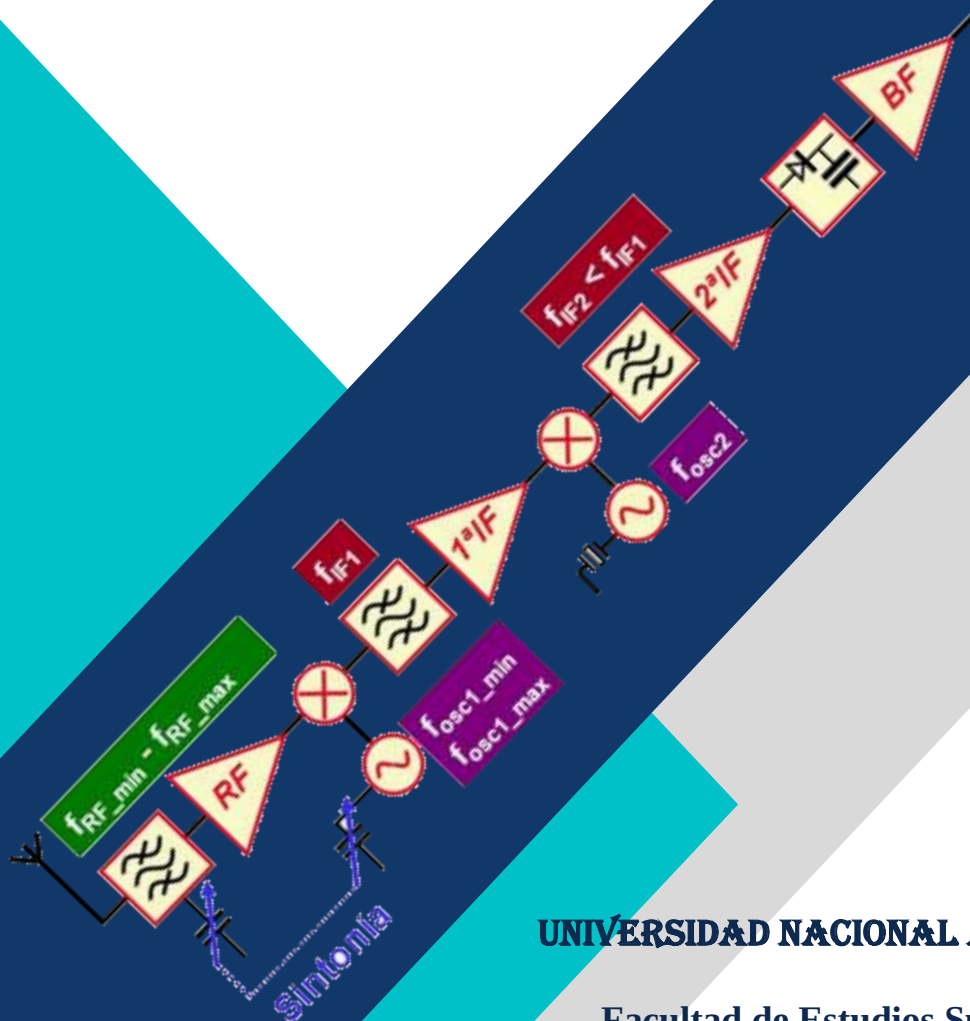


MANUAL DE PRÁCTICAS DE DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS DE RADIO FRECUENCIA (RF)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica

Departamento de Ingeniería

Sección Electrónica

Asignatura: Dispositivos y Circuitos de Radio Frecuencia (RF)

Clave Carrera: 130 Clave Asignatura: 67

**Autor: Ing. Marcelo Bastida Tapia
Semestre 2025-1.**

Fecha de modificación: Julio 2024.



CONTENIDO

ÍNDICE		i
OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA		ii
OBJETIVOS DEL CURSO EXPERIMENTAL		ii
INTRODUCCIÓN		iii
REGLAMENTO DE LABORATORIO		iv
INSTRUCCIONES PARA ELABORAR EL REPORTE		v
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		vi
Práctica 1	Circuitos sintonizados 1.2. Circuitos RLC	1
Práctica 2	Amplificador Clase A sintonizado 3.2 Amplificadores de Radio frecuencia con transistores bipolar.	6
Práctica 3	Mezclador Simple 4.2. Mezclador de diodos balanceados.	9
Práctica 4	Mezclador Balanceado 4.4. Mezcladores de circuito integrado.	12
Práctica 5	Oscilador Colpitts 5.1. Osciladores LC.	16
Práctica 6	Oscilador Pierce 5.2. Oscilador de cristal.	19
Practica 7	Multiplicador de frecuencia 6.2. Multiplicador de frecuencia utilizando amplificadores clase C.	22
Practica 8	Demodulador PLL 7.2. Análisis y características de los circuitos de Control Automáticos de Frecuencia. .	24
Apéndice A	Bibliografía	28
Apéndice B	Hojas Técnicas	29



Objetivo General de la Asignatura

Al finalizar el curso el alumno conocerá diversos dispositivos empleados en radio frecuencia, así como comprenderá, analizará, diseñará e implementará circuitos electrónicos analógicos y digitales que son usados en los sistemas de comunicaciones dentro del espectro electromagnético de radio frecuencia (RF).

Objetivos del Curso Experimental

- Comprender el funcionamiento práctico de un sistema de comunicaciones.
- Conocer los circuitos básicos de un transmisor y receptor de radiofrecuencia.

Introducción

En esencia, comunicaciones electrónicas es la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos. La información se define como el conocimiento, la sabiduría o la realidad y puede ser en forma analógica (proporcional o continua), tal como la voz humana, información sobre una imagen de video, o música, o en forma digital (etapas discretas), tales como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos. Toda la información debe convertirse a energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electrónicas.

La figura 1 es un diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones electrónicas mostrando la relación entre la información de la fuente original, el transmisor, el medio de transmisión (conducto), el receptor, y la información recibida en el destino. Como se muestra en la figura, un sistema de comunicaciones electrónicas consiste de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor.



Figura 1. Sistema de comunicaciones

- El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión.
- El medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (tal como un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre), y



- *El receptor* convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino. La información original puede originarse de una variedad de fuentes diferentes y ser de forma analógica o digital.

El espectro total de la frecuencia electromagnética está dividido en subsectores o bandas. Cada banda tiene un nombre y límites. En Estados Unidos, las asignaciones de frecuencias para la propagación de radio en espacio libre son asignadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Por ejemplo, la banda de radiodifusión de FM comercial se extiende de 88 a 108 MHz. Las frecuencias exactas asignadas a transmisores específicos funcionando en las diversas clases de servicios están constantemente actualizándose y alterándose, para cubrir las necesidades de comunicaciones de la nación. Sin embargo, la división general del espectro de frecuencia totalmente utilizable se decide en las Convenciones Internacionales de Telecomunicaciones, las cuales son realizadas aproximadamente cada 10 años.

El espectro de frecuencia de radio (RF) totalmente utilizable se divide en bandas de frecuencia más angostas, las cuales son asignadas con nombres descriptivos y números de banda.



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

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/)
 - 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).
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 prácticas	40%
C2	Habilidad en el armado y funcionalidad de los sistemas	10%
C3	Habilidad para el manejo del equipo e interpretación correcta de lecturas	10%
C4	Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	40%



Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 1

Circuitos sintonizados

Tema

1.2. Circuitos RLC

Objetivos

- Implementar circuitos sintonizados RLC en serie y paralelo.
- Verificar el factor de calidad y ancho de banda de los circuitos RLC.

Introducción

Las dos características principales de un circuito sintonizado LC son su frecuencia de resonancia y su Q . La f_r determina qué frecuencias de señal pueden amplificarse. La Q determina el ancho de banda.

Q, o factor (índice) de calidad.

