

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**  
**Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y**  
**Electrónica**  
**Departamento de Ingeniería**  
**Sección Electrónica**



***MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE  
FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES***

**Clave Carrera: 130    Clave Asignatura: 1626**

Semestre 2025-1  
Fecha de actualización: julio 2024

**Autores:**    **Ing. Juan González Vega**  
**Ing. Marcelo Bastida Tapia**  
**Ing. Jorge Ramírez Rodríguez**



## CONTENIDO

ÍNDICE		I
OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA		II
OBJETIVOS DEL CURSO EXPERIMENTAL		II
INTRODUCCIÓN		III
REGLAMENTO DE LABORATORIO		III
INSTRUCCIONES PARA ELABORAR EL REPORTE		IV
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		V
Práctica 1	Introducción a ELVIS	1
Práctica 2	Filtros LC Tema 3.2. Filtros resonantes L – C.	7
Práctica 3	Modulación y Demodulación AM Tema 4.2. Modulación de amplitud.	11
Práctica 4	Modulación de AM de Doble Banda con portadora suprimida Tema 4.2. Modulación por amplitud.	14
Práctica 5	Transmisor AM Tema 4.6. Transmisores de alto y bajo nivel.	17
Práctica 6	Amplificador de RF Tema 5.7. Amplificadores de RF y FI.	20
Práctica 7	Modulación en Frecuencia Tema 6.5. Espectro de portadoras con modulación angular.	23
Práctica 8	Transmisor FM Tema 6.8 Moduladores y transmisores de FM.	26
Práctica 9	Demodulador FM Tema 7.4. Demoduladores de frecuencia.	29
Práctica 10	Introducción a Lab-Volt FESTO	32
Apéndice A	Bibliografía	40
Apéndice B	Hojas Técnicas	41



### **OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA**

- Al finalizar el curso será capaz de comprender las diferentes técnicas de modulación analógica empleadas para la transmisión de información inteligente sobre diversos medios físicos.

### **OBJETIVOS DEL CURSO EXPERIMENTAL:**

- Comprender el funcionamiento práctico de los diversos tipos de filtros analógicos y algunas de las aplicaciones.
- Conocer e identificar los diversos tipos de modulaciones analógicas para poder transmitir señales de corto alcance en este tipo de sistemas.

### **INTRODUCCIÓN:**

En los sistemas de comunicaciones es necesario que las señales se puedan transmitir sin que se interfieran unas con otras. Para ello se hace uso de técnicas de modulación, que son las responsables de separar las señales en diversos canales para una adecuada transmisión. Para poder identificar estos canales, en los sistemas de comunicaciones se requieren de filtros que limiten la banda de paso del canal por donde se desea transmitir o recibir la señal, así como para la sintonización del mismo. Es por esto que este laboratorio contempla una serie de prácticas en las cuales se analizan algunos tipos de filtros, así como las técnicas de modulación y demodulación analógica.

Se recomienda al alumno, que para una mayor comprensión de lo que se está desarrollando, realice previo al desarrollo de cada práctica, el análisis y/o la simulación del circuito o sistema, para así conocer el comportamiento del mismo.



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SECCIÓN ELECTRÓNICA</b>
	<b>REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIOS</b>

El presente reglamento de la sección electrónica tiene por objetivo establecer los lineamientos para el uso y seguridad de laboratorios, condiciones de operación y evaluación, que deberán de conocer y aplicar, estudiantes y profesores en sus cuatro áreas: comunicaciones, control, sistemas analógicos y sistemas digitales.

1. Queda estrictamente prohibido, al interior de los laboratorios
  - a) Correr, jugar, gritar o hacer cualquier otra clase de desorden.
  - b) Dejar basura en las mesas de trabajo y/o pisos.
  - c) Fumar, consumir alimentos y/o bebidas.
  - d) Realizar o responder llamadas telefónicas y/o el envío de cualquier tipo de mensajería.
  - e) La presencia de personas ajenas en los horarios de laboratorio.
  - f) Dejar los bancos en desorden y/o sobre las mesas.
  - g) Mover equipos o quitar accesorios de una mesa de trabajo.
  - h) Usar o manipular el equipo sin la autorización del profesor.
  - i) Rayar y/o sentarse en las mesas del laboratorio.
  - j) Energizar algún circuito sin antes verificar que las conexiones sean las correctas (polaridad de las fuentes de voltaje, multímetros, etc.).
  - k) Hacer cambios en las conexiones o desconectar el equipo estando energizado.
  - l) Hacer trabajos pesados (taladrar, martillar, etc.) en las mesas de trabajo.
  - m) Instalar software y/o guardar información en los equipos de cómputo de los laboratorios.
  - n) El uso de cualquier aparato o dispositivo electrónico ajeno al propósito para la realización de la práctica.
  - o) Impartir clases teóricas, su uso es exclusivo para las sesiones de laboratorio.
2. Es responsabilidad del profesor y de los estudiantes revisar las condiciones del equipo e instalaciones del laboratorio al inicio de cada práctica (encendido, dañado, sin funcionar, maltratado, etc.). El profesor deberá generar el reporte de fallas de equipo o de cualquier anomalía y entregarlo al responsable de laboratorio o al jefe de sección.
3. Los profesores deberán de cumplir con las actividades y tiempos indicados en el “cronograma de actividades de laboratorio”.
4. Es requisito indispensable para la realización de las prácticas que el estudiante:
  - a) Descargue el manual completo y actualizado al semestre en curso, el cual podrá obtener en ([http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/))
  - b) Presente su circuito armado en la tableta de conexiones para poder realizar la práctica (cuando aplique), de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.



- c) Realizar las actividades previas y entregarlas antes del inicio de la sesión de práctica, de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
5. Estudiante que no asista a la sesión de práctica de laboratorio será evaluado con cero.
6. La evaluación de cada sesión debe realizarse con base en los criterios de evaluación incluidos en los manuales de prácticas de laboratorio y no podrán ser modificados. En caso contrario, el estudiante deberá reportarlo al jefe de sección.
7. La evaluación final del estudiante en los laboratorios será con base en lo siguiente:
  - a) **(Aprobado) Cuando el promedio total de todas las prácticas de laboratorio sea mayor o igual a 6 siempre y cuando tengan el 90% de asistencia y el 80% de prácticas acreditadas con base en los criterios de evaluación.**
  - b) **(No Aprobado) No cumplió con los requisitos mínimos establecidos en el punto anterior.**
  - c) **(No Presentó) Cuando no asistió a ninguna sesión de laboratorio o que no haya entregado actividades previas o reporte alguno.**
8. Profesores que requieran hacer uso de las instalaciones de laboratorio para realizar trabajos o proyectos, es requisito indispensable que las soliciten por escrito al jefe de sección. Siempre y cuando no interfiera con los horarios de los laboratorios.
9. Estudiantes que requieran realizar trabajos o proyectos en las instalaciones de los laboratorios, es requisito indispensable que esté presente el profesor responsable del trabajo o proyecto. En caso contrario no podrán hacer uso de las instalaciones.
10. Correo electrónico del buzón para quejas y sugerencias para cualquier asunto relacionado con los laboratorios ([seccion\\_electronica@cuautitlan.unam.mx](mailto:seccion_electronica@cuautitlan.unam.mx)).
11. El incumplimiento a estas disposiciones faculta al profesor para que instruya la salida del infractor y en caso de resistencia, la suspensión de la práctica.
12. A los usuarios que, por su negligencia o descuido inexcusable, cause daños al laboratorio, materiales o equipo deberá cubrir los gastos que se generen con motivo de la reparación o reposición, indicándose en el reporte de fallas correspondiente.
13. Los usuarios de laboratorio que sean sorprendidos haciendo uso indebido de equipos, materiales, instalaciones y demás implementos, serán sancionados conforme a la legislación universitaria que le corresponda, según la gravedad de la falta cometida.
14. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Jefe de Sección, de acuerdo con los lineamientos generales para el uso de los laboratorios en la Universidad Nacional Autónoma de México.

SECCIÓN ELECTRÓNICA  
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”  
Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx. a 18 de junio de 2024



## INSTRUCCIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL REPORTE:

1. Los reportes deberán basarse en la metodología utilizada en los manuales de prácticas de laboratorio.
2. Las prácticas deberán tener el siguiente formato de portada (obligatorio).

**U. N. A. M.**  
**F. E. S. C.**

Laboratorio de : \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_

Alumno: \_\_\_\_\_

Nombre de Práctica: \_\_\_\_\_ No. de Práctica: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_ Fecha de entrega: \_\_\_\_\_

Semestre: \_\_\_\_\_

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

No criterio	Criterio de Evaluación	Porcentaje
C1	Actividades previas indicadas en el manual de practicas	15%
C2	Habilidad en el armado y funcionalidad de los sistemas	15%
C3	Habilidad para el manejo del equipo e interpretación correcta de las lecturas	20%
C4	Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	50%



---

## ***Práctica 1. Introducción a NI ELVIS***

### **OBJETIVO**

- Familiarizarse con el equipo de instrumentación virtual NI ELVIS II.

### **INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

De acuerdo al sentido común, un dispositivo virtual es un objeto que posee la capacidad de producir un efecto, sin estar presente físicamente. Es por esto que la denominada Instrumentación Virtual ha revolucionado el mercado de la Instrumentación principalmente porque no es necesario disponer físicamente de los Instrumentos para realizar aplicaciones.

La Instrumentación Virtual aprovecha el bajo costo de los PC o estaciones de trabajo y su alto grado de rendimiento en procesos de análisis para implementar Hardware y Software que permiten al usuario incrementar la funcionalidad del instrumento tradicional. Sin embargo, la importancia fundamental de esta herramienta, es que permite al usuario establecer las características del instrumento y de esta forma sus potencialidades y limitaciones.

Por medio de la Instrumentación Virtual se pueden emular una gran cantidad de instrumentos tales como Multímetros, Osciloscopios, Analizadores de señal, agregando además características tales como: Análisis numérico, Visualización, Almacenamiento y Procesamiento de datos, entre otras.

El NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) es una plataforma modular de laboratorio educativo de ingeniería desarrollada específicamente para la academia. Con este enfoque práctico, los educadores pueden ayudar a los estudiantes a aprender habilidades prácticas y experimentales.

NI ELVIS tiene un formato compacto integrado con los 12 instrumentos más usados en el laboratorio, incluyendo un osciloscopio, multímetro digital, generador de funciones, fuente de alimentación variable y analizador de Bode.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA:**

Instale el paquete de software NI ELVISmx en una PC con puerto USB y sistema operativo Windows XP o posterior.

### **EQUIPO:**

- 1 PC con el software NI ELVISmx instalado y puerto USB.
- 1 NI ELVIS II.
- 1 Tableta de Conexiones.



## **MATERIAL:**

Alambre para conexiones.

## **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

1. Identifique cada uno de los siguientes elementos en el módulo NI ELVIS, anotándolos en la imagen de la figura 1.1.
  1. Entradas analógicas.
  2. Canales del osciloscopio.
  3. Multímetro.
  4. Salida BNC del generador de funciones.
  5. Entradas y salidas del generador de funciones en tarjeta.
  6. Control manual del generador de funciones.
  7. Salidas de voltaje de CD fijo.
  8. Salidas de la fuente de CD variable.
  9. Control manual de las fuentes de CD.

