señales senoidales, triangulares, y un tren de pulsos.

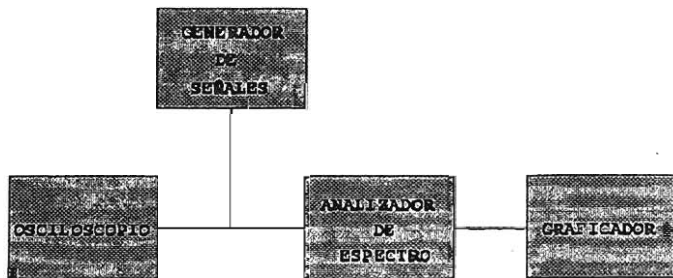
INTRODUCCION

Describir una señal periódica, una señal no periódica, y determinar por medio de la Transformada de Fourier el contenido espectral de las señales más comúnmente empleadas en el área de las comunicaciones.

EQUIPO EMPLEADO

- | | |
|--------------------------|----------------|
| - Analizador de Espectro | - Osciloscopio |
| - Generador de Funciones | - Graficador |
| - Generador de Pulsos. | |

DIAGRAMA DE CONEXIONES



Conecte el equipo empleado tal como se indica en el diagrama de conexiones, y energícelo.

a) Señal senoidal.

a-1.- Obtenga del generador de funciones, una señal senoidal de 20 Khz (2 Khz) con una amplitud de 0.5 volt pico a pico. Observe la señal tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Determine su contenido espectral y gráfiquelo.

a-2.- Repita el experimento, ahora con una señal de 30 Khz (3 Khz) y una amplitud de 0.5 Vpp.

b) Tren de pulsos

b-1.- Obtenga del generador de funciones, un tren de pulsos con una frecuencia de 20 Khz (2 Khz), y una amplitud de 0.5 Vpp con un ciclo de trabajo de 1/4. Observe la señal tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, y grafique el espectro obtenido.

b-2.- Repita el experimento, ahora con un tren de pulsos de 30 Khz (3 Khz), amplitud de 0.5 Vpp y un ciclo de trabajo de 1/2.

b-3.- Repita el experimento, ahora con un tren de pulsos de 30 Khz (3 Khz), amplitud de 0.5 Vpp y un ciclo de trabajo de 1/4.

c) Señal triangular.

c-1.- Obtenga del generador de señales, una señal triangular simétrica con frecuencia de 20 Khz (2 Khz), amplitud de 0.5 Vpp. Observe en el dominio del tiempo y de la frecuencia, y grafique el espectro obtenido.

c-2.- Repita el experimento anterior, ahora con una señal asimétrica.

c-3.- Repita el experimento, ahora con una señal simétrica con frecuencia de 30 Khz (3 Khz), y amplitud de 0.5 Vpp.

TAREA

1.- Calcule el contenido espectral del ejercicio a-1 y compárelo con el obtenido en la práctica.

2.- Dé una explicación de las diferencias que observe en las gráficas de los ejercicios a-2 y b-2.

3.- Dé una explicación de las diferencias que observe en las gráficas de los ejercicios b-2 y b-3.

4.- Dé una explicación de las diferencias observadas en las gráficas de los ejercicios a-1 y c-1.

5.- Explique las diferencias que encuentre en las gráficas de los ejercicios c-1 y c-2.

6.- Diseñe 4 filtros activos. Un pasabanda con frecuencia central de 34 Khz y un ancho de banda de 10 Khz, un pasabanda con frecuencia central de 39 Khz y un ancho de banda de 10 Khz, un pasabanda con frecuencia central de 44 Khz con un ancho de banda de 10 Khz, y un filtro pasabajas con frecuencia de corte de 5 Khz.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Reportar observaciones y conclusiones de la práctica.

Nota.- Traer armados los filtros diseñados para usarlos en la siguiente práctica.

PRÁCTICA No. 2

FILTROS

OBJETIVO

Que el alumno comprenda y conozca el uso y funcionamiento de los diferentes filtros usados en el Area de Comunicaciones.