En general Q se determina por la razón de la energía almacenada o reactiva para la energía disipada o resistiva. La energía reactiva de una bobina se determina por X_L . La energía disipada de la bobina se determina por la resistencia en serie r_s del devanado. Para una bobina, por tanto,

$$Q = \frac{X_L}{r_s}$$

Para calcular Q con la R_p en paralelo en lugar de la r_s en serie la fórmula es

$$Q = \frac{R_p}{X_L}$$

En la figura 1.1 se comparan dos curvas de impedancia para circuitos resonantes en paralelo. Ambas tienen la misma frecuencia de resonancia, pero valores diferentes de Q . Nótese que la curva de alta Q tiene más alta impedancia en f_r . Sin embargo, esta curva es más estrecha, lo que significa un menor ancho de banda. La curva con más baja Q tiene mayor ancho de banda, pero menos ganancia.

La alta impedancia para la carga del amplificador significa alta ganancia. Además, una curva de El ancho de banda de un circuito de sintonía única puede calcularse por la fórmula

$$\beta w = \frac{f_r}{Q}$$

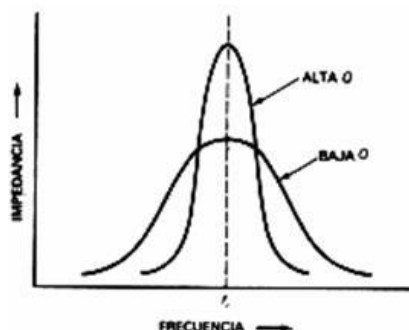


Figura 1.1. Curvas de impedancia para resonancia en paralelo con Q alta y baja

Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Realice el cálculo del valor C_1 , para que el circuito de la figura 1.2 se sintonice a: 100KHz, 200KHz y 500KHz.
3. Calcule el factor de calidad del circuito de la figura 1.2, para cada valor de frecuencia de sintonización.
4. Realice la simulación del circuito de la figura 1.2, para obtener la respuesta en frecuencia para cada valor de capacitor.

Material

- Tableta de Conexiones.
- Alambres y cables para conexiones.
- 1 resistencia de $1K \Omega @ \frac{1}{2} \text{ Watt}$ (R_1).
- Capacitores varios de acuerdo con los valores calculados en la actividad 2.
- 1 bobina de $15\mu H$ (L_1)

Equipo

- 1 Generador de funciones.
- 1 Osciloscopio.

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 1.2, con C_1 , para $f_0 = 100 \text{ KHz}$.
2. Configure el generador de funciones, con una señal $v(t) = 2 \sin 100K \cdot 2 \cdot \pi t [\text{rad/seg}]$.
3. Conecte el canal uno del osciloscopio al generador de funciones y el canal dos en la salida "Vout", grafique la señal de entrada y salida observadas en el osciloscopio.
4. Variando la frecuencia del generador de funciones, proceda a llenar la tabla 1.1

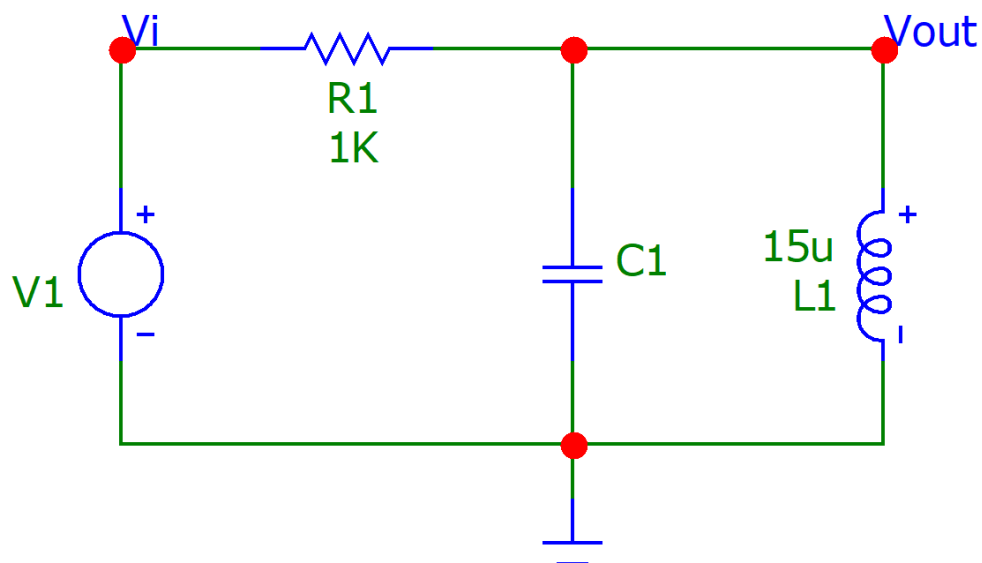


Figura 1.2. Circuito RLC

Frecuencia [KHz]	Vin [V]	Vout [V]
10		
30		
50		
60		
70		
80		
90		
95		
100		
105		
110		
150		
200		
250		
300		
500		
750		
1000		

Tabla 1.1. Respuesta en frecuencia para $f_0=100\text{KHz}$



5. Cambie el capacitor para $f_0 = 200$ KHz y 500KHz, repitiendo el punto 3 para cada uno, y llenando las tabas 1.2 y 1.3 respectivamente.

Frecuencia [KHz]	Vin [V]	Vout [V]
20		
50		
100		
150		
170		
180		
190		
195		
200		
205		
210		
220		
250		
270		
300		
500		
1000		
2000		

Tabla 1.2. Respuesta en frecuencia para $f_0=200$ KHz

Frecuencia [KHz]	Vin [V]	Vout [V]
50		
100		
300		
400		
450		
480		
490		
500		
510		
520		
550		
600		
800		



1000		
1500		
2000		
3000		
5000		

Tabla 1.3. Respuesta en frecuencia para $f_0=500\text{KHz}$

Cuestionario

1. Grafique en papel semilogarítmico sobre la misma hoja la curva de respuesta en frecuencia con los resultados obtenidos en las tablas 1.1, 1.2 y 1.3.
2. Compare las gráficas obtenidas en el punto 3 de las actividades previas con el punto 1 del cuestionario y anote sus comentarios.
3. Calcule el factor de calidad y el ancho de banda práctico del circuito y frecuencia de resonancia, compárelos con los obtenidos en el punto 3 de las actividades previas.

Conclusiones

Bibliografía

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



Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 2

Amplificador Clase A Sintonizado

Tema

3.2 Amplificadores de Radio frecuencia con transistores bipolar

Objetivos

- Implementar un amplificador de radio frecuencia con transistores bipolares
- Verificar la respuesta en frecuencia del amplificador sintonizado.

Introducción

Un amplificador sintonizado se compone de un circuito tanque conectado a la salida de un amplificador y su función es amplificar frecuencias predefinidas. El amplificador tiene una ganancia propia, sin embargo, el circuito sintonizado hace que se modifique. La ganancia es proporcional a la magnitud de la impedancia del circuito sintonizado, por lo que, mientras más cerca se esté de la frecuencia de resonancia, la ganancia será mayor.

Estos amplificadores se diseñan para rechazar todas las señales cuyas frecuencias se encuentran por debajo y por encima de la banda de operación. Se utilizan extensamente en la mayoría de los equipos de comunicaciones, para poder recibir señales moduladas (AM, FM, etc.) sin distorsión apreciable, manteniendo la potencia de ruido tan pequeña como sea posible.

Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Realice el cálculo de la ganancia del circuito de la figura 2.1, en voltaje y decibeles.
3. Calcule la frecuencia de sintonización del circuito de la figura 2.1.
4. Realice la simulación del circuito de la figura 2.1, para obtener la respuesta en frecuencia, iniciando una década antes de la frecuencia de sintonización y terminando una década después.