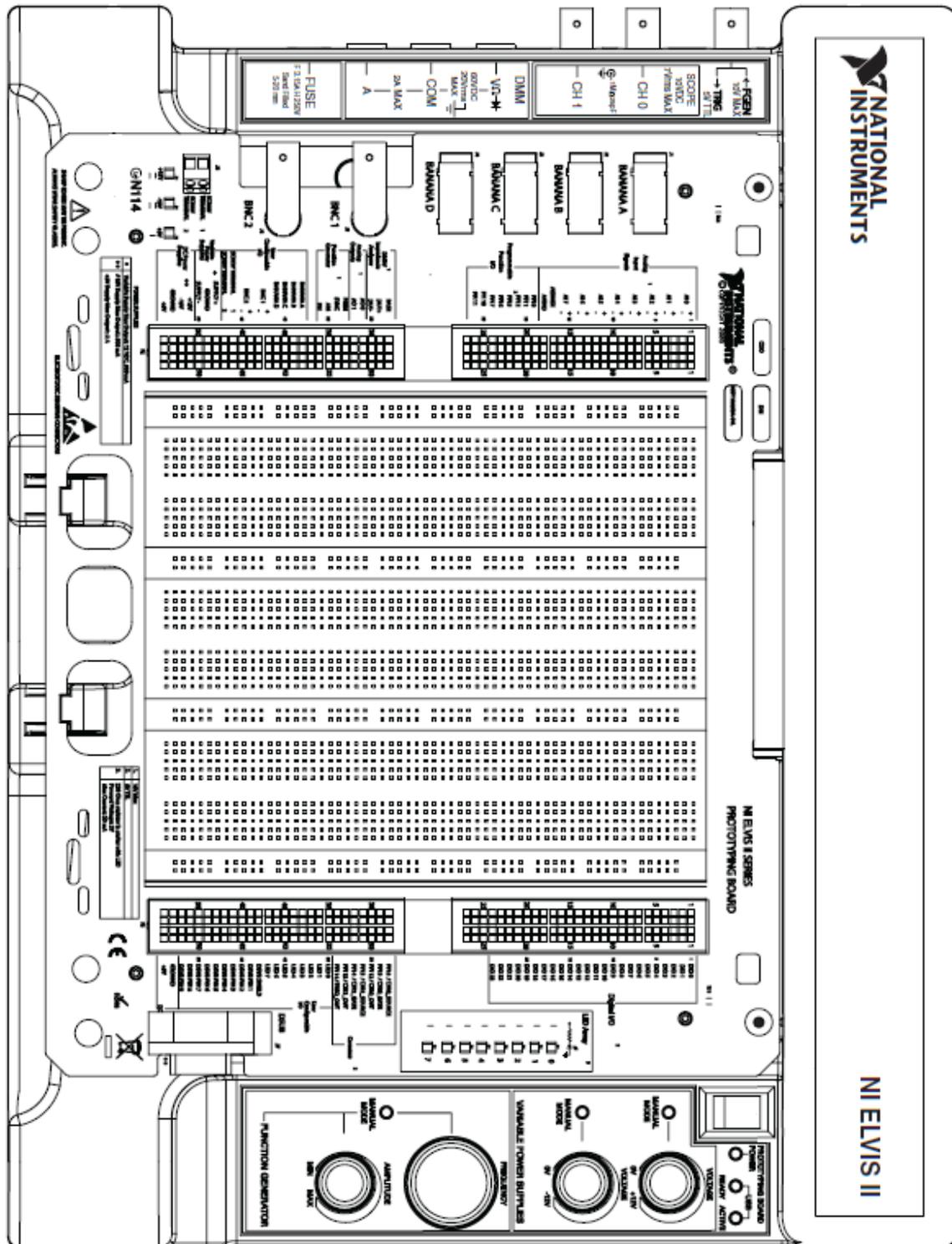


Figura 1.1. NI ELVIS.

2. Conecte el módulo NI ELVIS a la PC, enciéndalo y abra el panel principal de instrumentos.
3. Identifique cada uno de los instrumentos y anótelos en la tabla 1.1.


Tabla 1.1. Instrumentos virtuales.

- Abra las fuentes variables (VPS), calíbreles con +7 y -12 Vcd como se indica en la figura 1.2, e inicie la aplicación dando clic en el botón verde (RUN).

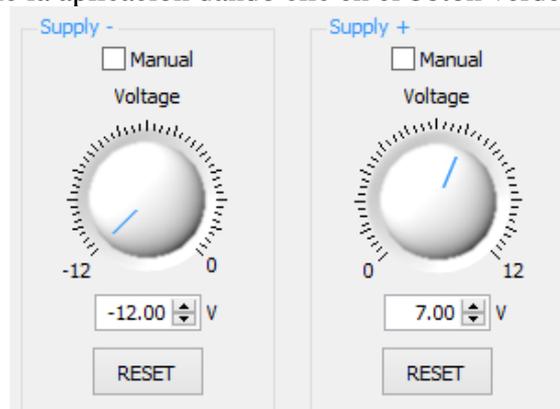


Figura 1.2. Calibración de las fuentes.

- Abra el multímetro (DMM), corra la aplicación y verifique los voltajes de la fuente.
- Detenga ambas aplicaciones dando clic en el botón rojo (STOP) y cierre las ventanas.
- Abra el generador de funciones, configúrelo para que la salida se tome del conector BNC (figura 1.3).

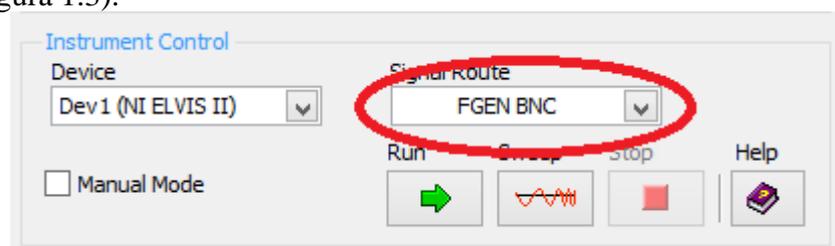


Figura 1.3. Configuración de salida BNC

- Calibre el generador con una señal senoidal de 2.5 Vp, con una frecuencia de 1KHz.
- Abra el osciloscopio, configúrelo para que la señal se tome mediante las puntas BNC (SCOPE CH0 y SCOPE CH1), mostrado en la figura 1.4..

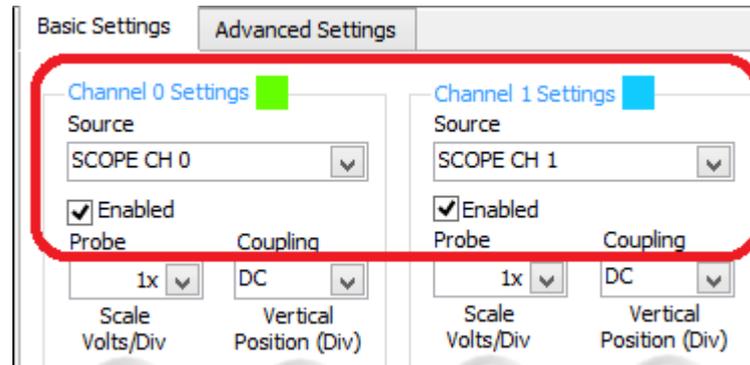


Figura 1.4. Configuración de entradas BNC.

- Conecte ambos canales al generador de funciones.
- Inicie ambas aplicaciones, dibuje las señales obtenidas en el osciloscopio.
- Detenga ambas aplicaciones.
- Cambie la configuración del generador, de modo que la salida se tome de la tarjeta del NI ELVIS, figura 1.5.

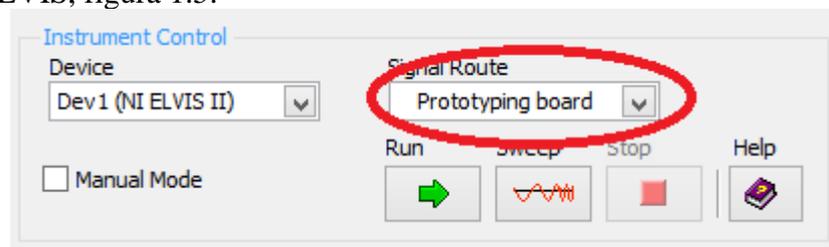


Figura 1.5. Habilitación de la salida del generador en la tarjeta.

- Cambie la configuración para que el osciloscopio registre las señales a través de las entradas analógicas AIO e AI1, figura 1.6.

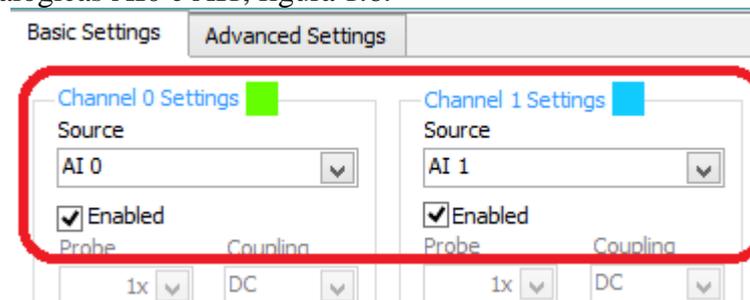


Figura 1.6. Configuración de entradas analógicas para el osciloscopio.



15. Con ayuda de los cables de conexiones conecte el generador de funciones a ambos canales del osciloscopio.
16. Inicie ambas aplicaciones y dibuje la señal obtenida.
17. Detenga la aplicación del generador de funciones y cambie a control manual.
18. Inicie la aplicación del generador de funciones, ¿qué sucede?
19. Gire la perilla del control manual hacia la derecha ¿qué sucede?
20. Gire la perilla de control manual hacia la izquierda ¿qué efecto produce?
21. Detenga ambas aplicaciones y ciérrelas.
22. Apague el módulo NI ELVIS (primero la tarjeta y después el módulo) y desconéctelo.

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## **Práctica 2. Filtro LC**

### **OBJETIVOS:**

- Comprobar el ancho de banda y factor de calidad de un circuito resonante LC.
- Armar un filtro LC que permita pasar las frecuencias intermedias de un receptor de radio (455KHz  $\pm$  fm).

### **INTRODUCCIÓN:**

Se denomina filtro a un dispositivo que discrimina uno o varios elementos determinados de algo que atraviesa a través de él.

Puede definirse un filtro como cualquier dispositivo que modifica de un modo determinado una señal que pasa a través de él.

Algunos autores reservan la denominación de filtros para los dispositivos selectores de frecuencia, es decir, aquellos que “dejan pasar” las señales presentes en ciertas bandas de frecuencia y “bloquean” las señales de otras bandas.

En comunicaciones el uso de filtros es imprescindible, ya que con ellos se seleccionan las frecuencias en las cuales se encuentra la señal portadora del sistema.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA:**

1. Determine el factor de calidad y ancho de banda del circuito de la figura 2.1.
2. Realice la simulación para obtener la respuesta en frecuencia del circuito de la figura 2.1.

### **EQUIPO:**

- 1 Osciloscopio.
- 1 Generador de funciones.
- 1 Tableta de Conexiones.

### **MATERIAL:**

- Alambre para conexiones.
- 1 Bobina de 15uH. (L1)
- 1 Resistencias de 330  $\Omega$ , 1/2 watt. (R1)
- 1 Resistencias de 47  $\Omega$ , 1/2 watt. (R2)
- 1 Capacitor de 8.2 nF. (C1)

**PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:**

1. Arme el circuito de la figura 2.1.

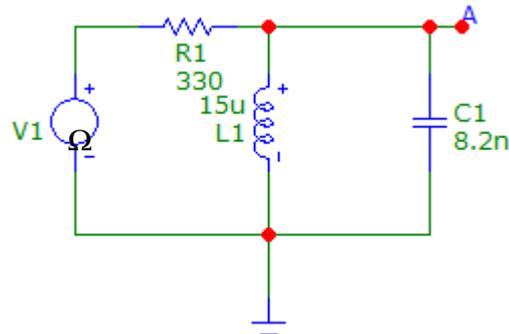


Figura 2.1. Filtro resonante LC.

2. Calibre el generador de funciones de acuerdo a como se indica en la tabla 2.1.
3. Conecte el canal del osciloscopio en el punto A.
4. Variando la frecuencia y manteniendo el voltaje de entrada, proceda a llenar la tabla 2.1.

Frecuencia [kHz]	$V_I$ [Vp]	$V_A$ [Vp]	Observaciones
100	1		
200	1		
300	1		
350	1		
375	1		
400	1		
410	1		
420	1		
430	1		
440	1		
445	1		
450	1		
455	1		
460	1		
465	1		
470	1		



480	1		
490	1		
500	1		
525	1		
550	1		
600	1		
800	1		
1000	1		

Tabla 2.1. Respuesta en frecuencia del filtro

5. Grafique en papel semilogaritmico la respuesta en frecuencia del filtro en voltaje y en decibeles.
6. Cambie la resistencia R1 por R2, repita los pasos 3, 4 (anotando los resultados en la tabla 2.2) y 5.

Frecuencia [kHz]	$V_1$ [Vp]	$V_A$ [Vp]	Observaciones
100	1		
200	1		
300	1		
350	1		
375	1		
400	1		
410	1		
420	1		
430	1		
440	1		
445	1		
450	1		
455	1		
460	1		
465	1		
470	1		
480	1		
490	1		



500	1		
525	1		
550	1		
600	1		
800	1		
1000	1		

Tabla 2.2. Respuesta en frecuencia.

### CUESTIONARIO:

1. Realice una comparación entre el punto 2 de las actividades previas y los resultados obtenidos en el punto 5, coméntelos.
2. Realice una comparación entre los resultados obtenidos en la tabla 2.1 y la tabla 2.2, anote sus observaciones.
3. ¿Coincide el ancho de banda de la gráfica del punto 5, con el calculado en el punto 1 de las actividades previas? Justifique su respuesta.
4. Explique, ¿cómo se puede variar el ancho de banda de un filtro resonante LC?

### CONCLUSIONES.

### BIBLIOGRAFÍA

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## ***Práctica 3. Modulación y Demodulación AM***

### **OBJETIVOS:**

- Comprobar el funcionamiento de un modulador de AM a transistor.
- Implementar un sistema para enviar señales utilizando la técnica de modulación en amplitud y demodulación por detección de envolvente.