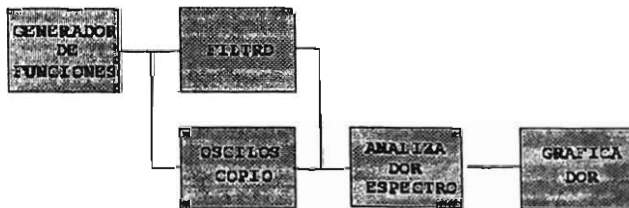
INTRODUCCION

Describir los diferentes tipos de filtros de acuerdo a la banda de operación; así como las principales características de un filtro activo, pasivo, a cristal, y electromecánico. Además, describir las principales aplicaciones en el campo de las comunicaciones.

EQUIPO EMPLEADO

- Generador de funciones
- Analizador de espectro
- Fuentes de C.D. variables
- Osciloscopio
- Módulos de filtros pasabajas y pasabandas
- Graficador

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En esta parte de la práctica se usarán los filtros activos diseñados por los alumnos, y se comprobará su comportamiento en el dominio de la frecuencia.

a) Filtro Activo Pasabajas

a-1.- Del generador de funciones obtenga una señal senoidal con una amplitud de 1 Vpp y alimente al filtro con esta señal. Varíe la frecuencia desde 50 Hz hasta 10 Khz en valores discretos y anote el valor de la amplitud de salida para cada frecuencia observada en el osciloscopio.

Haga una gráfica con los valores de amplitud obtenidos contra la frecuencia, en papel semilogarítmico, e identifique la frecuencia de corte.

a-2.- Ahora alimente al filtro con la señal de barrido del analizador de espectro y compruebe los datos obtenidos en el inciso anterior.

a-3.- Obtenga del generador de funciones un tren de pulsos de 1 Vpp con una frecuencia de 500 Hz. y un ciclo de trabajo de $\frac{1}{2}$ y aplíquelo al filtro. Observe la señal tanto a la entrada como a la salida, sobre el osciloscopio y el analizador de espectro. Grafique ambas señales.

a-4.- Repita el inciso anterior, pero ahora con un ciclo de trabajo de $\frac{1}{4}$. Grafique ambas señales.

b) Filtros Activos Pasabanda

b-1.- Del generador de funciones obtenga una señal senoidal con una amplitud de 1 Vpp y alimente al filtro.

con esta señal. Varíe la frecuencia desde 5 KHz. hasta 100 KHz. en valores discretos y anote el valor de la amplitud de salida para cada frecuencia observada en el osciloscopio. Haga una gráfica con los valores de amplitud obtenidos contra la frecuencia, en papel semilogarítmico, e identifique el ancho de banda del filtro, y las frecuencias central y de corte.

b-2.- Ahora alimente al filtro con la señal de barrido del analizador de espectro y compruebe los datos obtenidos en el inciso anterior.

b-3.- Repita los incisos b-1 y b-2 para cada uno de los filtros pasabanda diseñados.

RESULTADOS

Reporte los resultados obtenidos en cada filtro y explique las gráficas obtenidas.

TAREA

- 1.- Determine de la gráfica obtenida el valor de la pendiente del filtro pasabajas en db/octava. Explique cómo lo obtuvo.
- 2.- Dibuje y describa el espectro del filtro pasabajas, si se alimenta con una señal rectangular de 500 Hz. con un ciclo de trabajo de 1/8.
- 3.- Dibuje y describa un diagrama en bloques de un sistema que emplee filtros como los que usted diseñó.
- 4.- Explique, ¿qué es una señal de barrido?.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

NOTA.- Para la siguiente sesión, traer armados los circuitos indicados en la práctica 3, así como los filtros de esta práctica.

PRÁCTICA No 3

MODULACIÓN EN AMPLITUD

OBJETIVO

Familiarizar al alumno con los diferentes tipos de modulación en amplitud que existen, así como en los métodos para recuperar la información de una señal modulada en amplitud.

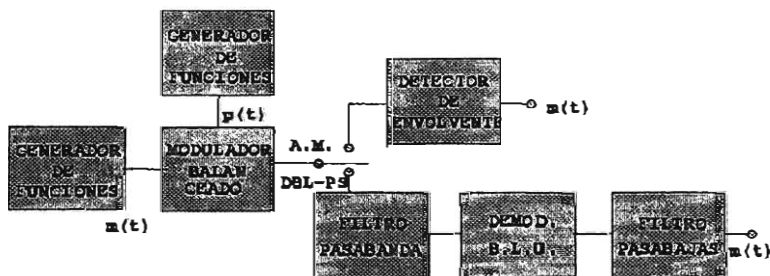
INTRODUCCION

Describir una señal de amplitud modulada, una señal de doble banda lateral, y una señal de banda lateral única. Describir los tipos de detección de una señal modulada.