Material

- Tableta de Conexiones.
- Alambres y cables para conexiones.
- 1 resistencia de $2.2K \Omega @ \frac{1}{2}$ Watt (R_4).
- 1 resistencia de $4.7K \Omega @ \frac{1}{2}$ Watt (R_3).
- 1 resistencia de $15K \Omega @ \frac{1}{2}$ Watt (R_1).
- 1 resistencia de $220K \Omega @ \frac{1}{2}$ Watt (R_2).
- 1 capacitor de $1.5nF$ (C_1).
- 2 capacitores de $100nF$ (C_1 y C_2).



- 1 capacitor de $1\mu\text{F}$ @ 25V (C_4).
- 1 bobina de $15\mu\text{H}$ (L_1)
- 1 Transistor 2N2219 o 2N2222A, de encapsulado metálico (Q_1)

Equipo

- 1 Generador de funciones.
- 1 Osciloscopio.

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 2.1.
2. Configure el generador de funciones, con una señal $v(t) = 0.25 \sin 1\text{M} \cdot 2\pi t$ [rad/seg].
3. Conecte el canal uno del osciloscopio al generador de funciones y el canal dos en la salida “Vout”, grafique la señal de entrada y salida observadas en el osciloscopio.
4. Variando la frecuencia del generador de funciones, proceda a llenar la tabla 2.1

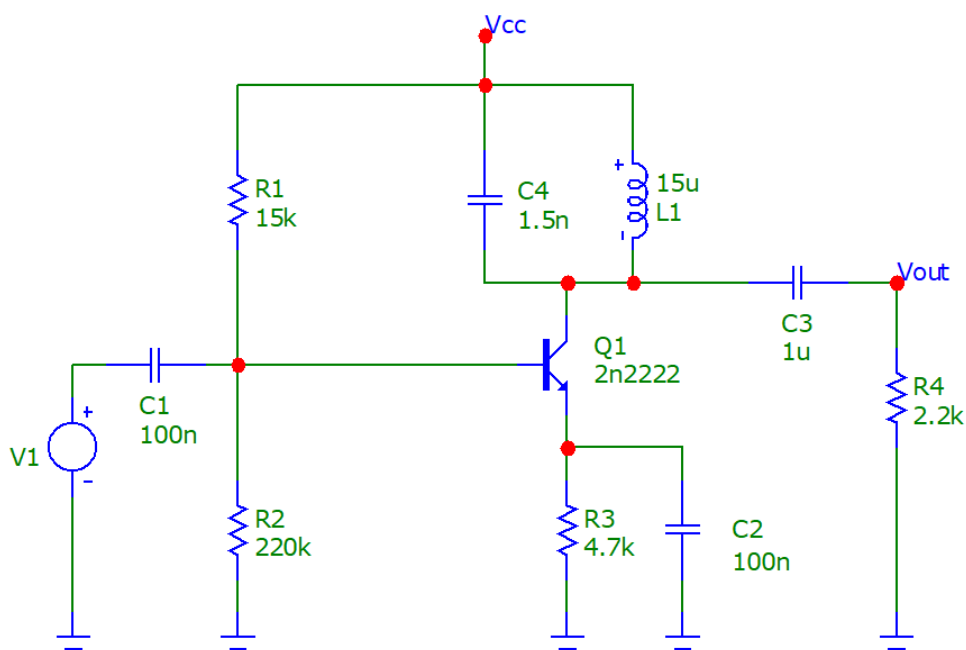


Figura 2.1. Amplificador sintonizado

Frecuencia [KHz]	Vin [V]	Vout [V]
100		
300		



500		
600		
700		
800		
900		
950		
1000		
1050		
1100		
1500		
2000		
2500		
3000		
5000		
7500		
10000		

Tabla 2.1. Respuesta en frecuencia

Cuestionario

1. Calcule la ganancia del circuito con los voltajes obtenidos en el punto 3 del procedimiento experimental, tanto en voltaje como en decibeles, compárelos con los obtenidos en el punto 2 de las actividades previas y anote sus comentarios.
2. Grafique en papel semilogarítmico sobre la misma hoja la curva de respuesta en frecuencia con los resultados obtenidos en la tabla 2.1
3. Compare la gráfica obtenida en el punto 4 de las actividades previas con el punto 2 del cuestionario y anote sus comentarios.

Conclusiones

Bibliografía

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

Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 3

Mezclador Simple

Tema

4.2. Mezclador de diodos balanceados.

Objetivos

- Implementar un mezclador a diodos.
- Verificar que, a la salida del mezclador, se tenga la suma y resta de las frecuencias de entrada.

Introducción

Los mezcladores, al igual que los amplificadores y osciladores, constituyen elementos indispensables de los sistemas de comunicaciones. Se emplean tanto en transmisores como en receptores, cuando es necesario trasladar las señales en banda base a una de banda de paso (modulación) o de una banda de paso a otra banda de paso (conversión). un mezclador es un dispositivo no lineal, al que se aplican dos señales de entrada, de anchos de banda diferentes, y produce una señal de salida de otro ancho de banda, generalmente en dos bandas o más, una igual a la suma y otra a la diferencia de los anchos de banda de las señales de entrada. Esto es cierto a medias y válido sólo si a la salida del mezclador se utilizan filtros adecuados, ya que un mezclador produce por lo general, un número de señales de salida que se designan como *espurios*, que es necesario eliminar

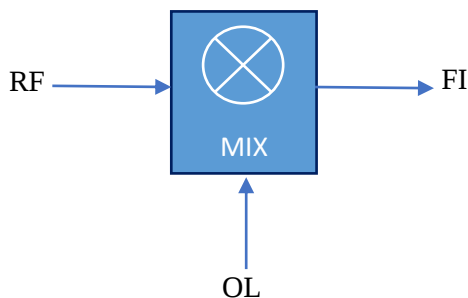


Figura 3.1. Mezclador

Un mezclador tiene dos puertos de entrada y uno de salida (figura 3.1). En una de las entradas se aplica, por lo general, la señal de un oscilador local y en la otra, la señal que se desea trasladar en el espectro de frecuencia y que puede ser o bien una señal en banda base o una señal modulada de radiofrecuencia. Así a la señal modulada de entrada se le designa como RF y la otra señal de entrada, de frecuencia fija, utilizada para trasladar el espectro de frecuencia de la señal de RF a otra banda, se la designa como *portadora local* y es generada por un *oscilador local* (LO o OL). La salida del mezclador se designa como *frecuencia intermedia* (FI). Si la FI de salida es inferior a la de RF de entrada, se dice que el mezclador realiza una *conversión descendente*, en caso contrario, la



conversión es *ascendente*. El término *conversor* o *convertidor* se emplea para designar un circuito que contiene al mezclador y al oscilador local.

Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Realice la simulación del circuito de la figura 3.2, en el dominio del tiempo.
3. Realice la simulación del circuito de la figura 3.2, en análisis de Fourier.

Material

- Tableta de Conexiones.
- Alambres y cables para conexiones.
- 2 resistencias de $1\text{ K } \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_1 y R_2).
- 1 resistencia de $10\text{ K } \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_3).
- 4 diodos 1N4148 (D_1 a D_4).

Equipo

- 1 Osciloscopio.
- 2 Generadores de funciones.

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 3.2.