### **INTRODUCCIÓN:**

Cuando se requiere transmitir música, voz, graficas, planos o señales de datos, ocurre que sus espectros de frecuencia son inadecuados para el medio de transmisión que se tenga que utilizar. Como solución a este problema se usa la modulación, que consiste en trasladar el espectro de frecuencia de una señal inteligente a uno adecuado para su transmisión.

Por ejemplo tenemos se tiene el caso de la radiodifusión, cuando se quiere escuchar un concierto de música clásica por la radio, sintonizamos el receptor en la frecuencia apropiada, digamos 860 KHz (radio U.N.A.M).

Las ondas de esta frecuencia se mueven a través de la atmósfera de la estación transmisora a nuestro receptor, sin embargo la música queda comprendida dentro de la gama de 30 a 20,000 Hz y por lo tanto se utiliza para modular una señal de radiofrecuencia (860 KHz).

En la radio se extrae (demodula) de la señal modulada, la señal de baja frecuencia (música), se amplifica, se alimenta a un juego de bocinas lo que hace posible disfrutar la música.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA.**

Realice la simulación del circuito de la figura 3.1, graficando la señal de salida en el tiempo y en el dominio de la frecuencia con las señales indicadas en el punto 2.

### **EQUIPO:**

- 1 PC con el software NI ELVISmx instalado y puerto USB.
- 1 NI ELVIS II.
- 1 Generador de Funciones.
- 1 Tableta de Conexiones.

### **MATERIAL:**

- Alambre para conexiones.
- 10 mts. de cable coaxial (se proporciona en el laboratorio) (LT<sub>1</sub>)
- 1 Resistencia de 100  $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>e</sub>)
- 1 Resistencia de 2.2 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>d</sub>)

- 1 Resistencia de 2.7 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>c</sub>)
- 1 Resistencia de 3.3 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>s</sub>)
- 1 Resistencia de 18 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>1</sub>)
- 1 Resistencia de 82 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>2</sub>)
- 2 Capacitores de 1 nF. (C<sub>b</sub> y C<sub>c</sub>)
- 1 Capacitor de 100 nF. (C<sub>e</sub>)
- 1 Capacitor de 33 nF. (C<sub>d</sub>)
- 1 Transistor 2n2222 (encapsulado metalico)(Q<sub>1</sub>)
- 1 Diodo de germanio 1N27 (ECG109) (D<sub>d</sub>)

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

1. Arme el circuito mostrado en la figura 3.1, alimentelo usando la fuente de NI ELVISmx Instrument Launcher con 10 V.

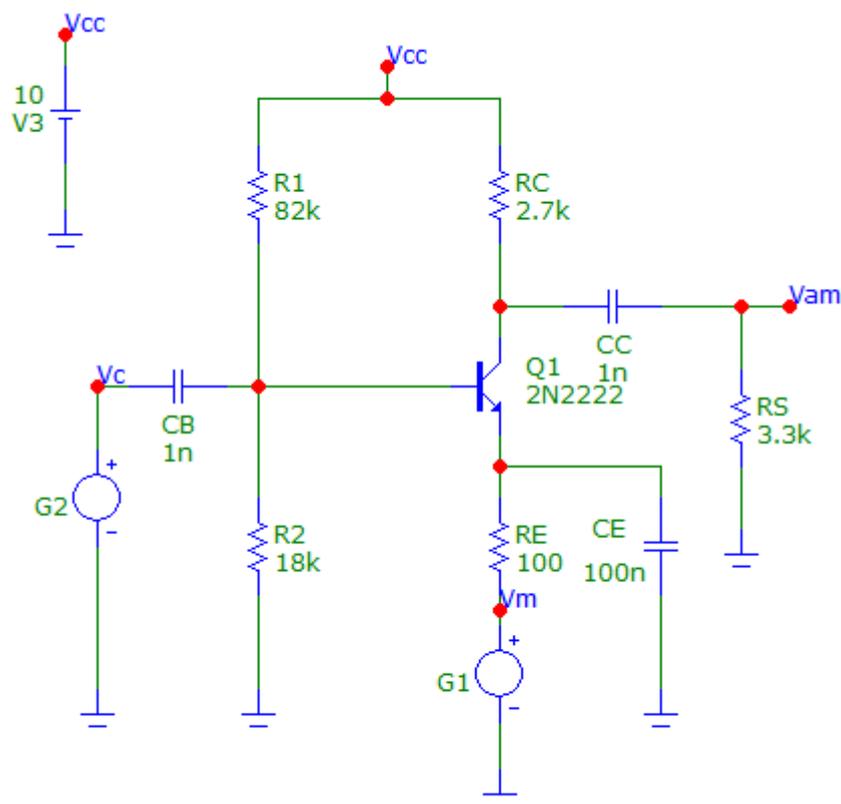


Figura 3.1. Modulador a transistor.

2. Con el circuito armado calibre los generadores:
  - a) G<sub>2</sub> (Portadora) apagado, G<sub>1</sub> (Moduladora) señal cuadrada de 1 KHz y 150 mV.
  - b) G<sub>1</sub> apagado, G<sub>2</sub> señal senoidal de aproximadamente 150 mV y 200KHz.

3. Con los dos generadores encendidos conecte el canal CH0 del osciloscopio de NI ELVISmx Instrument Launcher en el punto Vam. Dibuje la forma de onda acotándola correctamente.
4. Detenga el osciloscopio y con ayuda del Analizador de Espectros, observe el espectro de frecuencias en el punto Vam.
5. Detenga el analizador de espectros y con ayuda del osciloscopio varíe el control de amplitud del generador  $G_1$  observando las variaciones del índice de modulación. Obtenga índices de modulación.
6. Cambie la señal del generador  $G_1$  a triangular y senoidal, dibuje la forma de onda para cada caso.
7. Arme el circuito demodulador de la figura 3.2 y conéctelo junto con el cable coaxial al modulador de la figura 3.1.

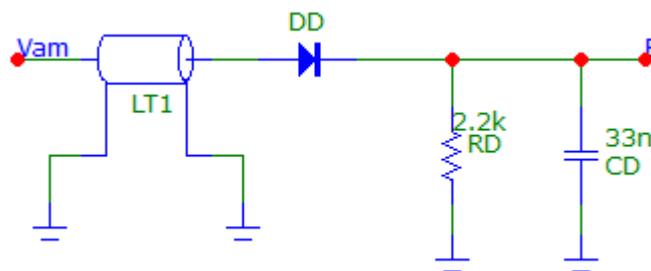


Figura 3.2. Sistema de transmisión.

8. Conecte el canal CH1 del osciloscopio en el punto B y dibuje la señal obtenida.
9. Cambie la señal del generador  $G_1$  a triangular y senoidal. Observe las señales en los puntos Vam y B.

### **CUESTIONARIO.**

1. ¿Si deseáramos utilizar la voz como señal modulante, que modificaciones se harían al circuito de la figura 3.1?
2. Calcule el porcentaje de modulación de acuerdo a los datos obtenidos en el punto 3.

### **CONCLUSIONES.**

### **BIBLIOGRAFÍA**

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## ***Práctica 4. “Modulación de AM de Doble Banda con portadora suprimida”***

### **OBJETIVOS**

- Modular una señal en DSBSC y observar el espectro de frecuencias.
- Comprobar que un circuito mezclador tiene diversas aplicaciones.

### **INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

Remover la portadora desde la onda modulada o reducir su amplitud utilizando filtros convencionales de muesca, es extremadamente difícil, si no imposible, puesto que los filtros simplemente no tienen suficientes factores Q para remover la portadora sin también remover una porción de la banda lateral. Sin embargo, también se mostró que remover la componente constante suprimió la portadora en el modulador en sí. Por consiguiente, se han desarrollado circuitos del modulador que remueven inherentemente la portadora durante el proceso de modulación. Dichos circuitos se llaman moduladores de doble banda lateral con portadora suprimida (DSBSC).

Un circuito que produce una señal de doble banda lateral con portadora suprimida es un modulador balanceado. El modulador balanceado se ha convertido rápidamente en uno de los circuitos más útiles y más ampliamente utilizado dentro de las comunicaciones electrónicas. Además de los sistemas de AM con portadora suprimida, los moduladores balanceados se utilizan ampliamente en sistemas de modulación de fase y frecuencia así como en sistemas de modulación digital, tales como los de transmisión por desplazamiento de fase y la modulación de amplitud en cuadratura.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA:**

Consulte la hoja de datos técnicos del circuito MC1496 e indique que otras aplicaciones tiene.

### **EQUIPO**

- ✓ 1 PC con el software NI ELVISmx instalado y puerto USB.
- ✓ 1 NI ELVIS II.
- ✓ 1 Generador de Funciones.
- ✓ 1 Tableta de Conexiones.

### **MATERIAL**

- ✓ Alambre para conexiones.
- ✓ 3 Resistencias de  $47 \Omega$ ,  $\frac{1}{2}$  watt. (R<sub>6</sub>, R<sub>9</sub> y R<sub>10</sub>)
- ✓ 3 Resistencias de  $1 K\Omega$ ,  $\frac{1}{2}$  watt. (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>)

- ✓ 2 Resistencias de 3.9 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>4</sub> y R<sub>5</sub>)
- ✓ Resistencia de 6.8 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>11</sub>)
- ✓ Resistencias de 10 K $\Omega$ , ½ watt. (R<sub>7</sub> y R<sub>8</sub>)
- ✓ 1 Potenciometro de 50 K $\Omega$ . (RV<sub>1</sub>)
- ✓ 2 Capacitores de 100nF. (C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>)
- ✓ 1 C.T. MC1496 (U<sub>1</sub>)

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito mostrado en la figura 4.1 y aliméntelo con +12 V y -8V.

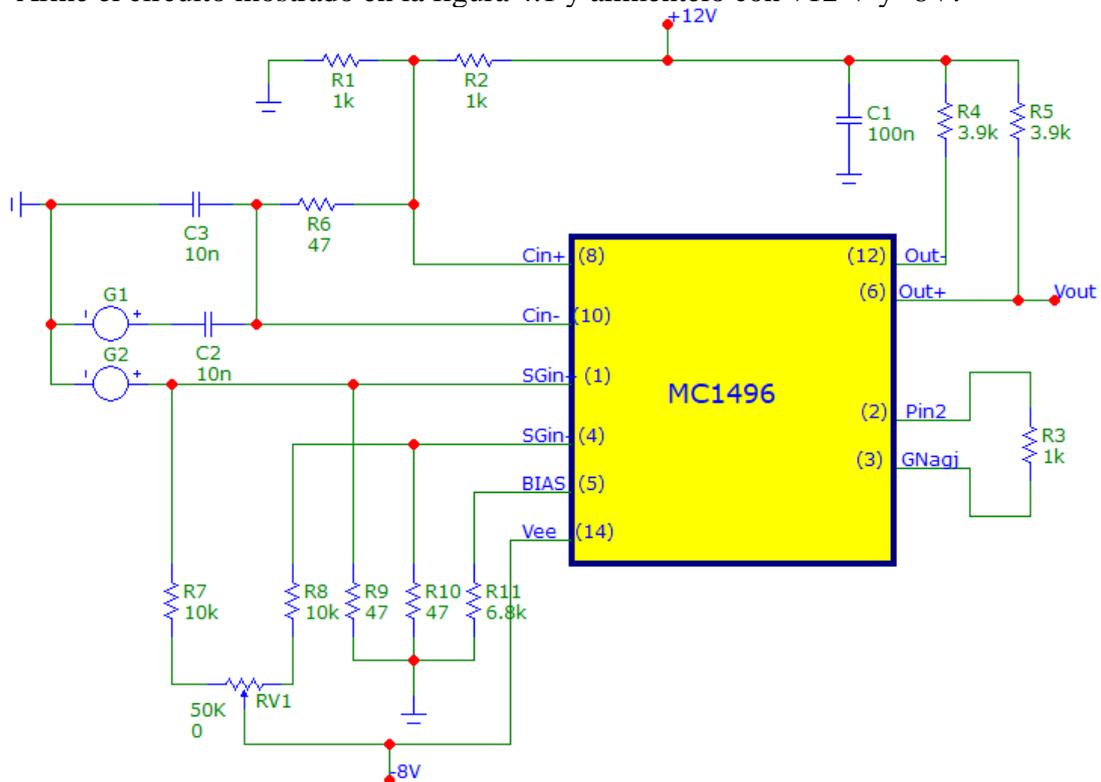


Figura 4.1. Modulador Balanceado

2. Calibre los generadores con las siguientes señales
  - a) Generador (G1):  $V_c(t) = 500m \text{Sen}(6.2832 \times 10^5 t)$ .
  - b) Generador ELVIS (G2):  $V_m(t) = \text{Sen}(3.1416 \times 10^4 t)$ .
3. Conecte los generadores en las respectivas entradas y coloque un canal del osciloscopio en G2 y el otro canal entre la salida +Vo y tierra. Dibuje las señales y anote sus comentarios.
4. Con ayuda del analizador de espectros obtenga la respuesta en frecuencia, observe la salida +Vo. Dibuje el espectro de frecuencias y anote sus comentarios.