EQUIPO EMPLEADO

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| - 2 Generadores de funciones | - 2 Fuentes de C.D. |
| - 1 Modulador balanceado LM1496 | - Osciloscopio |
| - 1 Demodulador de BLU LM1496 | - Graficador |
| - Analizador de espectro | - 1 Filtro pasabajas |
| - 1 Filtro pasabanda. Fc 39 Khz | - 1 Detector OA79. |

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Energice los aparatos a emplear y alimente al modulador y demodulador de BLU con las fuentes de C.D.

a) Generación de Amplitud Modulada (A.M.)

Alimente al modulador balanceado con los generadores de funciones bajo las siguientes condiciones:

$$\begin{array}{ll} A_m = 0.3 \text{ Vpp} & f_m = 4 \text{ Khz} \\ A_p = 0.3 \text{ Vpp} & f_p = 35 \text{ Khz.} \end{array}$$

Desbalancee el modulador a un punto tal del potenciómetro, hasta que la portadora (observándola en el analizador de espectro) alcance su valor máximo.

Observe en el dominio del tiempo y en el de la frecuencia la señal de amplitud modulada y gráfiquela. Indique el porcentaje de modulación obtenido.

b) Demodulación de A. M.

Manteniendo las condiciones anteriores, conecte la salida del modulador balanceado a la entrada del diodo detector de envolvente. Indique lo que observa.

c) Doble Banda Lateral

Desconecte el diodo demodulador, y balancee el modulador a un punto tal del potenciómetro hasta que la señal portadora esté totalmente suprimida (observándola en el analizador de espectro). Al estar balanceando el modulador, observe simultáneamente la señal en el osciloscopio e indique qué sucede durante el ajuste. Grafique la señal resultante

d) Banda Lateral Unica

Utilice el modulador balanceado ajustado para doble banda lateral con portadora suprimida, pero ahora conecte la salida a la entrada del filtro pasabanda activo y observe la señal obtenida en el analizador de espectro y en el osciloscopio. Grafique la señal obtenida.

e) Demodulación de B.L.U.

Usando las mismas condiciones del inciso anterior, conecte la salida del filtro pasabanda a la entrada del circuito demodulador de B.L.U., y observe la salida de éste. Dé una explicación de lo que sucedió.

f) Filtrado de la Información

Conecte la salida del demodulador de B.L.U. al filtro pasabajas e indique lo que observe.

RESULTADOS

Explique los resultados obtenidos en cada experimento, tomando como referencia las gráficas realizadas.

TAREA

- 1.- Explique en qué consiste la modulación en amplitud, y porqué es necesaria la modulación.
- 2.- Explique otro método para recuperar la información de una señal de A.M.
- 3.- ¿Qué ventaja existe al utilizar BLU en lugar de AM?

- 4.- Dibuje y describa el espectro que se obtiene si en un modulador balanceado se tiene $f_m = f_p$.
- 5.- Describa otro método para generar BLU.
- 6.- ¿Qué significa "Demodulación Coherente"?
- 7.- Diseñe un amplificador sumador y ármelo, ya que será usado en la siguiente práctica.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Reporte sus conclusiones y observaciones de tipo personal.

NOTA.- Para la siguiente práctica, traer armados los filtros diseñados (2 pasabandas de 44 Khz, 1 pasabanda de 39 Khz, 2 pasabanda de 34 Khz, y 2 pasabajas de 5 Khz) así como 2 moduladores, 2 demoduladores, y el amplificador sumador.

PRÁCTICA No 4

MULTICANALIZACIÓN EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

OBJETIVO

Introducir al alumno en el manejo de varios canales de información en forma simultánea, por medio de la multicanalización en el dominio de la frecuencia.