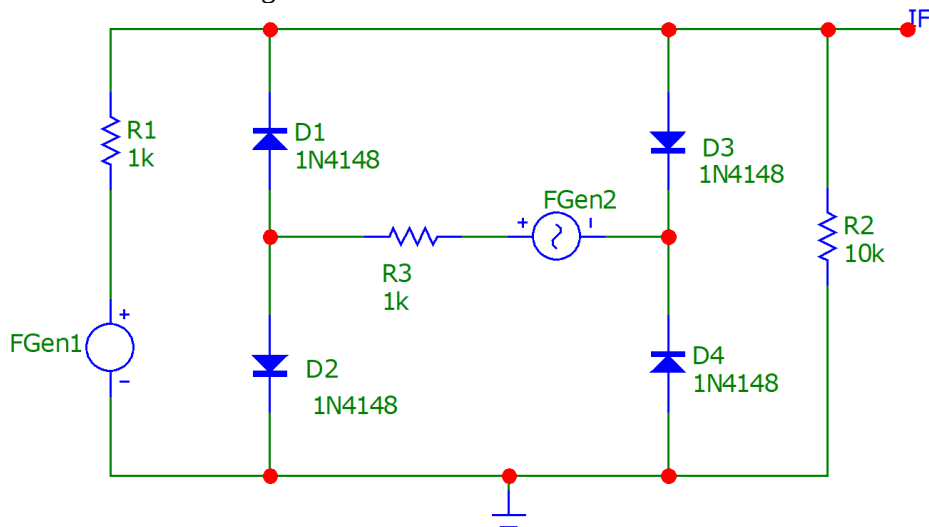


Figura 3.2. Mezclador simple

2. Calibre el generador FGEN1 con una señal $V_{RF}(t) = 1 \sin 62832 t$ [rad/seg] y el generador FGEN2 con una señal $V_{RF}(t) = 5 \sin 628318 t$ [rad/seg].



3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la salida “IF”, grafique la señal de salida observada en el osciloscopio.
4. Modifique el osciloscopio, para que muestre el espectro de frecuencias, dibuje el espectro de frecuencias observado en el osciloscopio, acotándolo correctamente.
5. Modificando la frecuencia de FGEN1, de acuerdo con la tabla 3.1, anote las frecuencias de salida obtenidas.

FGEN1 (f_1) f[kHz]	FGEN2 (f_2) f[kHz]	f_{RF} ($f_2 + f_1$) [kHz]	f_{RF} ($f_2 - f_1$) [kHz]	Observaciones
5	100			
10	100			
15	100			
20	100			
25	100			
30	100			

Tabla 3.1.

6. Modificando las frecuencias de FGEN1 y FGEN2, de acuerdo con la tabla 3.2, anote las frecuencias de salida obtenidas.

FGEN1 (f_1) f[kHz]	FGEN2 (f_2) f[kHz]	f_{RF} ($f_2 + f_1$) [kHz]	f_{RF} ($f_2 - f_1$) [kHz]	Observaciones
10	100			
20	150			
20	200			
25	250			
25	500			
50	1000			

Tabla 3.2.

Cuestionario

1. Explique cómo opera el circuito de la figura 3.2, utilizando graficas en el dominio del tiempo.
2. Compare la señal obtenida en el punto 2 de las actividades previas con el punto 3 del procedimiento experimental y anote sus comentarios.
3. Compare la señal obtenida en el punto 3 de las actividades previas con el punto 4 del procedimiento experimental y anote sus comentarios.
4. Realice un análisis de las tablas 3.1 y 3.2 y anote sus observaciones.

Conclusiones

Bibliografía

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

Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 4

Mezclador Balanceado

Tema

4.4. Mezcladores de circuito integrado.

Objetivos

- Mezclar dos señales de RF y OL y observar el espectro de frecuencias.
- Comprobar que un circuito mezclador balanceado genera una señal de doble banda.

Introducción

El MC1496 es un dispositivo que permite obtener a su salida el producto de dos señales y, por tanto, puede utilizarse como modulador balanceado, mezclador doblemente balanceado, detector coherente, doblador de frecuencia, y cualquier aplicación que haga uso de dicha operación.

El “corazón” del integrado es un amplificador diferencial que funciona en los cuatro cuadrantes y que recibe el nombre de célula de Gilbert (figura 4.1). Al tener accesibles los terminales, se puede hacer funcionar el circuito en modo lineal o en saturación (como conmutador).

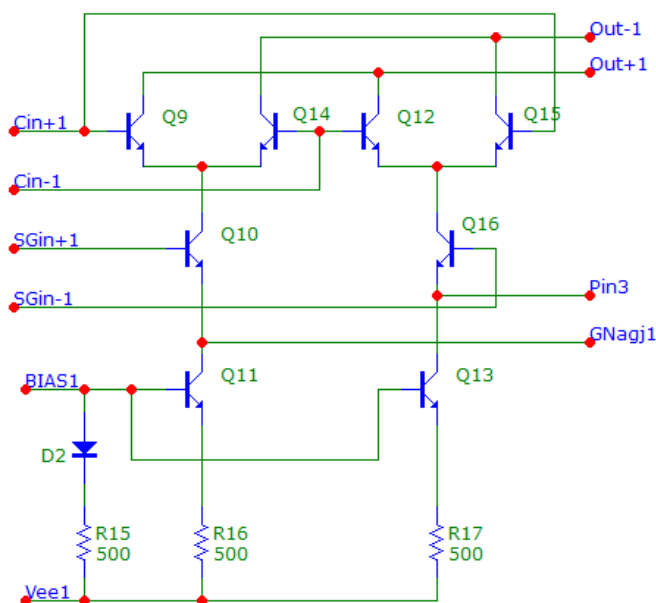


Figura 4.1. Célula de Gilbert



Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Realice la simulación del circuito de la figura 4.2, en el dominio del tiempo, utilizando el circuito de la figura 4.1, en lugar del circuito integrado MC1496.

Material

- Tableta de Conexiones.
- 1 Tableta de Conexiones.
- Alambre para conexiones.
- 3 Resistencias de $47\ \Omega$, $\frac{1}{2}$ watt. (R_6 , R_9 y R_{10})
- 3 Resistencias de $1\ K\Omega$, $\frac{1}{2}$ watt. (R_1 y R_2)
- 2 Resistencias de $3.9\ K\Omega$, $\frac{1}{2}$ watt. (R_3 y R_4)
- 1 Resistencia de $6.8\ K\Omega$, $\frac{1}{2}$ watt. (R_{11})
- 2 Resistencias de $10\ K\Omega$, $\frac{1}{2}$ watt. (R_7 y R_8)
- 1 Potenciómetro de $50\ K\Omega$. (R_{12})
- 2 Capacitores de 10nF . (C_2 y C_3)
- 1 Capacitor de 100nF . (C_1)
- 1 C.I. MC1496 ($U1$)

Equipo

- 1 Osciloscopio.
- 2 Generadores de funciones
- 1 Fuente de voltaje bipolar

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 4.2.