5. Varié el potenciómetro RV1, para suprimir la portadora en +Vo. Dibuje las señales en tiempo y frecuencia.
6. Cambie la frecuencia de G2 (Fm) y llene la tabla 4.1. Anotando sus observaciones, dibujando la señal en +Vo en tiempo y frecuencia.

Fm [Hz]	$\beta\omega$ [Hz]	Observaciones
500		
1000		
2000		
5000		
10000		

Tabla 4.1. Modulación DSBSC.

### CUESTIONARIO.

1. Explique brevemente cuales son los métodos para conseguir una modulación de banda lateral única con portadora suprimida, utilizando moduladores DSBSC.
2. Investigue ¿qué otros circuitos se pueden utilizar como moduladores DSBSC?

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## **Práctica 5. Transmisor AM**

### **OBJETIVOS:**

- Mostrar y comprobar la transmisión inalámbrica de las señales audibles.
- Construcción de un sistema de comunicación, utilizando la modulación en Amplitud.
- Verificar la detección de la señal transmitida.

### **INTRODUCCIÓN:**

Filtro, amplificadores, osciladores, moduladores y demoduladores, son parte fundamental de los diferentes sistemas de comunicaciones, bien sea para la transmisión o recepción de señales de datos, video, audio o cualquier otro tipo de información.

Un sistema de radiocomunicación básico, está formado por un transmisor, vía de transmisión y el receptor.

En el transmisor la información modula a una señal de radiofrecuencia, la señal modulada es amplificada, filtrada y alimentada a una antena para ser radiada.

En extremo receptor se filtra, amplifica y demodula la señal compuesta, para obtener la información.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA:**

1. Explique el funcionamiento del modulador.
2. Realice la simulación del circuito para cuando el interruptor SW1 se encuentra conectado a tierra, observando la salida en el punto A.
3. Investigue el funcionamiento de las repetidoras y explique ¿por qué se debe hacer un cambio de canal?

### **EQUIPO:**

- 1 Osciloscopio.
- 1 Fuente de 0-12 Vcd:
- 1 Tableta de Conexiones.
- 1 Radio de Amplitud Modulada o SDR.

### **MATERIAL:**

- Alambre para conexiones.
- 1 Bobina de 15uH. (L<sub>1</sub>)
- 2 Resistencias de 39 KΩ, ½ watt. (R<sub>1</sub> y R<sub>7</sub>)

2 Resistencias de 6.8 K $\Omega$ , ½ watt.	(R <sub>P</sub> )
1 Resistencia de 2.2 K $\Omega$ , ½ watt.	(R <sub>8</sub> )
5 Resistencias de 1 K $\Omega$ , ½ watt.	(R <sub>2</sub> – R <sub>6</sub> )
1 Capacitor de 27 nF.	(C <sub>1</sub> )
1 Capacitor de 2.7 nF.	(C <sub>2</sub> )
1 Capacitor de 100 nF.	(C <sub>3</sub> )
1 Capacitor de 3.3 nF.	(C <sub>4</sub> )
1 Capacitor de 1 uF a 25 V.	(C <sub>5</sub> )
1 Transistor 2n2222 (encapsulado metálico)	(Q <sub>1</sub> )
1 Micrófono electret	(MIC 1)
1 C.I. LM358	(U <sub>1</sub> )

**PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:**

1. Arme el circuito de la figura 5.1, alimentelo con  $\pm 10$  V.

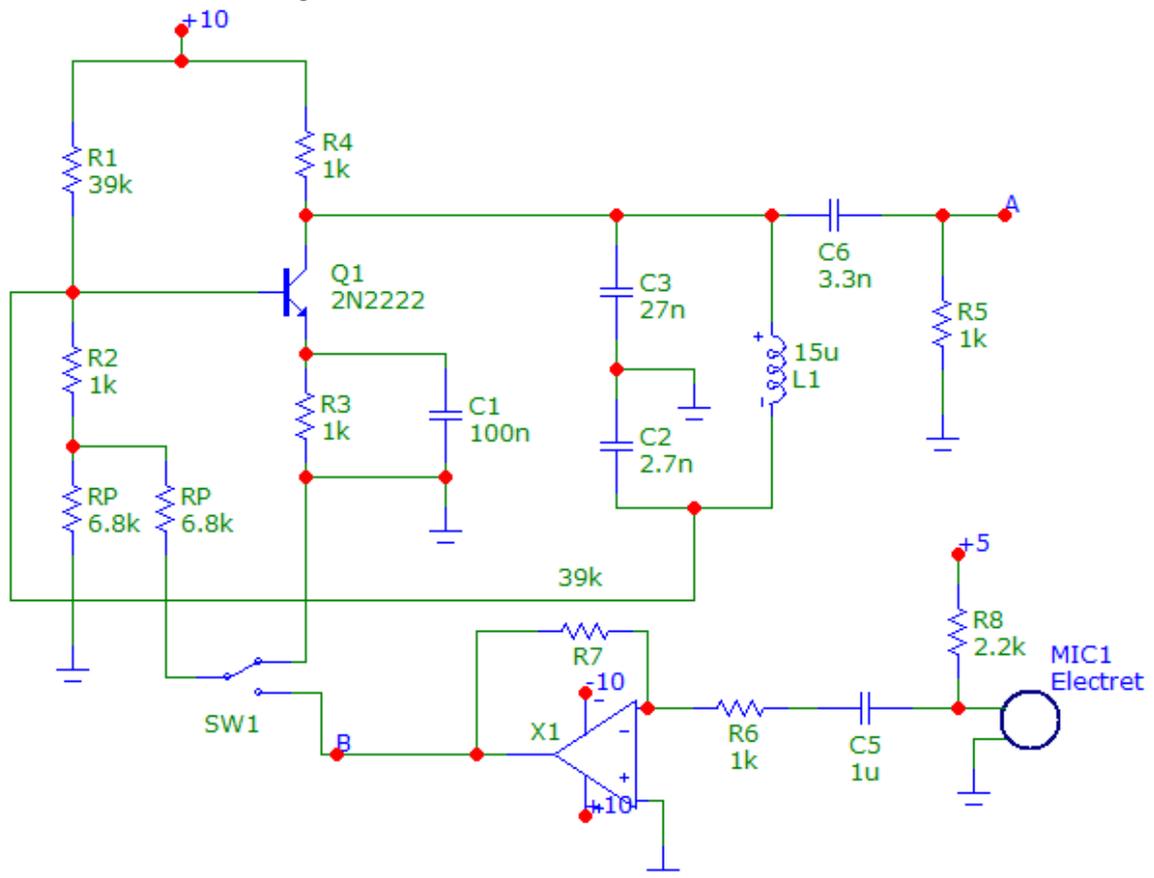


Figura 5.1. Transmisor de AM.



2. Conecte el canal 1 en el punto A, anote la frecuencia a la cual esta operando el oscilador y dibuje la forma de onda obtenida.
3. Sintone el radio a la frecuencia del oscilador.

#### AMPLIFICADOR:

4. Conecte el canal 2 del osciloscopio en el punto B, hable por el micrófono y verifique que el amplificador funcione.
5. Desconecte el interruptor SW1 de tierra y conéctelo en el punto B para formar el transmisor. Hable por el micrófono y observe la señal en el punto A. Dibuje la forma de onda (aprox.).
6. Con el radio encendido, sintonice la frecuencia a la cual esta trabajando el transmisor, coloquelo a una distancia de 30 cm. Hable por el micrófono y escuche por la radio. Anote sus comentarios.
7. Sintonice un dispositivo de audio (el radio que trae el otro equipo, un teléfono celular, etc), en una estación diferente a la del transmisor (o en una canción) y coloquelo frente al micrófono. Anote sus comentarios.

#### CUESTIONARIO:

1. Realice una comparación entre la señal obtenida en el punto 2 de la simulación y el punto 2 del procedimiento, explique los resultados obtenidos.
2. ¿Cuál es la causa de que el transmisor tenga poco alcance?
3. ¿Cómo se mejoraría el alcance del transmisor?
4. ¿Qué circuitos le hacen falta al transmisor para mejorar la calidad de la señal transmitida?

#### CONCLUSIONES.

#### BIBLIOGRAFÍA

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## Práctica 6. Amplificador de RF

### OBJETIVOS

- Analizar las características de un amplificador de potencia (Clase C) utilizado en la etapa de potencia de los transmisores en los sistemas de comunicaciones

### INTRODUCCIÓN TEÓRICA

En la operación clase C la corriente de salida  $I_o$ , fluye por menos de un semiciclo de entrada. La operación típica es de  $120^\circ$  de  $I_o$  durante el semiciclo positivo de entrada, como se muestra en la figura. Debido a su alta eficiencia la operación clase C se usa principalmente para amplificadores sintonizados de potencia de RF.

La operación clase C se utiliza en general para amplificadores de RF con un circuito sintonizado en la salida. Entonces el circuito LC puede proporcionar un ciclo de ondas senoidal completa para salida de cada impulso de  $I_o$ . Los amplificadores de clase C tienen alta eficiencia, porque la  $I_o$  media es muy baja comparada con la amplitud de la señal pico. El resultado es la relativamente baja potencia disipada en el electrodo de salida en comparación con la cantidad de potencia de ca de salida. Además, un circuito recortador de impulsos opera como un amplificador clase C.

### ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. Realice la simulación del circuito de la figura 6.1, para obtener los voltajes y corrientes de operación, y las gráficas de salida en el dominio del tiempo de acuerdo a los valores que se piden en la tabla 6.2.

### EQUIPO

- ✓ 1 Generadores de Funciones.
- ✓ 1 Osciloscopio.
- ✓ 1 Fuente de CD de 0 a 10 volts
- ✓ 1 Multímetro
- ✓ 1 Tableta de Conexiones

### MATERIAL

- ✓ Alambres y cables para conexiones.
- ✓ 1 Transistor 2N2222 o 2N2219A (encapsulado metálico) (Q<sub>1</sub>).
- ✓ 1 Resistencia de  $82\Omega$  a  $\frac{1}{2}$  Watt (R<sub>2</sub>).
- ✓ 1 Resistencia de  $100\Omega$  a  $\frac{1}{2}$  Watt (R<sub>1</sub>).
- ✓ 1 Capacitor de 1.5nF (C<sub>1</sub>).
- ✓ 1 Capacitor de 100nF (C<sub>2</sub>).
- ✓ 1 Capacitores de 100uf (C<sub>3</sub>).

- ✓ 1 Inductor de 15 uH (L<sub>1</sub>).

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito mostrado en la figura 6.1.

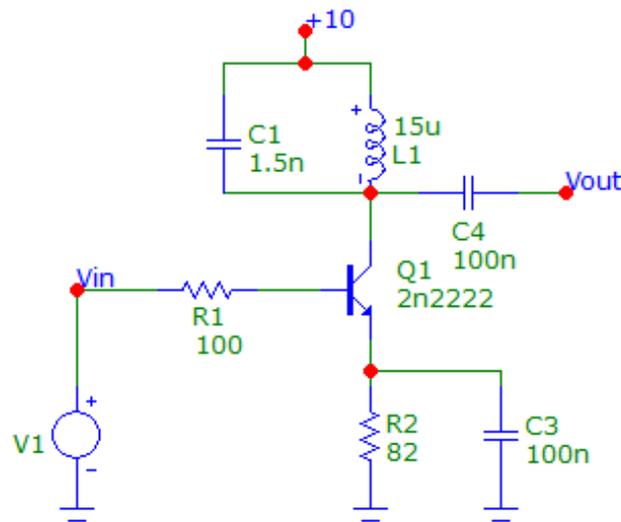


Figura 6.1. Amplificador clase C sintonizado.

- Calibre el generador de funciones con una señal  $V_1 = 1.5 \text{ V}_p$  con 100 KHz.
- Conecte el canal 1 del osciloscopio en la entrada  $V_1$  y el canal 2 en la salida  $V_{out}$ . Mida y dibuje las señales acotándolas correctamente.
- Proceda a variar la frecuencia de la señal de entrada  $V_1$ , de acuerdo a los valores que indica la tabla 6.2, mida el voltaje de salida ( $V_{out}$ ) y dibuje la señal para cada uno de los valores de frecuencia.