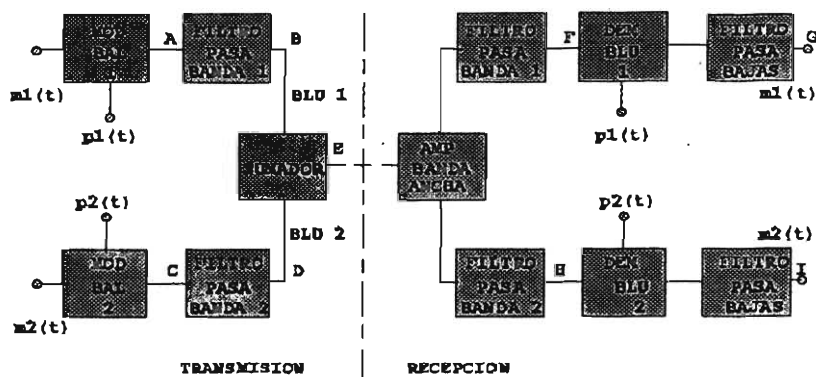
INTRODUCCIÓN

Describir un sistema telefónico de multicanalización en el dominio de la frecuencia.

EQUIPO EMPLEADO

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| - Analizador de Espectro | - Osciloscopio |
| - 4 Generadores de Funciones | - 2 Fuentes de C.D. |
| - 2 Moduladores Balanceados | - 4 Filtros Pasabanda |
| - 2 Demoduladores de BLU | - 2 Filtros pasabajas |
| - 1 Amplificador de banda ancha | - 1 Circuito sumador |

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Energice los aparatos a emplear y polarice adecuadamente los circuitos de la práctica.

a) Transmisión

Después de polarizar los circuitos de la presente práctica, alimente los circuitos con las siguientes señales:

Señal	Amplitud	Frecuencia
$m1(t)$	300 mV	4 KHz
$m2(t)$	300 mV	4 KHz
$p1(t)$	300 mV	30 KHz
$p2(t)$	300 mV	40 KHz

Por medio del osciloscopio y del analizador de espectro, verifique que en los siguientes puntos, se tiene:

Punto A.- Que la portadora $p1(t)$ de 30 KHz esté totalmente suprimida.

Punto B.- Que la banda lateral única 1 observada corresponda a la banda lateral superior de 34 KHz.

Punto C.- Que la portadora $p_2(t)$ de 40 KHz, esté totalmente suprimida.

Punto D.- Que la banda lateral única 2 observada, corresponda a la banda lateral superior de 44 KHz.

Si alguno de los puntos anteriores no se cumple, realice los ajustes necesarios.

Observe por medio del osciloscopio y del analizador de espectro la señal obtenida en el punto E, gráfíquela y explique que sucedió.

A continuación, conecte la salida del sumador al amplificador de banda ancha, por medio de una línea de transmisión.

b) Recepción

Por medio del analizador de espectro y del osciloscopio, verifique que se cumpla lo siguiente:

Punto F.- Que la salida del filtro pasabanda 1, corresponda a la banda lateral única 1 de 34 KHz con una amplitud máxima de 500 mV.

Punto G.- Que la señal observada corresponda a $m_1(t)$ de 4 KHz.

Punto H.- Que la salida del filtro pasabanda 2 corresponda a la banda lateral única de 44 KHz.

Punto Y.- Que la señal de salida del filtro pasabajos corresponda a $m_2(t)$ de 4 KHz.

Observe las señales obtenidas tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, y explique qué sucede

RESULTADOS

Haga una tabla de los resultados obtenidos y esquematice los espectros de frecuencia observados.

TAREA

- 1.- Describa un canal telefónico.
- 2.- ¿Qué entiende por señalización fuera de banda?.
- 3.- ¿Para qué sirve la señalización?.
- 4.- Describa el "Grupo Básico B".
- 5.- Describa otra aplicación de la multicanalización en el dominio de la frecuencia.
- 6.- ¿Cuál es la función de un generador de armónicas en un sistema telefónico?.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

NOTA.- Para la siguiente sesión, traer armado un amplificador de audio, con bocina y micrófono.

PRÁCTICA No 5
MODULACIÓN EN FRECUENCIA

OBJETIVO

Que el alumno comprenda el proceso de modulación y demodulación de frecuencia, en forma experimental.