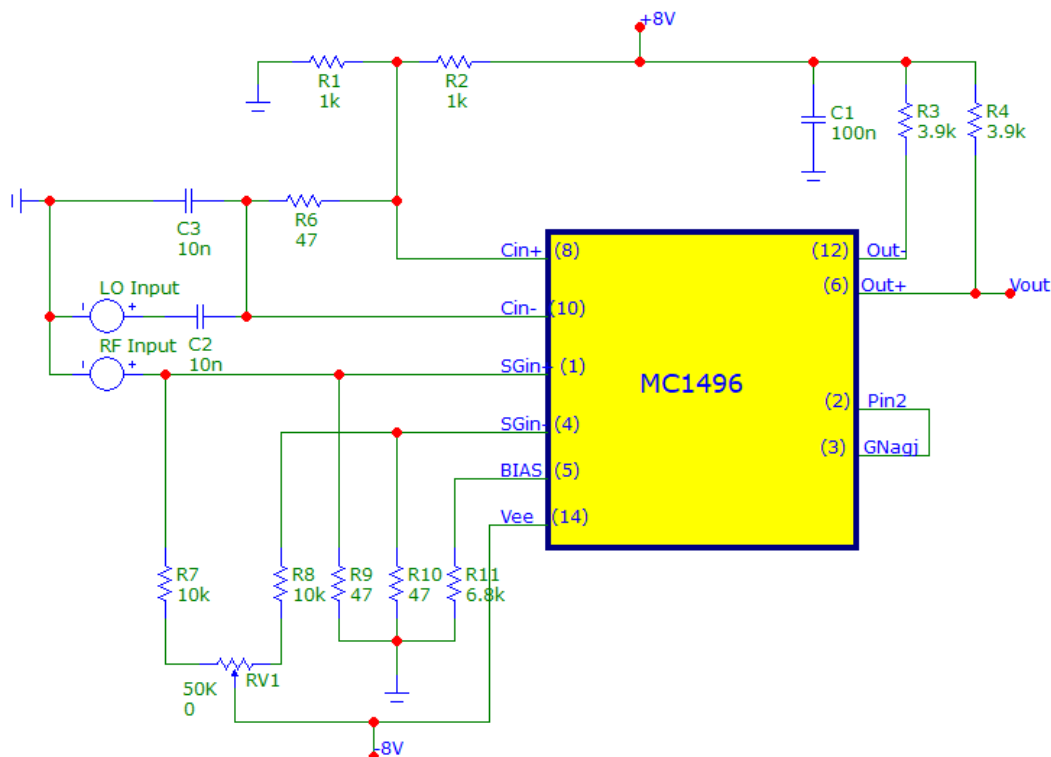


Figura 4.2. Mezclador balanceado

- Calibre el generador 1 (LO Input) con una señal $V_{RF}(t)=0.15 \sin 628318 t$ [rad/seg] y el generador 2 (RF Input) con una señal $V_{RF}(t)=5 \sin 6.2832 \times 10^6 t$ [rad/seg].
- Conecte el canal uno del osciloscopio en la salida “+Vo”, grafique la señal de salida observada en el osciloscopio.
- Modifique el osciloscopio, para que muestre el espectro de frecuencias, dibuje el espectro de frecuencias observado en el osciloscopio, acotándolo correctamente.
- Modificando la frecuencia de LO Input, de acuerdo con la tabla 4.1, anote las frecuencias de salida obtenidas.

LO Input(f_1) f[kHz]	RF Input (f_2) f[MHz]	f_{RF} ($f_2 + f_1$) [kHz]	f_{RF} ($f_2 - f_1$) [kHz]	Observaciones
20	1			
50	1			
100	1			
150	1			
200	1			
250	1			

Tabla 4.1.



Cuestionario

1. Explique cómo opera el circuito de la figura 4.1.
2. Compare la señal obtenida en el punto 2 de las actividades previas con el punto 3 del procedimiento experimental y anote sus comentarios.
3. Realice un análisis de la tabla 4.1 y anote sus observaciones.

Conclusiones

Bibliografía

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

Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 5

Oscilador Colpitts

Tema

5.1. Osciladores LC.

Objetivos

- Implementar un oscilador LC para frecuencias de RF.
- Verificar la frecuencia de oscilación del circuito tanque.

Introducción

Un oscilador es un aparato que produce oscilaciones (o sea, genera una forma de onda repetitiva). Los osciladores tienen muchas aplicaciones dentro de las comunicaciones electrónicas, como portadoras de alta frecuencia, alimentadores de pilotos, relojes y circuitos de sincronización.

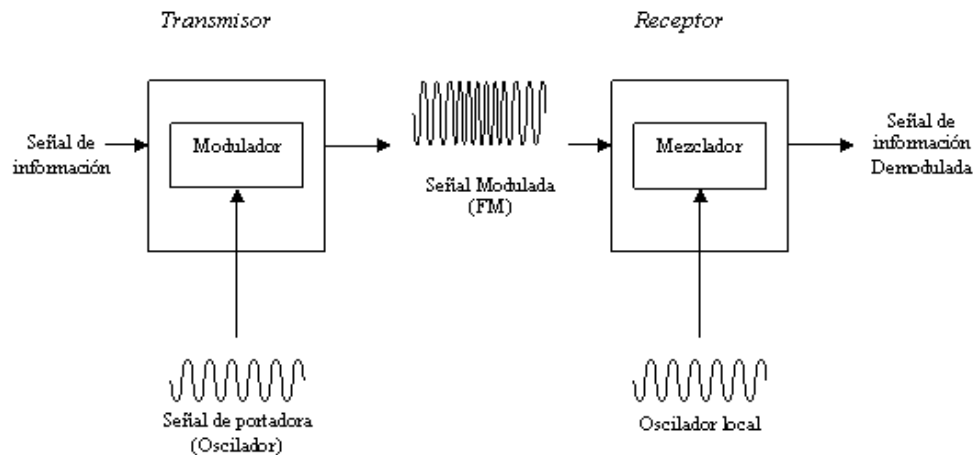


Figura 5.1. Sistema de transmisión

En aplicaciones electrónicas, un oscilador es un dispositivo o circuito que produce oscilaciones eléctricas. Una oscilación eléctrica es un cambio repetitivo de una forma de onda de voltaje o de corriente. Si un oscilador es autosuficiente, los cambios en la forma de la onda son continuos y repetitivos; ocurren a intervalos periódicos. A un oscilador autosuficiente también se le llama un oscilador de operación independiente. Los osciladores que no son autosuficientes requieren de una señal de entrada externa o un disparador para producir un cambio en la forma de la onda de salida. A los osciladores que no son autosuficientes se les llaman osciladores de disparo u osciladores de un solo tiro.



Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Calcule la ganancia del amplificador del circuito de la figura 5.2.
3. Realice el cálculo de los capacitores C_{T1} y C_{T2} , para que el circuito de la figura 5.2 tenga una ganancia de realimentación $\beta r = 10$, si la frecuencia de operación es de 900KHz.
4. Realice la simulación del circuito de la figura 5.2, en el dominio del tiempo.

Material

- Tableta de Conexiones.
- Alambres y cables para conexiones.
- 1 resistencia de $150 \Omega @ \frac{1}{2} \text{ Watt}$ (R_4).
- 2 resistencias de $1.2K \Omega @ \frac{1}{2} \text{ Watt}$ (R_3 y R_5).
- 1 resistencia de $3.9K \Omega @ \frac{1}{2} \text{ Watt}$ (R_2).
- 1 resistencia de $33K \Omega @ \frac{1}{2} \text{ Watt}$ (R_1).
- 1 capacitor de $10 \mu F$ (C_2).
- 1 capacitor de 8.2 nF (C_a)
- 1 capacitor de 82 nF (C_b)
- Capacitores calculados en el punto 2 de las actividades previas (C_{T1} y C_{T2})
- 2 capacitores de $100 \mu F$ (C_1 y C_3).
- 1 bobina de $15 \mu H$ (L_1)
- 1 Transistor 2N2219 o 2N2222A, de encapsulado metálico (Q_1)

Equipo

- 1 Osciloscopio.
- 1 Fuente de alimentación.

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 5.2.
2. Encienda la fuente de alimentación.
3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la salida "Vosc", grafique la señal de salida observada en el osciloscopio.
4. Apague la fuente.
5. Intercambie C_{T1} por C_b y C_{T2} por C_a
6. Encienda la fuente de alimentación.
7. Observe nuevamente la salida "Vosc", y grafique la señal observada en el osciloscopio.