Frecuencia de Entrada [Hz]	Frecuencia de Salida [Hz]	Voltaje de Salida [V]	Comentarios
10k			
100k			
200k			
300k			
500k			
1M			
1.5 M			

Tabla 6.2



## **CUESTIONARIO.**

1. Compare los valores obtenidos en la simulación con los valores obtenidos en el punto 3 de la práctica, anote sus comentarios.
2. Realice una comparación entre los resultados obtenidos en el punto 4 (tabla 6.2) y los obtenidos en la simulación. Explique.

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## ***Práctica 7. Modulación en Frecuencia***

### **OBJETIVOS:**

- Modular una señal en FM.
- Comprobar que una señal modulada en FM tiene un ancho de banda variable.

### **INTRODUCCIÓN:**

La modulación en frecuencia y en fase, son ambas formas de la modulación angular. Desafortunadamente, a ambas formas de la modulación angular se les llama simplemente FM cuando, en realidad, existe una diferencia clara (aunque sutil), 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
- 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
- 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 móvil de dos sentidos, radio celular y los sistemas de comunicaciones por microondas y satélite.

### **EQUIPO:**

1 Generador de Funciones con modulación en FM  
1 Osciloscopio, con capacidad de FFT.  
1 Tableta de Conexiones.

### **MATERIAL:**



Alambre para conexiones.

### ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA.

Realice la simulación del modulador (con una señal portadora  $v_p=1V$ , frecuencia de 100 KHz,  $\Delta_f= 5KHz$  y  $f_m= 5KHz$ ), para obtener el espectro de frecuencias de la tabla 7.1, graficando cada una de las señales obtenidas en el espectro de frecuencias, anotando la amplitud de la portadora y cada una de las bandas laterales.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Calibre el generador de funciones con una señal senoidal de 1 Vp con una frecuencia de 100KHz.
2. Con el mismo generador, oprima el botón MOD (modo), se desplegará el submenú del generador de funciones, oprima la opción "TYPE"
3. Seleccione tipo de modulación FM; en el submenú se mostrarán las opciones para este tipo de modulación.
4. Seleccione FM Freq, ingrese la frecuencia con la cual se modulará la señal,  $f_m=5$  KHz.
5. Seleccione FM Dev, ingrese la desviación de frecuencia,  $\Delta_f=5$  KHz
6. Conecte el canal 1 del osciloscopio al generador de funciones y observe la respuesta en frecuencia de la señal, dibújela acotándola correctamente.
7. Coloque el cursor del canal 1 sobre la máxima amplitud de la frecuencia portadora, mueva el cursor del canal 2 hasta tener una diferencia de 2.4 dB. El cursor del canal 2 será la referencia y las lecturas se tomarán moviendo el cursor del canal 1.
8. Variando el valor de la frecuencia de la señal modulante ( $f_m$ ) de acuerdo con las frecuencias indicadas, llene las tablas 7.1 y 7.2, dibuje la señal obtenida anotando el índice de modulación y en valor de la portadora y de cada una de las bandas laterales.

$f_m$ [KHz]	$m$	$J_0$ [V]	$J_1$ [V]	$J_2$ [V]	$J_3$ [V]	$J_4$ [V]	$J_5$ [V]	$J_6$ [V]	$J_7$ [V]	$J_8$ [V]	$J_9$ [V]	$J_{10}$ [V]
1												
1.5												
2.5												
3.5												
5												



6.5												
8												
10												

Tabla 7.1. Bandas laterales (Voltaje).

$f_m$ [KHz]	$m$	$J_0$ [d]	$J_1$ [dB]	$J_2$ [dB]	$J_3$ [dB]	$J_4$ [dB]	$J_5$ [dB]	$J_6$ [dB]	$J_7$ [dB]	$J_8$ [dB]	$J_9$ [dB]	$J_{10}$ [dB]
1												
1.5												
2.5												
3.5												
5												
6.5												
8												
10												

Tabla 7.2. Bandas laterales (Potencia).

**CUESTIONARIO:**

1. Calcule el ancho de banda para cada uno de los puntos de la tabla 7.1.
2. Con los datos de las tablas 7.1 y 7.2, calcule el valor de  $\Delta v$ , y compare los valores obtenidos con la tabla de funciones de Bessel, explique los resultados.
3. Realice una comparación entre los datos obtenidos en las actividades previas y los datos obtenidos en la práctica, anotando sus comentarios.

**CONCLUSIONES.**

**BIBLIOGRAFÍA**

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## ***Práctica 8. Transmisor FM***

### **OBJETIVOS:**

- Mostrar y comprobar la transmisión inalámbrica de las señales audibles.
- Construcción de un sistema de comunicación, utilizando la modulación en Amplitud.
- Verificar la detección de la señal transmitida.

### **INTRODUCCIÓN.**

La *FM indirecta* es una modulación angular en la cual la frecuencia de la portadora se desvía indirectamente por la señal modulante. La FM indirecta se logra cambiando directamente la fase de la portadora y es, por lo tanto, una forma de modulación en fase directa. La fase instantánea de la portadora es directamente proporcional a la señal modulante.

La *FM directa* es la modulación angular en la cual la frecuencia de la portadora varía (desviada), directamente por la señal modulante. Con la FM directa, la desviación de frecuencia instantánea es directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante.

La figura 8.1 muestra un diagrama esquemático para un modulador de reactancia usando un BJT (Q2) como el dispositivo activo. Esta configuración del circuito se llama un modulador de reactancia porque el BJT observa como una carga de reactancia variable al circuito tanque LC. La señal modulante varía en la reactancia de Q2, lo cual causa un cambio correspondiente en la frecuencia resonante del circuito tanque del oscilador.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

El alumno debe construir una bobina la cual constara 6 vueltas con  $\Phi=0.5\text{cm}$ , utilizando alambre esmaltado calibre AGW 20 a 25.

### **EQUIPO:**

- 1 Fuente de voltaje de C.D. (0 - 10) V.
- 1 Multímetro.
- 1 Osciloscopio
- 1 Tabla de conexiones
- 1 Radio o SDR.

### **MATERIAL:**

**Nota:** Los capacitores de preferencia deben de ser de políéster.

Juego de bananas y caimanes



1. Sin introducir ninguna señal en el preamplificador, verifique con el osciloscopio que el circuito este generando una señal periódica a un valor de frecuencia dentro del rango de FM. Dibuje esta señal.
2. Sintonice el radio a la frecuencia de oscilación del circuito.
3. Calibre el generador de funciones a una frecuencia de 1KHz con una amplitud de 1Vpp, conéctelo a la entrada del circuito (Modulante) y variando R6 ajústelo hasta obtener un sonido nítido en el radio. Anote sus observaciones.
4. Varié la frecuencia del generador de funciones entre 20 Hz y 20 KHz, anote sus observaciones.
5. Arme el circuito de la figura 8.2

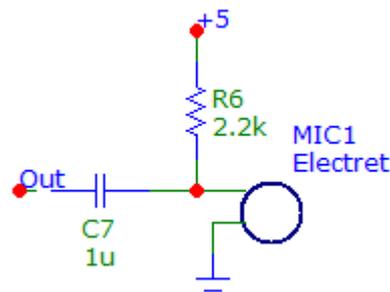


Figura 8.2 Circuito de micrófono.

6. Cambie el generador de funciones por el circuito 8.2, hable por el micrófono. Anote sus comentarios.

### **CUESTIONARIO**

1. ¿Qué tipo de modulador de FM es el que se utilizó en el transmisor de la práctica?
2. El circuito transmisor está formado por dos partes acopladas por C<sub>3</sub>. ¿Qué función tiene la primer parte circuito del transmisor formado por el transistor 1 (Q<sub>1</sub>)?
3. Si no existiera la primer parte del circuito, ¿Aun así podría modular?, ¿Explique su respuesta?

### **CONCLUSIONES.**

### **BIBLIOGRAFÍA**

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.

## Práctica 9. Demodulador FM

Tema 7.4. Demoduladores de frecuencia.

### OBJETIVOS:

- Recuperar la señal de información de una señal modulada en FM.

### INTRODUCCIÓN.

Desde el desarrollo de los circuitos integrados lineales LSI, la demodulación de FM puede lograrse muy fácilmente con un circuito de fase cerrada (PLL). Aunque la operación de un PLL es bastante complicada, la operación de un demodulador de PLL de FM es, probablemente, la más sencilla y fácil de entender. Un demodulador de frecuencia de PLL no requiere de circuitos sintonizados y automáticamente compensa los cambios en la frecuencia de la portadora debido a la estabilidad en el oscilador de transmisión. La figura 9.1 muestra el diagrama a bloques simplificado para un demodulador de PLL de FM.

Si la entrada de PLL es una señal de FM desviada y la frecuencia natural del VCO es igual a la frecuencia central de IF, el voltaje de corrección se produce a la salida del comparador de fase y alimenta de nuevo a la entrada de VCO, es proporcional a la desviación de frecuencia y es, por lo tanto, la señal de la información demodulada. Si la amplitud de IF se limita lo suficiente antes de alcanzar la PLL y el circuito se compensa correctamente, la ganancia del circuito PLL es constante e igual a  $K_v$ . Por lo tanto, la señal demodulada puede tomar directamente la salida del buffer interno y es matemáticamente dada como:

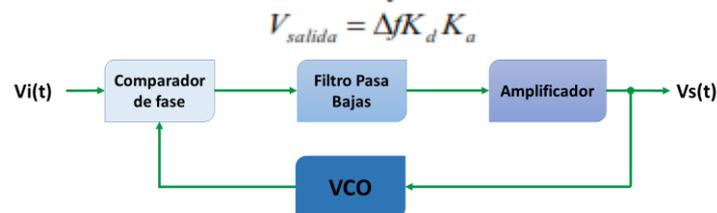


Figura 9.1. Demodulador PLL de FM.

### EQUIPO:

- 1 PC con el software NI ELVISmx instalado y puerto USB.
- 1 Generador de Funciones
- 1 NI ELVIS II.
- 1 Tableta de Conexiones.

### MATERIAL:

- Alambre para conexiones.
- 2 Resistencias de  $1\text{ K}\Omega$ ,  $\frac{1}{2}$  watt. (R1 y R2)
- 1 Potenciómetro de  $10\text{ K}\Omega$ . (RV1)
- 1 capacitor de  $560\text{ pF}$ . (C3)

- 1 Capacitor de 2.2 nF. (C2)
- 1 Capacitor de 100 uF. (C1)
- 1 C.I. NE/LM565 (U1)

### ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA.

1. Investigue en la hoja de datos técnicos las características básicas del circuito NE565.
2. Explique, apoyándose en un diagrama a bloques, cómo funciona un circuito PLL.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Calibre el generador de funciones con una señal senoidal de 1 Vp con una frecuencia de 5KHz.
2. Configure el generador de funciones (FGEN) del NI ELVIS para que trabaje como modulador de FM.
3. Arme el circuito mostrado en la figura 9.2, aliméntelo con  $\pm 9V_{cd}$  y sin conectar la salida FGEN, ajuste R3 para que en el pin 4, tenga una salida con  $f_o=100KHz$ .

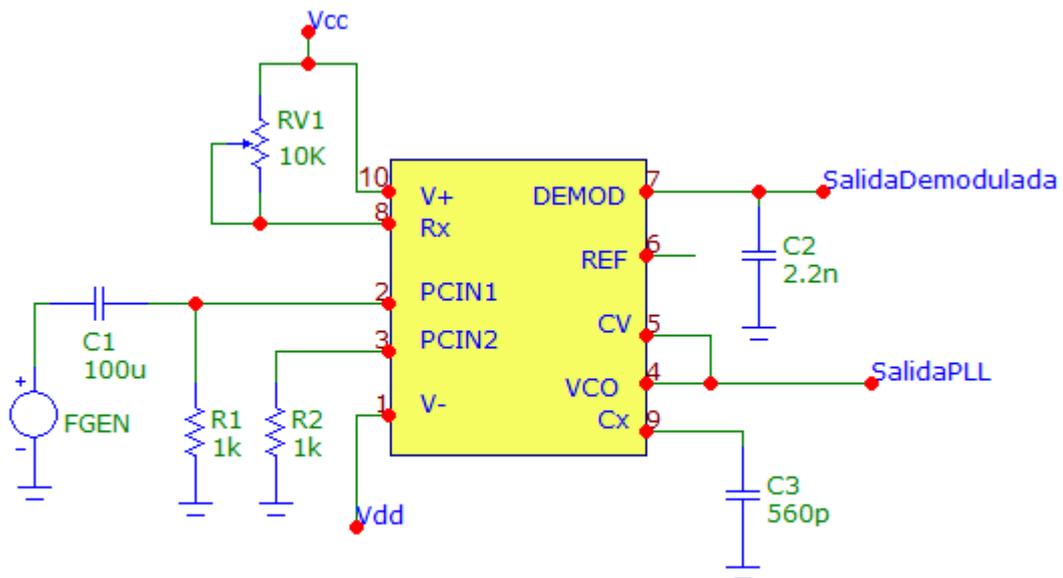


Figura 9.2. Demodulador PLL de FM.