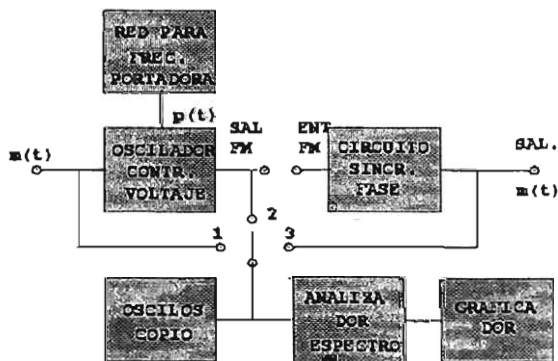
INTRODUCCIÓN

Describir el proceso modulación-demodulación de una señal modulada en frecuencia.

EQUIPO EMPLEADO

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| - Modulador de F.M. LM565 | - Generador de funciones |
| - Demodulador de F.M. LM566 | - Analizador de espectro |
| - Fuentes de C.D. | - Graficador |

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Energice los aparatos a emplear y alimente los circuitos indicados con las fuentes de C.D.

a) Generación de la señal portadora

Sin aplicar modulación al circuito modulador, observe a la salida del oscilador controlado por voltaje la señal portadora tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Indique el tipo de señal generada y su frecuencia

b) Generación de Frecuencia Modulada

Alimente al circuito oscilador controlado por voltaje con el generador de funciones, bajo las siguientes condiciones:

$A_m = 0.3 \text{ Vpp}$; $F_m = 10 \text{ KHz}$; Señal senoidal

Manteniendo el conmutador en la posición 2, observe la señal de frecuencia modulada tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, y grafíquela.

Calcule la desviación de frecuencia, el ancho de banda, y el índice de modulación (Puede hacer uso de la tabla de las funciones de Bessel. Ver apéndice).

Repita el experimento con:

$A_m = 0.3 \text{ Vpp}$; $F_m = 5 \text{ KHz}$; Señal senoidal

$A_m = 0.8 \text{ Vpp}$; $F_m = 5 \text{ KHz}$; Señal senoidal

e indique el comportamiento de la señal generada al variar tanto la amplitud como la frecuencia de la señal moduladora.

Determine el ancho de banda, el índice de modulación y la desviación de frecuencia en cada caso.

c) Demodulación de la señal modulada en frecuencia

Alimente al circuito modulador con:

Am 0.3 Vpp ; Fm = 5 KHz ; Señal senoidal

Conecte la salida del modulador a la entrada del demodulador y observe la señal en el punto 3. Grafique la señal obtenida e indique lo que observa en el analizador de espectro y en el osciloscopio.

Ahora alimente al circuito modulador con una señal de audio (micrófono) y observe la señal obtenida en el punto 2. Explique lo que observa tanto en el osciloscopio como en el analizador de espectro. A continuación conecte el amplificador de audio al punto 3 y verifique que se escucha la señal del micrófono.

TAREA

- 1.- ¿Qué diferencia existe entre los índices de modulación en A.M. y F.M.?
- 2.- ¿Cómo es el espectro de una señal modulada en frecuencia para índices de modulación muy bajos? (menor de 0.5)
- 3.- ¿En F.M., la señal moduladora añade potencia a la señal portadora? Explique.
- 4.- ¿Cuál es la diferencia entre una señal modulada en frecuencia y una señal modulada en fase?
- 5.- Explique el funcionamiento del circuito de Sincronización por Fase como demodulador.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Reporte sus observaciones personales.

NOTA.- Para la siguiente sesión, traer armados los circuitos indicados en la práctica 6.

PRÁCTICA No 6
LA SEÑAL ESTEREO

OBJETIVO

Que el alumno integre sus conocimientos sobre Modulación y Demodulación de Amplitud Modulada, Filtros activos, y Multicanalización en el Dominio de la Frecuencia, para generar una señal de banda base que será utilizada como modulación en Frecuencia Modulada.

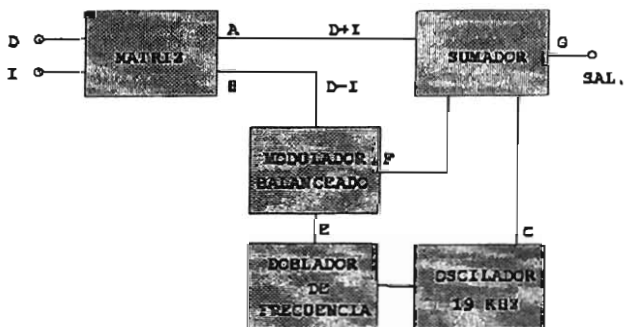
INTRODUCCIÓN

Describir la generación y recuperación de una señal estéreo.