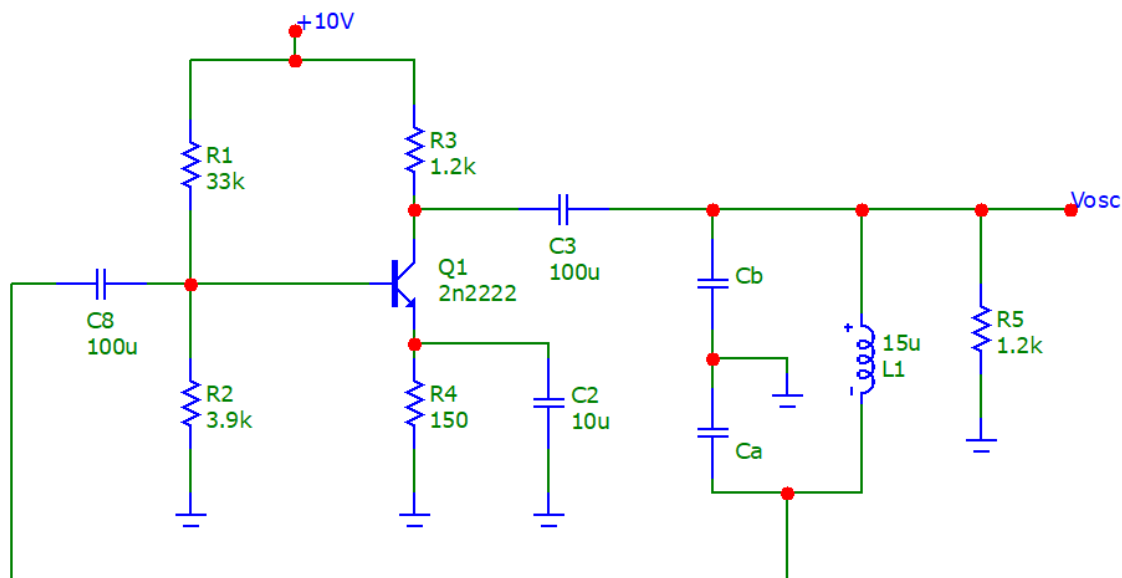


Figura 5.2. Oscilador Colpitts

Cuestionario

1. Calcule la frecuencia de oscilación, con los valores de C_a y C_b , e indique si corresponde con la observada en el punto 7 del procedimiento experimental.
2. Compare la señal obtenida en el punto 3 de las actividades previas con el punto 3 del procedimiento experimental y anote sus comentarios.

Conclusiones

Bibliografía

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



Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 6

Oscilador Pierce

Tema

5.2. Osciladores a cristal.

Objetivos

- Implementar un oscilador Pierce a cristal
- Verificar la estabilidad de frecuencia en los osciladores a cristal
- .

Introducción

Los osciladores de cristal son circuitos osciladores de retroalimentación, en donde el circuito tanque LC se reemplaza con un cristal para el componente que determina la frecuencia. El cristal actúa de manera similar al tanque LC, excepto que tiene varias ventajas inherentes. A los cristales se les llama a veces resonadores de cristal y son capaces de producir frecuencias precisas y estables para contadores de frecuencias, sistemas electrónicos de navegación, transmisores y receptores de radio, televisores, relojes para sistemas de computación, y muchas otras aplicaciones demasiado numerosas para listarse aquí.

El oscilador de cristal discreto de Pierce cuenta con muchas ventajas. Su frecuencia de operación abarca todo el rango del cristal fundamental completo (desde 1 kHz a aproximadamente 30 MHz) Utiliza circuitos relativamente sencillos que requieren de pocos componentes (la mayoría de las versiones de frecuencia media necesitan solamente un transistor) El diseño del oscilador Pierce desarrolla una alta potencia de la señal de salida mientras que disipan poca potencia en el mismo cristal. Por último, la estabilidad de frecuencia de corto plazo en el oscilador de cristal Pierce es excelente (esto se debe a que en el circuito de entrada de carga Q es casi tan alta como la Q interna del cristal) La única desventaja del oscilador Pierce es que requiere de un amplificador de alta ganancia (aproximadamente 70) En consecuencia, tiene que utilizarse un solo transistor de alta ganancia o hasta un amplificador de etapas múltiples.

Actividades Previas a la Práctica.

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Calcule la ganancia del amplificador del circuito de la figura 6.1.
3. Calcule la ganancia de realimentación del circuito de la figura 6.1.

Material

- Tableta de Conexiones.
- Alambres y cables para conexiones.



- 1 resistencia de $150\ \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_4).
- 1 resistencias de $1.2K\ \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_3).
- 1 resistencia de $3.9K\ \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_2).
- 1 resistencia de $33K\ \Omega$ @ $\frac{1}{2}$ Watt (R_1).
- 1 capacitor de $100\ \mu F$ (C_3).
- 1 capacitor de $27\ pF$ (C_1).
- 1 capacitor de $150pF$ (C_2).
- 1 cristal de $4\ MHz$.
- 1 cristal de $8\ MHz$
- 1 Transistor 2N2219 o 2N2222A, de encapsulado metálico (Q_1)

Equipo

- 1 Osciloscopio.
- 1 Fuente de alimentación.

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito de la figura 6.1.

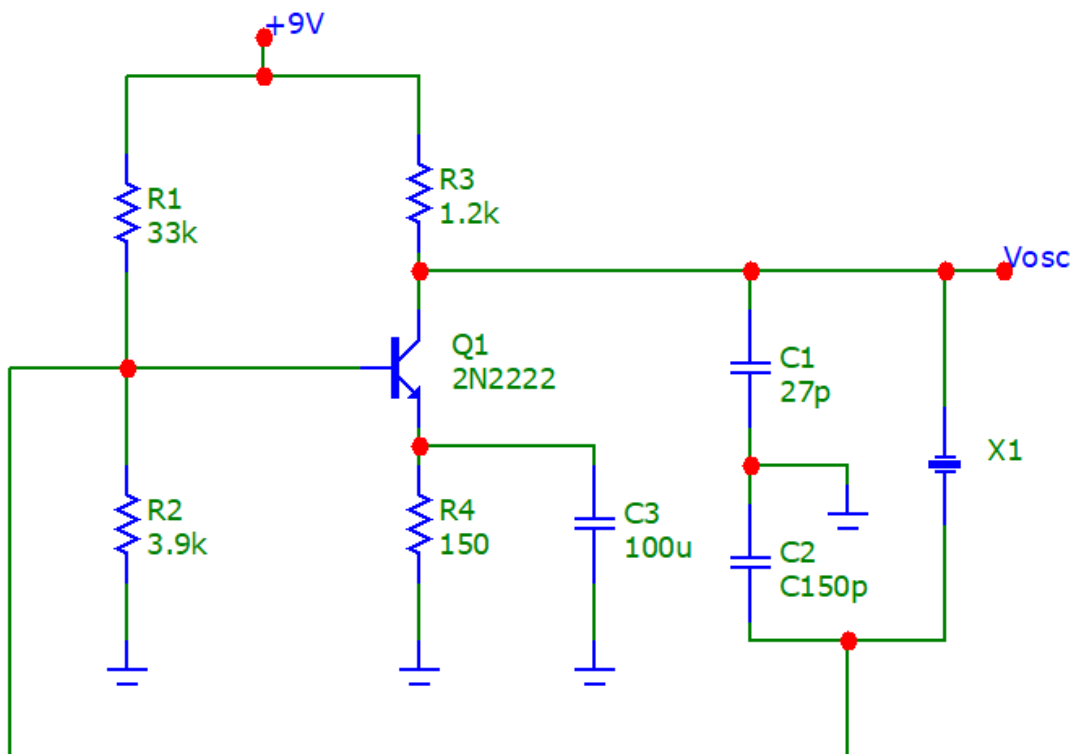


Figura 6.1. Oscilador Pierce

2. Encienda la fuente de alimentación.



3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la salida “Vosc”, grafique la señal de salida observada en el osciloscopio.
4. Apague la fuente.
5. Cambie el cristal de 4MHz por el de 8 MHz.
6. Encienda la fuente de alimentación.
7. Conecte el canal uno del osciloscopio en la salida “Vosc”, grafique la señal de salida observada en el osciloscopio.

Cuestionario

1. Compare las señales obtenidas en el punto 3 y punto 7 del procedimiento experimental y anote sus comentarios.

Conclusiones

Bibliografía

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



Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 7

Multiplicador de Frecuencias

Tema

6.2. Multiplicador de frecuencia utilizando amplificadores clase C.

Objetivos

- Implementar un circuito multiplicador de frecuencias, utilizando un amplificador clase C sintonizado.
- Demostrar que el circuito presenta en la salida, una señal múltiplo de la frecuencia de entrada.