4. Regrese la frecuencia modulante del generador de funciones a 5 KHz.



5. Conecte el generador de funciones a la entrada del demodulador, conecte el canal 1 del osciloscopio en la salida del demodulador (pin 7), observe y dibuje la señal (en el dominio del tiempo).
6. Cambie la señal del generador a triangular y cuadrada, dibuje las señales y anote sus observaciones.
7. Nuevamente con la señal senoidal, varié la señal modulante del generador, de acuerdo a la tabla 9.1 y anote sus observaciones.

$f$ [KHz]	$V_s$ [Vpp]	$F_s$ [KHz]	Observaciones
1			
1.5			
2.5			
3.5			
5			
6			
8			
10			

Tabla 9.1. Señales demoduladas.

### CUESTIONARIO.

1. Investigue e indique ¿Qué otros tipos de demoduladores de FM existen?

### BIBLIOGRAFÍA

Elabore un listado de las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la práctica.



## PRÁCTICA 10. INTRODUCCIÓN A Lab-Volt DE FESTO

### OBJETIVO

Familiarizarse con el Voltímetro y el Frecuencímetro basados en computadora de Lab-Volt.

### INTRODUCCIÓN

Lab-Volt (LVVL) es un laboratorio virtual didáctico tridimensional que permite estudiar diversas áreas tales como hidráulica, neumática y telecomunicaciones (figura 10.1). Los conjuntos del equipo virtual forman los sistemas didácticos completos, los cuales son una fiel reproducción tridimensional de los sistemas didácticos reales de Lab-Volt.

Este simulador opera del mismo modo que lo hace el equipo real. Esto te permite interactuar con todos los componentes y módulos en los otros conjuntos del equipo virtual de Lab-Volt.

Varios comandos en los menús del LVVL permiten instalar el equipo en el laboratorio virtual para formar un sistema didáctico. Asimismo, permiten moverse dentro del laboratorio virtual para acercarse a un sistema en particular, hacer una configuración del sistema y llevar a cabo ejercicios de laboratorio. Esencialmente, el alumno puede hacer las mismas actividades en el laboratorio virtual que las que haría en un laboratorio en un salón de clases real.



Figura 10.1. Laboratorio didáctico virtual.

El sistema LVDAM-COM cuenta con un conjunto completo de instrumentos (voltímetro, frecuencímetro, osciloscopio y analizador de espectro). El cual permite realizar mediciones de voltaje, potencia y frecuencia, así como observar señales en los dominios del tiempo y la frecuencia. De esta manera, el sistema brinda a estudiantes y profesores, herramientas que muestran claramente los conceptos relacionados con las comunicaciones digitales y analógicas.



## Actividades previas

- Leer toda la práctica.
- Realizar una investigación sobre el software Lab-Volt de FESTO e indicar que tipo de sistemas se pueden simular con él.
- Observar el video Lab-VoH FESTO
- Leer el anexo Lab-Volt FESTO que se encuentra disponible en <http://labcomunicacionesitse.blogspot.com/p/fundamentos-de-sistemas-d.html>

## MATERIAL

- Computadora con el software apropiado ya instalado LVVL de FESTO.

## EQUIPO DENTRO DEL SOFTWARE

- Mesa de trabajo
- Fuente de alimentación/Amplificador doble 9401
- Generador de funciones doble 9402
- Interfaz de equipamiento virtual de prueba 9407
- Osciloscopio
- Frecuencímetro
- Analizador de espectros
- voltímetro

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

1. Instale una mesa de trabajo y los módulos como se muestran en la figura 10.2 utilizando el equipamiento virtual.

### De acuerdo al anexo Labvolt FESTO para identificación del equipo.

Encienda la “Fuente de alimentación / Amplificador doble de audio”, el módulo VTEI y el Generador doble de funciones.

La mesa de trabajo, así como los equipos los encontraremos en el menú “equipo/Telecomunicaciones digitales o analógicas”





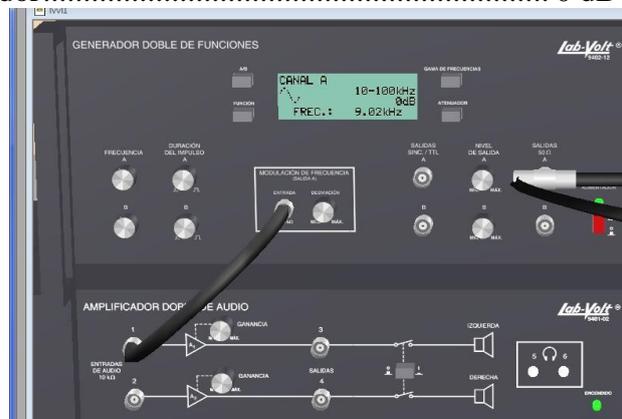
Figura 10.2. Disposición de los módulos.

2. Instale una de las T BNC en la SALIDA 50Ω A del Generador doble de funciones.

Conecte una de las SALIDAS del Generador doble de funciones a la entrada del VOLTÍMETRO y la otra al FRECUENCÍMETRO del módulo Interfaz del Equipamiento Virtual de Prueba.

3. Realice los siguientes ajustes en el Canal A del Generador doble de funciones (para ello se dará clic sobre los botones con el nombre correspondiente):

Función .....Onda sinusoidal  
Gama de frecuencia ..... 10-100 kHz  
Atenuador ..... 0 dB



## USO DEL VOLTÍMETRO

4. En el MENU EQUIPO seleccione conector T BNC e instale.
5. Encienda la fuente de alimentación y la interfaz del equipamiento virtual.
6. Encienda el Voltímetro con el comando correspondiente en el menú Instrumentos o haciendo clic en el botón de la barra de herramientas de Instrumentos.

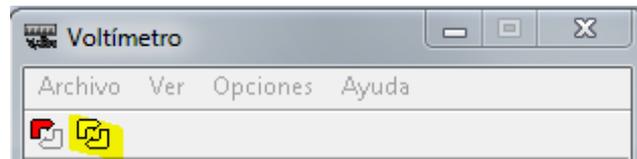


### Ícono del voltímetro

7. Seleccione en el Voltímetro la función voltaje y la escala 1V.



8. Seleccione en el Voltímetro el modo de regeneración continua de la pantalla desde el menú Ver.



(O Presionando F6)

Ahora el Voltímetro indica el voltaje eficaz de la señal de la onda sinusoidal en la SALIDA A del Generador doble de funciones.

En el Generador doble de funciones, varíe suavemente el control de ajuste del NIVEL DE SALIDA del canal A mientras observa la pantalla del Voltímetro. Observe que el indicador de voltaje cambia a medida que varía el control de ajuste del NIVEL DE SALIDA. Esto ocurre porque la pantalla del Voltímetro se actualiza a intervalos regulares de tiempo cuando se selecciona el modo de regeneración continua.

9. Seleccione en el Voltímetro el modo de regeneración manual de la pantalla desde el comando correspondiente en el menú Ver. En el Generador doble de funciones, varíe suavemente el control de ajuste del NIVEL DE SALIDA del canal A mientras observa la pantalla del Voltímetro. Observe que el indicador de voltaje no cambia cuando se mueve el control de ajuste del NIVEL DE SALIDA. Esto ocurre porque la pantalla del Voltímetro no se actualiza a intervalos regulares de tiempo cuando se selecciona el modo de regenerar.

10. Seleccione en el Voltímetro el modo de regeneración continua de la pantalla.

En el Generador doble de funciones, ajuste el NIVEL DE SALIDA del canal A hasta que el Voltímetro se aproxime a 0.700 V. Esto configura el voltaje RMS de la señal sinusoidal.

En el Generador doble de funciones, ajuste el NIVEL DE SALIDA del canal al máximo. Observe que los dígitos en la pantalla del Voltímetro pasan de verde a amarillo. Esto



indica que el nivel de la señal que está siendo medida, excede la escala seleccionada, de tal manera que es necesario seleccionar una escala mayor para obtener una medida confiable. Seleccione la escala 10-V en el Voltímetro. Observe que los dígitos de la pantalla del Voltímetro, pasan de amarillo a verde, lo cual indica que el nivel de la señal medida, se encuentra dentro de la escala seleccionada.

11. En el Generador doble de funciones, ajuste el control del Atenuador del canal Aa 20dB. Esto divide el voltaje de la señal sinusoidal en un factor de 10.

Observe que los dígitos de la pantalla del Voltímetro pasan de verde a azul. Esto indica que el nivel de la señal medida está por debajo de la escala seleccionada y por lo tanto, es necesario seleccionar una escala menor para obtener una medida confiable y precisa.

Seleccione la escala 1 V en el Voltímetro. Observe que los dígitos en la pantalla del Voltímetro pasan de azul a verde, lo cual indica que la señal medida se encuentra dentro de la escala seleccionada.

12. Seleccione en el Voltímetro la función Escala Auto haciendo clic en el botón correspondiente.

En el Generador doble de funciones, ajuste el control del Atenuador del canal A a 40 dB, a 0 dB y luego regrese a 20 dB. Mientras hace esto, observe que el Voltímetro selecciona automáticamente la escala apropiada para la medida de voltaje de la onda sinusoidal.

Seleccione en el Voltímetro el modo de regeneración manual de la pantalla.

### USO DEL FRECUENCÍMETRO

13. Encienda el Frecuencímetro con el comando respectivo del menú Instrumentos o haciendo clic en el botón correspondiente de la barra de herramientas.



#### Ícono del frecuencímetro

14. Realice los siguientes ajustes al Frecuencímetro:

Función ..... Frecuencia  
 Resolución ..... 10-100 kHz  
 Atenuador ..... 0 dB



**Pantalla del Frecuencímetro**

15. Seleccione en el Frecuencímetro el modo de regeneración continua de la pantalla con el comando correspondiente [F6].

Ahora el Frecuencímetro indica la frecuencia de la señal sinusoidal en la SALIDA A del Generador doble de funciones.

En el Generador doble de funciones, varíe el control de ajuste de FRECUENCIA del canal A mientras observa la pantalla del Frecuencímetro. Observe que el indicador de frecuencia cambia a medida que varía el control de FRECUENCIA. Esto sucede porque la pantalla del Frecuencímetro se actualiza a intervalos regulares de tiempo cuando se selecciona el modo de regeneración continua.

16. Seleccione en el Frecuencímetro el modo de regeneración manual de la pantalla, seleccionando el comando correspondiente [F5]

En el Generador doble de funciones, varíe el control de ajuste de FRECUENCIA del canal A mientras observa la pantalla del frecuencímetro. Observe que el indicador de frecuencia no cambia a medida que se varía control de ajuste de FRECUENCIA. Esto ocurre porque la pantalla del Frecuencímetro no se actualiza a intervalos regulares de tiempo cuando se selecciona el modo de regenerar.

17. Seleccione en el Frecuencímetro el modo de regeneración continua de la pantalla.

En el Generador doble de funciones, varíe el control de ajuste de FRECUENCIA del canal A hasta que el frecuencímetro indique 50.0 kHz aprox. Esto ajusta la frecuencia de la onda sinusoidal.

18. Seleccione en el Frecuencímetro la resolución de 10 Hz, luego la resolución de 1 Hz mientras observa la pantalla de frecuencia. Observe que en la pantalla de frecuencia aparecen más dígitos (después del punto decimal) cada vez que se selecciona una resolución

---

más alta, esto para tener una lectura más precisa.

19. Seleccione en el Frecuencímetro la resolución de 0.1 Hz mientras observa la pantalla de frecuencia. Observe que los dígitos en la pantalla del Frecuencímetro pasande verde a azul y no aparecen dígitos adicionales. Esto indica que esa resolución no sepuede lograr esa frecuencia debido a las limitaciones técnicas del sistema y a que se debería seleccionar una menor resolución.

Seleccione en el Frecuencímetro la resolución de 100 Hz.

20. Seleccione en el frecuencímetro la función periodo. El frecuencímetro muestra el periodo de la señal sinusoidal a la SALIDA A del Generador doble de funciones. Indique cuál es el valor de la resolución.      ns.



Seleccione en el frecuencímetro la resolución de 10 ns y anote sus observaciones.

21. Seleccione en el frecuencímetro la resolución de 1ns, luego de 0.1 ns al tiempo que observa el periodo en la pantalla. Observe que los dígitos de la pantalla del frecuencímetro pasan de verde a azul. Esto indica que esas resoluciones no se pueden lograr cuando se mide un periodo de esa longitud, esto ocurre dadas las limitaciones técnicas del sistema, así, se debería escoger una menor resolución.

Seleccione en el frecuencímetro la resolución de 100 ns.

22. Realice los siguientes ajustes en el canal A del Generador doble de funciones: Escala de frecuencia. . . 100-1000 Hz

En el Generador doble de funciones, varíe el control de ajuste de FRECUENCIA del canal A, hasta que el periodo de la señal sinusoidal en la SALIDA A sea de 100 ns.