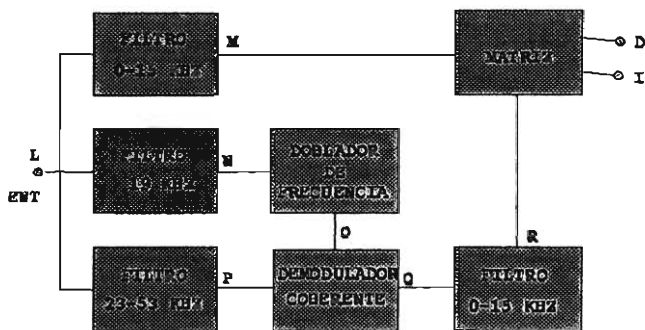
EQUIPO EMPLEADO

- Analizador de Espectro
- Osciloscopio
- 2 Generadores de Funciones
- Fuentes de C.D.
- Los circuitos indicados (Apéndice)
- Graficador

DIAGRAMA DE CONEXIONES



Generación de la Señal Estéreo



Recuperación de la Señal Estéreo

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Energice los aparatos a emplear, y alimente los circuitos indicados con las fuentes de C.D.

a) Generación de la Señal Estéreo

Alimente al canal derecho (D) del matrizador con una señal senoidal de 5 KHz con una amplitud de 0.3 Vpp y al canal izquierdo (I) con una señal senoidal de 0.3 Vpp de 3 KHz.

Observe en el dominio del tiempo y de la frecuencia la señal obtenida en el punto A, y esquematícela.

Observe la señal obtenida en el punto B, tanto en el osciloscopio como en el analizador de espectro, y haga una gráfica.

Verifique que en el punto C, se tiene una señal senoidal de 19 KHz.

Verifique que en el punto E se tiene una señal senoidal de 38 KHz, de no ser así balancee el circuito asociado hasta lograrlo.

Observe la salida del modulador balanceado en el punto F y grafique el espectro obtenido de la señal diferencia; si no obtiene la salida deseada haga los ajustes necesarios.

Compruebe que a la salida del sumador (punto G) se tiene una señal estéreo. Haga una gráfica del espectro obtenido.

b) Recuperación de la Señal Estéreo

Conecte el punto G al punto L y observe tanto en el osciloscopio como en el analizador de espectro, la señal suma a la salida del filtro de 0 a 15 Khz (punto M) y gráfiquela.

Observe y compruebe que a la salida del filtro de 19 Khz (punto N), se tiene la señal piloto de 19 Khz.

Observe que a la salida del doblador de frecuencia de 38 Khz, se tiene una señal senoidal de la frecuencia indicada.

Observe y grafique la señal que se obtiene a la salida del filtro de 23 a 53 Khz (punto P) y que debe ser la doble banda lateral con portadora suprimida de la señal diferencia.

Observe el espectro obtenido a la salida del demodulador coherente (punto Q), y gráfiquelo.

Verifique que a la salida del filtro de 0 a 15 Khz (punto R) se obtiene la señal diferencia.

Compruebe finalmente, que a la salida del matrizador se han recuperado los canales derecho (D) e izquierdo (I), de 5 Khz y 3 Khz respectivamente.

RESULTADOS



2894197

Dé una explicación de los espectros de frecuencia obtenidos durante la presente práctica.

TAREA

- 1.- Explique las diferencias entre una señal monaural y una señal estéreo.
- 2.- Indique los niveles que deben tener las señales suma, diferencia y piloto, para lograr el 100% de modulación.
- 3.- ¿Se requiere de algún tipo de red de retardo para la generación de una señal estéreo?, ¿porqué?.
- 4.- Explique en qué consiste una señal cuadrafónica.
- 5.- ¿Se puede enviar otro tipo de información junto con la señal estéreo?, explique.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Reporte sus observaciones y conclusiones desde su punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