Introducción

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° 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. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.
2. Realice la simulación del circuito de la figura 7.1, para obtener los voltajes y corrientes de operación y las gráficas de salida en el dominio del tiempo de acuerdo con los valores que se piden en las tablas 7.1 y 7.2.

Material

- Tableta de Conexiones
- Alambres y cables para conexiones.
- 1 Transistor 2N3904 (Q_1)
- Resistencia de $330\ \Omega$ a $\frac{1}{2}$ Watt (R_2).
- Resistencia de $5.6\ k\Omega$ a $\frac{1}{2}$ Watt (R_1).
- Resistencia de $100\ k\Omega$ a $\frac{1}{2}$ Watt (R_3).



- Capacitor de 1.5nF (C_1).
- Capacitor de 10uF (C_3).
- Capacitor de 680F (C_2).
- 1 Inductor de 15 uH ($L1$).

Equipo

- 1 Osciloscopio.
- 1 Fuente de alimentación.
- 1 Generador de funciones
- 1 Multímetro

Procedimiento Experimental

1. Arme el circuito mostrado en la figura 7.1.

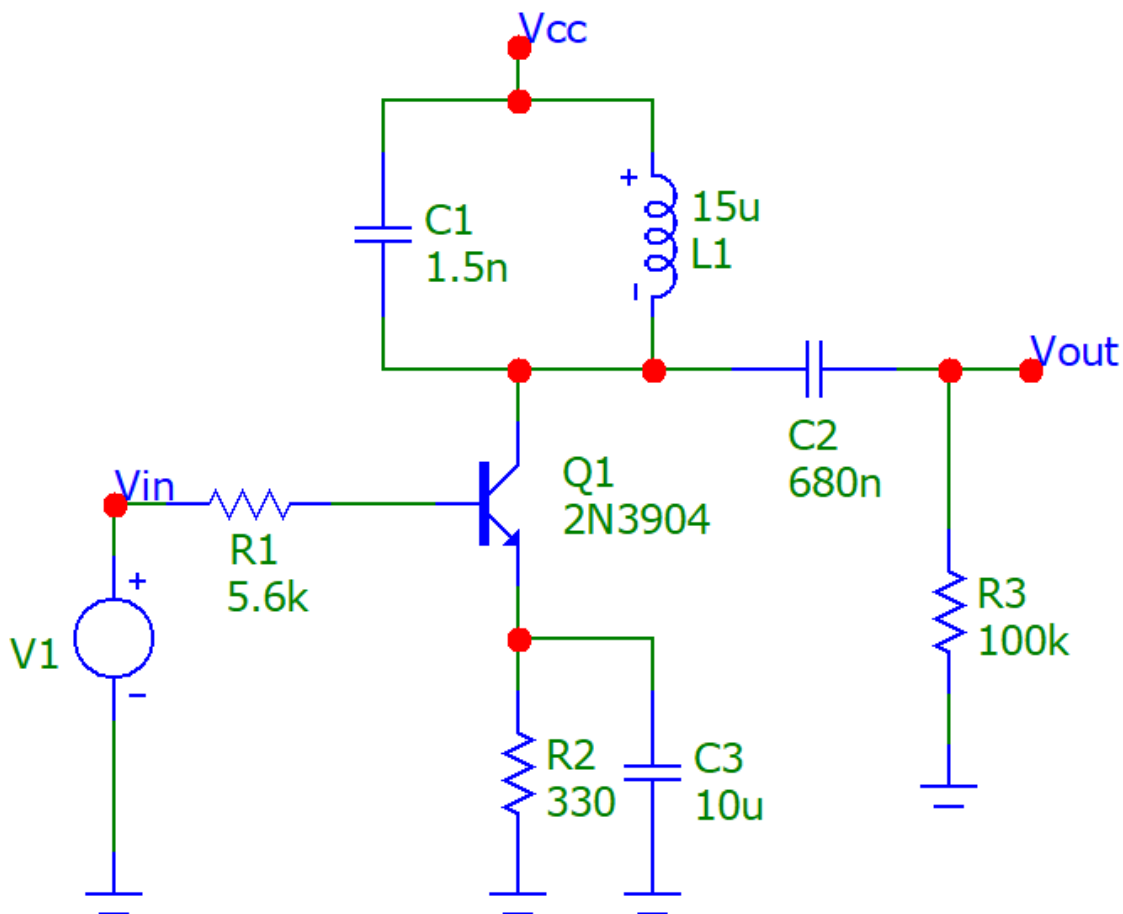


Figura 7.1. Multiplicador de frecuencias.



2. Encienda la fuente y con ayuda del multímetro mida los voltajes y corrientes de la tabla 7.1.

I _b	I _c	V _b	V _c	V _e	V _{ce}

Tabla 6.1 Parámetros de operación

3. Calibre el generador de funciones con una onda senoidal de 3V_{pp} a una frecuencia de 1MHz, sin offset.
4. Conecte el canal 1 del osciloscopio en la entrada V_i y el canal 2 en la salida V_{out}. Mida y dibuje las señales acotándolas correctamente.
5. Proceda a variar la frecuencia de la señal de entrada V_i, de acuerdo a los valores que indica la tabla 7.2, mida el voltaje de salida 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
1k			
10k			
100k			
200k			
300k			
500k			
1M			

Tabla 7.2

Cuestionario.

1. Compare los valores obtenidos en la simulación con los valores obtenidos en el punto 2 de la práctica, anote sus comentarios.
2. Realice un análisis de acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 7.2, y anote sus observaciones.

Conclusiones

Bibliografía

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



Laboratorio de Dispositivos y Circuitos de Radiofrecuencia (RF)

Práctica 8

Demodulador PLL

Tema

Tema 7.2. Análisis y características de los circuitos de Control Automáticos de Frecuencia.

OBJETIVOS:

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

INTRODUCCIÓN.

La demodulación de FSK puede lograrse muy fácilmente con un circuito de fase cerrada (PLL). 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 8.1 muestra el diagrama a bloques simplificado para un demodulador de PLL de FSK.

Si la entrada de PLL es una señal de FSK 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:

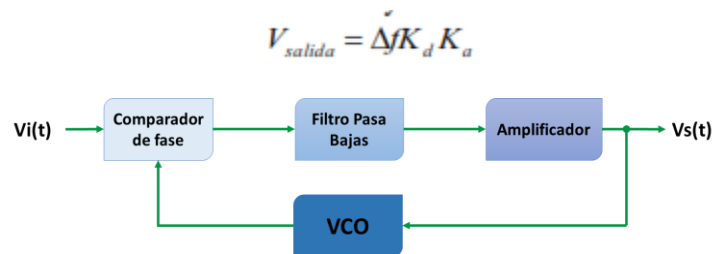


Figura 8.1. Demodulador PLL

EQUIPO:

- ✓ 1 PC con el software Micro Cap V12 instalado

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA.

1. Indique de que orden es el filtro y cuál la frecuencia de corte.
2. Explique, apoyándose en un diagrama a bloques, cómo funciona un circuito PLL.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. En un nuevo esquema realice el circuito de la figura 8.2 (utilice amplificadores operacionales ideales que se encuentran en Macros, el comparador de fase X1, se encuentra en Macros/Dividers and Multipliers/Mul)
2. Coloque los textos (Define...) utilizando la herramienta de texto, utilizando una por cada renglón.