¿A qué frecuencia se ajusta la señal?

23. Seleccione en el frecuencímetro la función contador. Ahora el frecuencímetro cuenta



---

los ciclos en la señal sinusoidal de la SALIDA A del Generador doble de funciones. La cuenta indicada en la pantalla del frecuencímetro aumenta regularmente dado que el modo de regeneración continua de la pantalla esta seleccionado.

En el frecuencímetro, haga clic en el botón Reajustar. Observe que el contador vuelve a cero.

24. Seleccione en el frecuencímetro el modo regenerar en la pantalla. Observe que un valor fijo queda en la pantalla, debido a que esta no se está actualizando a intervalos regulares de tiempo.
25. Seleccione en el frecuencímetro el modo de regeneración continua al tiempo que observa la pantalla. Observe que de repente el contador salta a un valor alto. Esto ocurre porque el frecuencímetro continúa con el conteo de ciclos de la señal sinusoidal de la SALIDA A del Generador doble de funciones, incluso cuando el modo de regeneración manual de la pantalla es seleccionado.

Seleccione en el frecuencímetro el modo de regeneración manual de la pantalla.

26. Cierre el Voltímetro y el Frecuencímetro.

Apague el Generador doble de funciones, el Módulo VTEI y la Fuente de alimentación / Amplificador doble de audio.

### **CUESTIONARIO**

1. Indique cuales son los instrumentos basados en computadora utilizados en el software de Lab -Volt Festo.
2. Escriba las ventajas y desventajas en el uso de instrumentos virtuales a través de una computadora.
3. ¿Cuál es su opinión acerca de los softwares Lab-Volt y ELVIS II?

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**



## APENDICE A. BIBLIOGRAFÍA

### **BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA:**

- 1 Wayne, Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, Pearson Education, 2003
- 2 Lathi, Bhagwandas Pannalal, *Sistemas de comunicación*, McGraw-Hill, 1991,
- 3 Coughlin, Robert F., *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*, Prentice Hall, 2002
- 4 Blake Roy, *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*, Tomson, 2004.
- 5 Arnau Vives, Antonio, *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones I*, Universidad Politécnica de Valencia.



## APENDICE B. HOJAS TECNICAS

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR®

[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

# LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

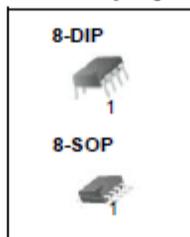
## Dual Operational Amplifier

### Features

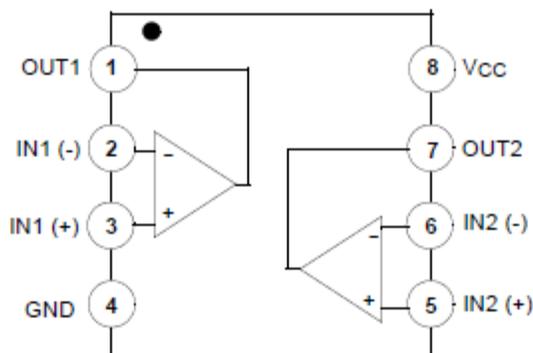
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:  
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or  $\pm 1.5V \sim 16V$ )  
LM2904 : 3V~26V (or  $\pm 1.5V \sim 13V$ )
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to  $V_{CC} - 1.5V$  DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

### Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



### Internal Block Diagram





## Balanced Modulators/ Demodulators

These devices were designed for use where the output voltage is a product of an input voltage (signal) and a switching function (carrier). Typical applications include suppressed carrier and amplitude modulation, synchronous detection, FM detection, phase detection, and chopper applications. See Motorola Application Note AN531 for additional design information.

- Excellent Carrier Suppression –85 dB typ @ 0.5 MHz  
 –50 dB typ @ 10 MHz
- Adjustable Gain and Signal Handling
- Balanced Inputs and Outputs
- High Common Mode Rejection –85 dB typical

This device contains 8 active transistors.

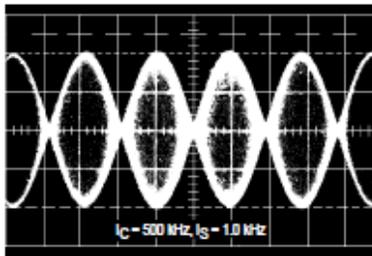


Figure 1. Suppressed Carrier Output Waveform

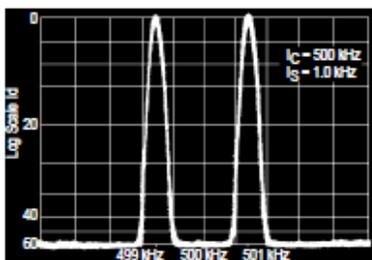


Figure 2. Suppressed Carrier Spectrum

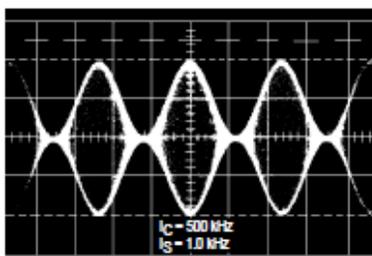


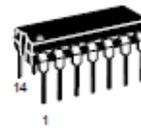
Figure 3. Amplitude Modulation Output Waveform

Order this document by MC1496/D

## MC1496, B

### BALANCED MODULATORS/DEMODULATORS

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

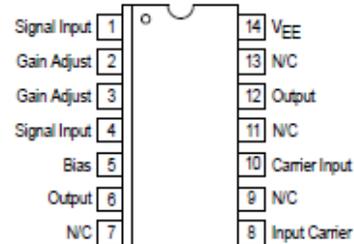


D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751A  
(SO-14)

P SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646



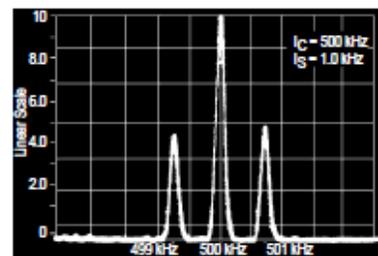
#### PIN CONNECTIONS

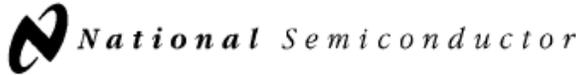


#### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC1496D	$T_A = 0^\circ\text{C to } +70^\circ\text{C}$	SO-14
MC1496P		Plastic DIP
MC1496BP	$T_A = -40^\circ\text{C to } +125^\circ\text{C}$	Plastic DIP

Figure 4. Amplitude-Modulation Spectrum





October 1989

**CD4051BM/CD4051BC Single 8-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer**  
**CD4052BM/CD4052BC Dual 4-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer**  
**CD4053BM/CD4053BC Triple 2-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer**

**General Description**

These analog multiplexers/demultiplexers are digitally controlled analog switches having low "ON" impedance and very low "OFF" leakage currents. Control of analog signals up to 15V<sub>p-p</sub> can be achieved by digital signal amplitudes of 3–15V. For example, if V<sub>DD</sub>=5V, V<sub>SS</sub>=0V and V<sub>EE</sub>=–5V, analog signals from –5V to +5V can be controlled by digital inputs of 0–5V. The multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full V<sub>DD</sub>–V<sub>SS</sub> and V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub> supply voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logical "1" is present at the inhibit input terminal all channels are "OFF".

CD4051BM/CD4051BC is a single 8-channel multiplexer having three binary control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned "ON" and connect the input to the output.

CD4052BM/CD4052BC is a differential 4-channel multiplexer having two binary control inputs, A and B, and an inhibit input. The two binary input signals select 1 or 4 pairs of channels to be turned on and connect the differential analog inputs to the differential outputs.

CD4053BM/CD4053BC is a triple 2-channel multiplexer having three separate digital control inputs, A, B, and C, and

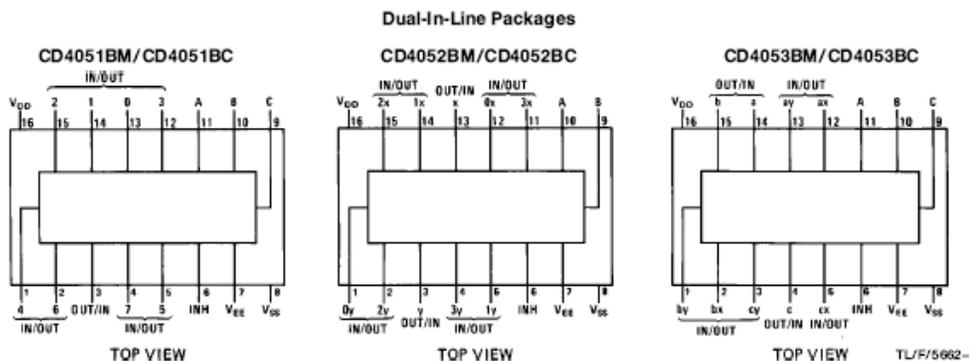
an inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels which are connected in a single-pole double-throw configuration.

**Features**

- Wide range of digital and analog signal levels: digital 3–15V, analog to 15V<sub>p-p</sub>
- Low "ON" resistance: 80Ω (typ.) over entire 15V<sub>p-p</sub> signal-input range for V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub>=15V
- High "OFF" resistance: channel leakage of ±10 pA (typ.) at V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub>=10V
- Logic level conversion for digital addressing signals of 3–15V (V<sub>DD</sub>–V<sub>SS</sub>=3–15V) to switch analog signals to 15 V<sub>p-p</sub> (V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub>=15V)
- Matched switch characteristics: ΔR<sub>ON</sub>=5Ω (typ.) for V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub>=15V
- Very low quiescent power dissipation under all digital-control input and supply conditions: 1 μW (typ.) at V<sub>DD</sub>–V<sub>SS</sub>=V<sub>DD</sub>–V<sub>EE</sub>=10V
- Binary address decoding on chip

**CD4051BM/CD4051BC, CD4052BM/CD4052BC, CD4053BM/CD4053BC Analog Multiplexer/Demultiplexers**

**Connection Diagrams**

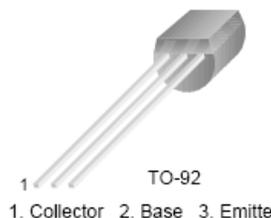




## BC546/547/548/549/550

### Switching and Applications

- High Voltage: BC546,  $V_{CE0}=65V$
- Low Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556 ... BC560



### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : BC546	80	V
	: BC547/550	50	V
	: BC548/549	30	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : BC546	65	V
	: BC547/550	45	V
	: BC548/549	30	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V
	: BC548/549/550	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	100	mA
$P_C$	Collector Power Dissipation	500	mW
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ C$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ C$

#### Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		90	250	mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		200	600	mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		700		mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		900		mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	660	700	mV
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
$C_{ib}$	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF
NF	Noise Figure	: BC546/547/548		2	10	dB
		: BC549/550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$	1.2	4	dB
		: BC549	$f=1KHz, R_G=2K\Omega$	1.4	4	dB
		: BC550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$ $R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$	1.4	3	dB

### $h_{FE}$ Classification

Classification	A	B	C
$h_{FE}$	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

## NPN switching transistors

## 2N2222; 2N2222A

### FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

### APPLICATIONS

- Linear amplification and switching.

### DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.  
 PNP complement: 2N2907A.

### PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

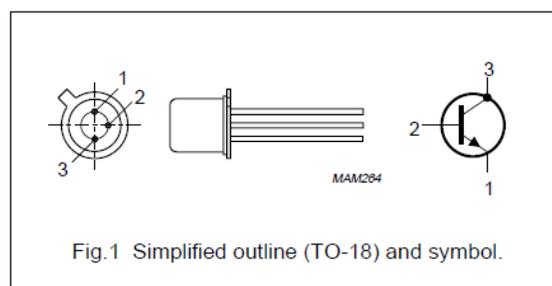
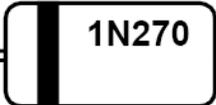


Fig.1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter			
	2N2222		–	60	V
	2N2222A		–	75	V
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base			
	2N2222		–	30	V
	2N2222A		–	40	V
$I_C$	collector current (DC)		–	800	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	500	mW
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
$f_T$	transition frequency	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$			
	2N2222		250	–	MHz
	2N2222A		300	–	MHz
$t_{off}$	turn-off time	$I_{Con} = 150\text{ mA}; I_{Bon} = 15\text{ mA}; I_{Boff} = -15\text{ mA}$	–	250	ns

**Gold Bonded**



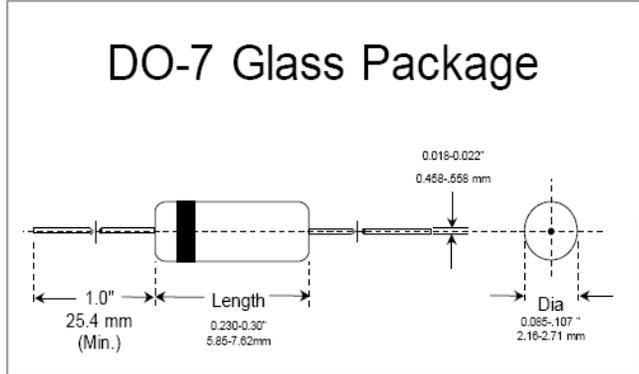
**Germanium Diodes**

*Optimized for Radio Frequency Response*

Can be used in many AM, FM and TV-IF applications, replacing point contact devices.