- Hewlett Packard. Audio Frequency Measurements with the 856A-8552B Spectrum Analyzer. Application Note 134.
- Hewlett Packard. Spectrum Analysis. Spectrum Analyzer Basics. Application Note 150.
- Hewlett Packard. Spectrum Analysis. Amplitude and Frequency Modulation. Application Note 150-1.
- Hewlett Packard. Spectrum Analysis. Pulsed RF. Application Note 150-2.
- Cooper W. Helfrick A. Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA. México 1991; Cap 9.
- Pérez F. Apuntes de Comunicaciones II. De. UAM. Azcapotzalco. 1987.
- Oki Electric. Sistema Múltiplex por División de Frecuencia de 24 canales.
- Coughlin R. Driscoll F. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. Prentice-Hall Hispanoamericana SA. 1993; Cap 11.
- National Semiconductor Handbook. LM386, LM565, LM566.
- Texas Instruments. The Linear Control Circuits Data Book. uA 741.
- Motorola Semiconductor Products Inc. MC1496-MC1596.

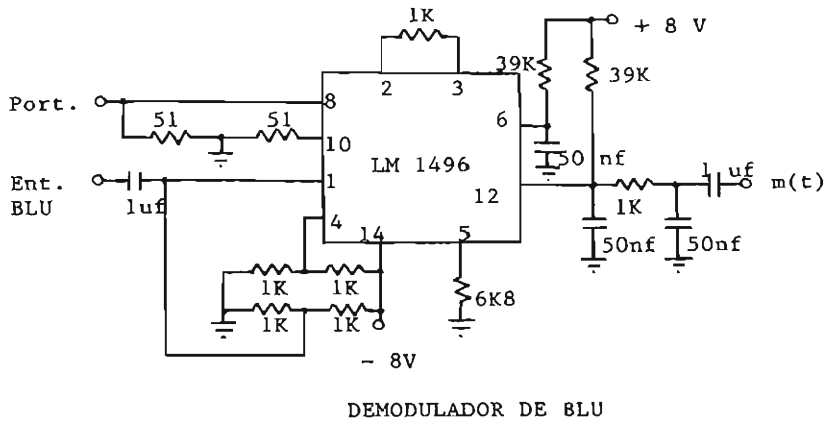
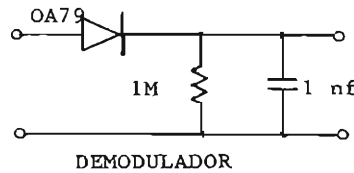
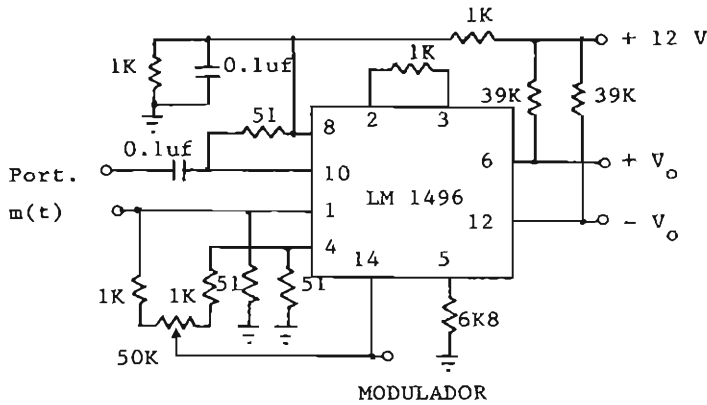
A P E N D I C E