**Applications**

- AM/FM detectors
- Ratio detectors
- FM discriminators
- TV audio detectors
- RF input probes
- TV video detectors



**Features**

- Lower leakage current
- Flat junction capacitance
- High mechanical strength
- At least 1 million hours MTBF
- BKC's Sigma-Bond™ plating for problem free solderability

Absolute Maximum Ratings at  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parameter	Symbols	Min.	Max.	Units
Peak Inverse Voltage	PIV	**	100	Volts
Surge Current, $t = 1$ Second	$I_{FSM}$		0.5	Amps
Average Rectified Forward Current	$I_O$		40	mA
Peak Operating Current	$I_{OS}$		325	mA
Operating and Storage Temperatures	$T_{J \& STG}$	-65	+90	$^{\circ}\text{C}$

Electrical Characteristics at  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbols	Min.	Typ.	Max.	Units
Forward Voltage Drop	$I_F = 200\text{ mA}$	$V_F$			1.00	Volts
Breakdown Voltage @ $I_R = 1.0\text{ mA}$		PIV	100			Volts
Reverse Leakage	$V_R = 50\text{ Volts}$	$I_R$		**	100	$\mu\text{A}$
Junction Capacitance	$f = 1\text{ MHz}, V_R = 1\text{ volt}$	$C_J$		0.8		pF



6 Lake Street - Lawrence, MA 01841  
 Tel: 978-681-0392 - Fax: 978-681-9135



## NTE109 Germanium Diode Fast Switching General Purpose

**Description:**

The NTE109 is a high conductance device with good switching characteristics for low impedance circuits, high resistance–high conductance for efficient coupling, clamping and matrix service, and forward and inverse pulse recovery for critical pulse applications.

**Absolute Maximum Ratings:** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Continuous Inverse Operating Voltage (Note 1), $V_{cont}$ .....	80V
Continuous Average Forward Current, $I_F$ .....	60mA
Peak Recurrent Forward Current (Note 2) .....	325mA
Forward Surge Current (1 sec), $I_{FSM}$ .....	500mA

**Electrical Characteristics:**

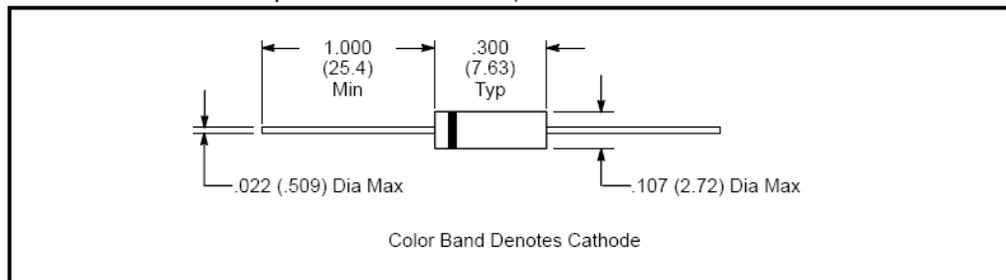
Peak Reverse Voltage, $P_{RV}$ .....	100V
Forward Voltage Drop ( $I_F = 200\text{mA}$ ), $V_F$ .....	1.0V
Maximum Reverse Leakage ( $V_R = 50\text{V}$ ), $I_R$ .....	100 $\mu\text{A}$

**Additional Specifications:**

Ambient Temperature Range, $T_A$ .....	$-78^\circ$ to $+90^\circ\text{C}$
Absolute Maximum Storage Temperature Range, $T_{stg}$ .....	$-78^\circ$ to $+100^\circ\text{C}$
Average Power Dissipation ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ ), $P_D$ .....	80mW
Derate Above $25^\circ\text{C}$ .....	10mW/ $10^\circ\text{C}$
Average Shunt Capacitance .....	0.5 $\mu\text{fd}$
Average 100mc Rect. Efficient .....	55%

Note 1 The continuous inverse operating voltage,  $V_{cont}$  must be reduced when the diode is operated at elevated junction temperature. The percent derating of  $V_{cont}$  for each  $10^\circ\text{C}$  temperature increment above  $25^\circ\text{C}$  is equal to  $V_{cont}/10$ . For critical high temperature–high voltage applications, is recommended that diodes be 100% tested and specified at the elevated temperature.

Note 2 The peak operating current is generally the controlling factor in AC rectifier service and may be exceeded for pulses of less than 200 $\mu\text{s}$  duration.





LM565/LM565C Phase Locked Loop



May 1999

## LM565/LM565C Phase Locked Loop

### General Description

The LM565 and LM565C are general purpose phase locked loops containing a stable, highly linear voltage controlled oscillator for low distortion FM demodulation, and a double balanced phase detector with good carrier suppression. The VCO frequency is set with an external resistor and capacitor, and a tuning range of 10:1 can be obtained with the same capacitor. The characteristics of the closed loop system—bandwidth, response speed, capture and pull in range—may be adjusted over a wide range with an external resistor and capacitor. The loop may be broken between the VCO and the phase detector for insertion of a digital frequency divider to obtain frequency multiplication.

The LM565H is specified for operation over the  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  military temperature range. The LM565CN is specified for operation over the  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$  temperature range.

### Features

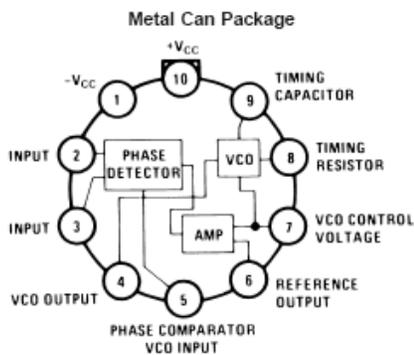
- 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$  frequency stability of the VCO
- Power supply range of  $\pm 5$  to  $\pm 12$  volts with 100 ppm/% typical

- 0.2% linearity of demodulated output
- Linear triangle wave with in phase zero crossings available
- TTL and DTL compatible phase detector input and square wave output
- Adjustable hold in range from  $\pm 1\%$  to  $> \pm 60\%$

### Applications

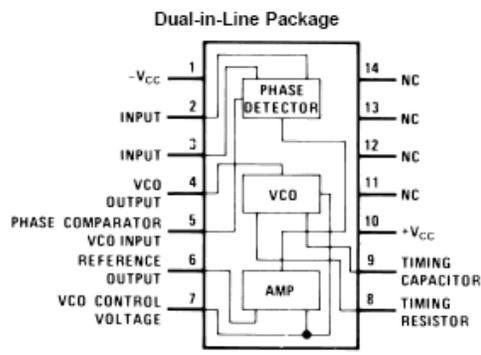
- Data and tape synchronization
- Modems
- FSK demodulation
- FM demodulation
- Frequency synthesizer
- Tone decoding
- Frequency multiplication and division
- SCA demodulators
- Telemetry receivers
- Signal regeneration
- Coherent demodulators

### Connection Diagrams



Order Number LM565H  
See NS Package Number H10C

DS007853-2



Order Number LM565CN  
See NS Package Number N14A

DS007853-3



## NPN medium frequency transistors

## BF494; BF495

### FEATURES

- Low current (max. 30 mA)
- Low voltage (max. 20 V).

### APPLICATIONS

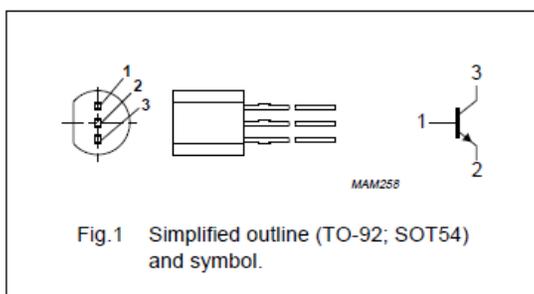
- HF applications in radio and television receivers
- FM tuners
- Low noise AM mixer-oscillators
- IF amplifiers in AM/FM receivers.

### DESCRIPTION

NPN medium frequency transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.

### PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	base
2	emitter
3	collector

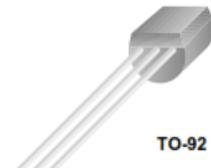


### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter	–	30	V
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base	–	20	V
$I_{CM}$	peak collector current		–	30	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	–	300	mW
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$			
	BF494		67	220	
	BF495		35	125	
$f_T$	transition frequency	$I_C = 1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	120	–	MHz



## BF494 NPN RF Transistor



TO-92

1. Collector 2. Emitter 3. Base

### Absolute Maximum Ratings \* $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	20	V
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	30	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5.0	V
$I_C$	Collector Current - Continuous	30	mA
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

#### NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Unit
$P_D$	Total Device Dissipation, by $R_{\theta JA}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	350 2.8	mW mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to case	125	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	357	$^\circ\text{C}/\text{W}$

### Electrical Characteristics\* $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Max.	Units
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0\text{mA}, I_B = 0$	20		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\mu\text{A}, I_E = 0$	30		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\mu\text{A}, I_C = 0$	5.0		V
$I_{CES}$	Collector-Emitter Sustaining Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0\text{V}$		10	nA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 1\text{mA}$	67	222	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 5\text{mA}$		0.2	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 5\text{mA}$		0.92	V
$V_{BE(ON)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 10\text{mA}$	650	740	mV

\* DC item are tested by Pulse Test: Pulse Width:300us, Duty Cycle:2%



BF 494

BF 495

NPN SILICON RF SMALL SIGNAL TRANSISTORS

**MICRO ELECTRONICS**

THE BF494, BF495 ARE NPN SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS FOR RF SMALL SIGNAL APPLICATIONS UP TO 100MHz.

CASE TO-92E



CBE

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

		BF494	BF495
Collector-Base Voltage	V <sub>CB0</sub>	30V	30V
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CE0</sub>	20V	20V
Emitter-Base Voltage	V <sub>EB0</sub>	5V	5V
Collector Current	I <sub>C</sub>	30mA	
Total Power Dissipation (T <sub>A</sub> ≤ 75°C)	P <sub>tot</sub>	300mW derate 4mW/°C above 75°C	
Operating Junction & Storage Temperature	T <sub>j</sub> , T <sub>stg</sub>	-55 to 150°C	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

PARAMETER	SYMBOL	BF494		BF495		UNIT	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP MAX	MIN	TYP MAX		
Emitter-Base Breakdown Voltage	BV <sub>EBO</sub>	5		5		V	I <sub>E</sub> = 10μA I <sub>C</sub> = 0
Collector Cutoff Current	I <sub>CBO</sub>		0.1		0.1	μA	V <sub>CB</sub> = 30V I <sub>E</sub> = 0
Collector Cutoff Current	I <sub>CEO</sub>		1		1	μA	V <sub>CE</sub> = 20V I <sub>B</sub> = 0
Collector-Emitter Saturation Voltage	V <sub>CE(sat)</sub>	0.1		0.1		V	I <sub>C</sub> = 10mA I <sub>B</sub> = 1mA
Base-Emitter Voltage	V <sub>BE</sub>	.65 .68 .74		.65 .68 .74		V	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V
D.C. Current Gain	H <sub>FE</sub>	67 115 220		36 67 125			I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V*
Current Gain-Bandwidth Product	f <sub>T</sub>	260		200		MHz	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V
Feedback Capacitance	C <sub>re</sub>	.85		.85		pF	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V f = 450KHz
Noise Figure	N <sub>F</sub>	4		4		dB	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V R <sub>C</sub> = 100Ω f = 100MHz
Mixing Noise Figure	N <sub>Fc</sub>	2				dB	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V R <sub>C</sub> = 830Ω f = 1MHz
	N <sub>Fc</sub>			2.5		dB	I <sub>C</sub> = 1mA V <sub>CE</sub> = 10V R <sub>C</sub> = 670Ω f = 1MHz

\* HFE Grouping :

B : 100-220 C : 72-110 D : 36-80

**MICRO ELECTRONICS LTD.**

38 HUNG TO ROAD, KWUN TONG, HONG KONG. TELEX 43510  
 KWUN TONG P. O. BOX 69477 CABLE ADDRESS "MICROTRON" FAX: 3-4103  
 TELEPHONE: 3-430181-6 3-999969 3-892423