TABLA DE LAS FUNCIONES DE BESSEL

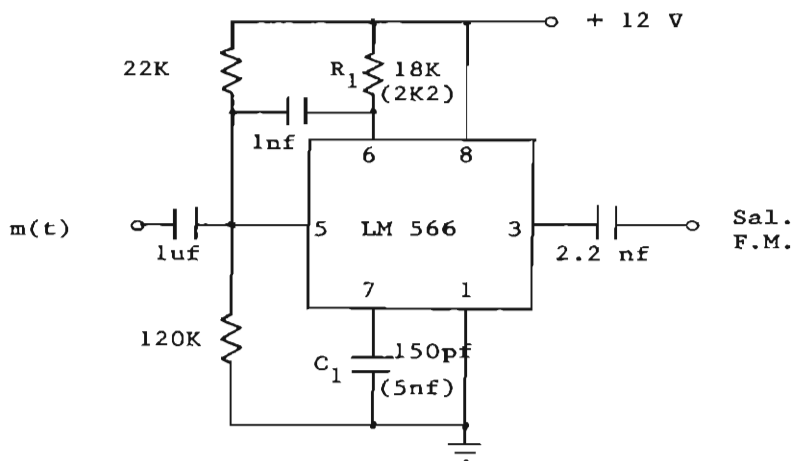
β	Amplitudes de portadora y frecs. laterales	B
0.01	100; 0.5	2fm
0.02	99.99; 1	2fm
0.03	99.98; 1.5	2fm
0.04	99.96; 2	2fm
0.05	99.94; 2.5	2fm
0.1	99.75; 4.99	2fm
0.2	99.00; 9.95	2fm
0.3	97.76; 14.83	2fm
0.4	96.04; 19.60	2fm
0.5	93.85; 24.23; 3.1	4fm
1	76.52; 44.01; 11.49; 1.96	6fm
2	22.39; 57.67; 35.28; 12.89; 3.4	8fm
3	26; 33.91; 48.61; 30.91; 13.2; 4.3; 1.14	12fm
4	39.71; 6.6; 36.41; 43; 28.11; 13.21; 4.91; 1.52	14fm
5	17.76; 32.76; 4.66; 36.48; 39.12; 26.11; 13.1; 5.34; 1.84	16fm
6	15.06; 27.67; 24.29; 11.48; 35.76; 36.21; 24.58; 12.96; 5.65; 2.12	18fm
7	30.01; 0.5; 30.14; 16.76; 15.78; 34.79; 33.92; 23.36; 12.9; 5.9; 2.3	20fm
8	17.17; 23.46; 11.3; 29.11; 10.54; 18.58; 33.76; 32.06; 22.35; 12.63; 6.1; 2.6	22fm
9	9.03; 24.53; 14.48; 18.1; 26.55; 5.5; 20.43; 32.75; 30.51; 21.49; 12.47; 6.2;	

	2.73; 1.1	26fm
10	24.59; 4.35; 25.46; 5.83; 21.96; 23.41; 1.45; 21.67; 31.79; 29.19; 20.75; 12.31; 6.34; 2.9; 1.2	28fm

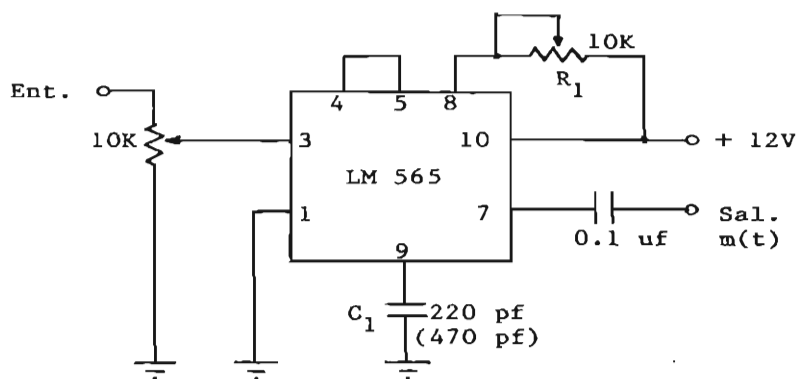
MODULACIÓN EN AMPLITUD



MODULACIÓN EN FRECUENCIA



MODULADOR



DEMODULADOR.

Laboratorio de comunicaciones II La edición estuvo a cargo
Manual de prácticas de la Sección de Producción
Se terminó de imprimir en el mes de y Distribución Editoriales
julio de 2008 en los talleres de la Sección
de Impresión y Reproducción de la Se imprimieron
Universidad Autónoma Metropolitana 200 ejemplares más sobrantes
Unidad Azcapotzalco para reposición.



Formato de Papeleta de Vencimiento

*El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha
señalada en el sello mas reciente*

Código de barras.

2894193

FECHA DE DEVOLUCION

[illegible]

- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro



2894197

ISBN-13: 978-970-654-873-7
ISBN-10: 970-654-873-7



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
VENEZUELA

LIBRERIA
UNIVERSITARIA
CALLE 5A, N° 50-50, LA VILLA
CAROLINA, VENEZUELA