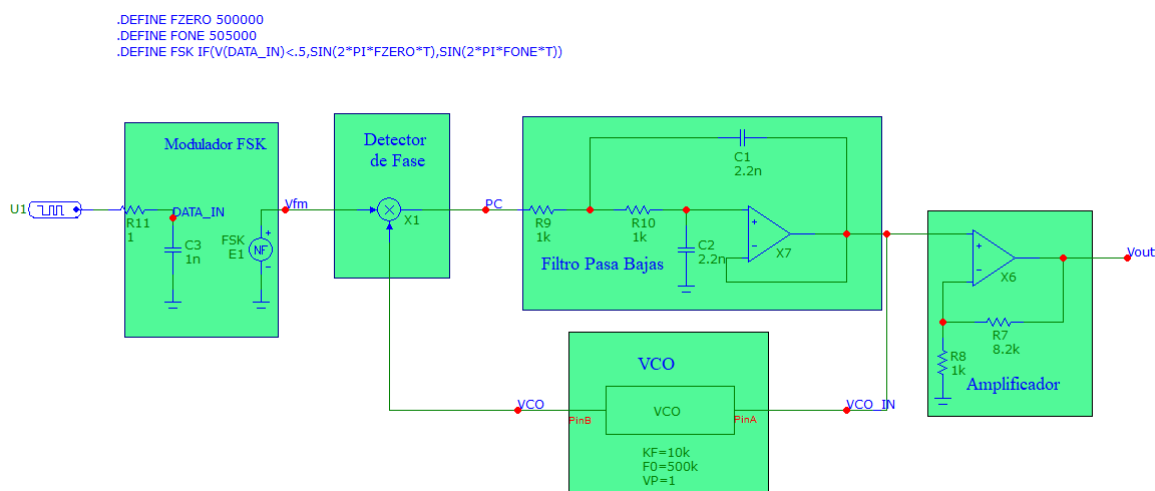


Figura 8.2. Demodulador PLL.

3. Configure la fuente U1, como se muestra en la figura 8.3, a continuación, se muestra el código completo:

```

.define _1MHzClk
+0ms 0
+label=start
+10mn 1
+20m 0
+25m 1
+30m 0
+45m 0
+50m 1
+55m goto start -1 times

```

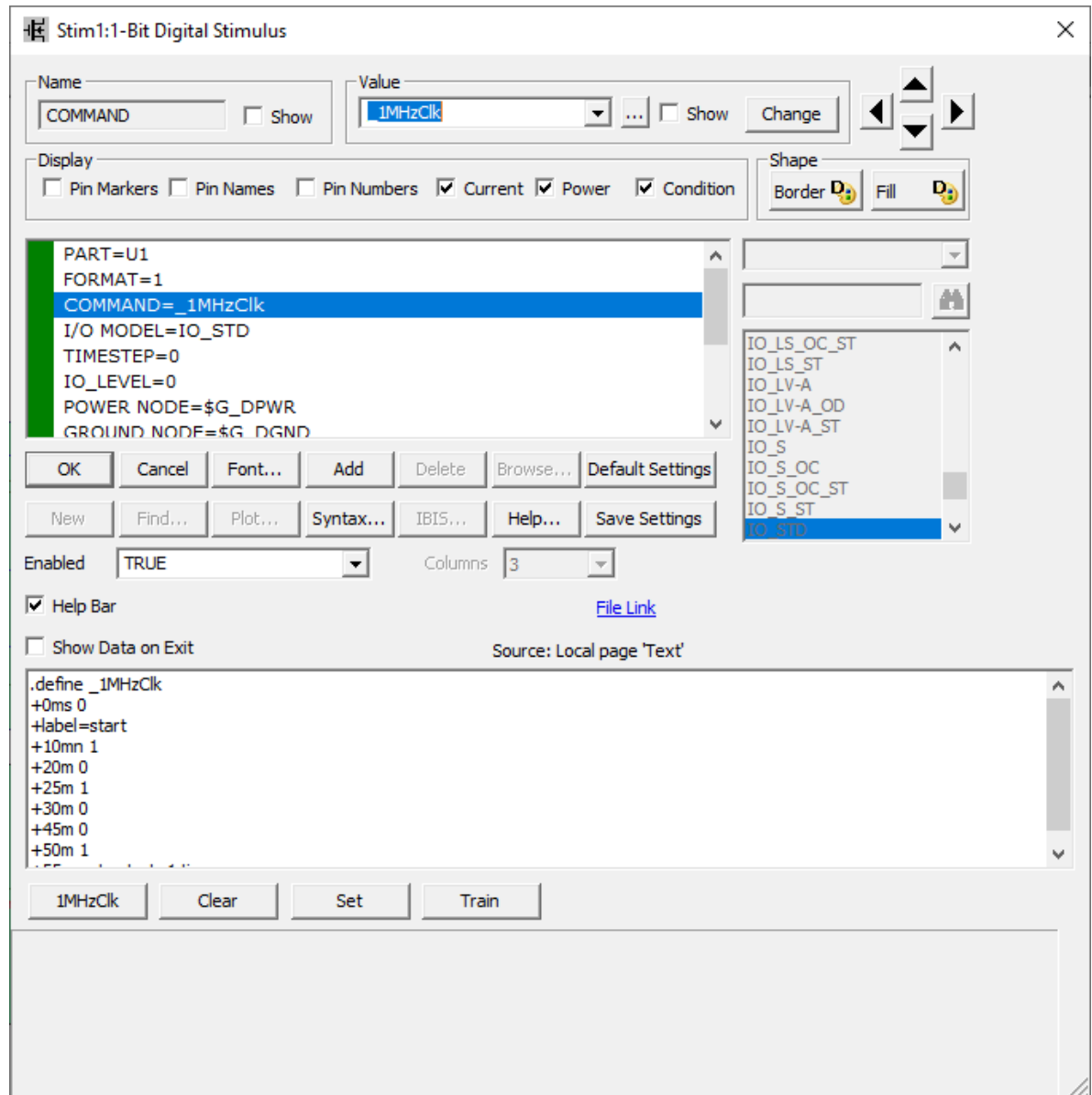
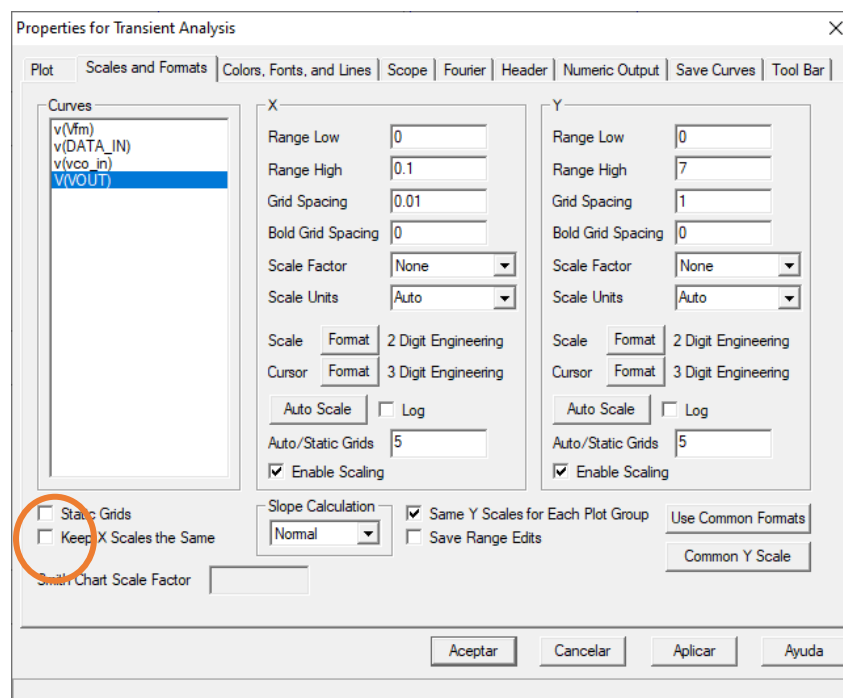
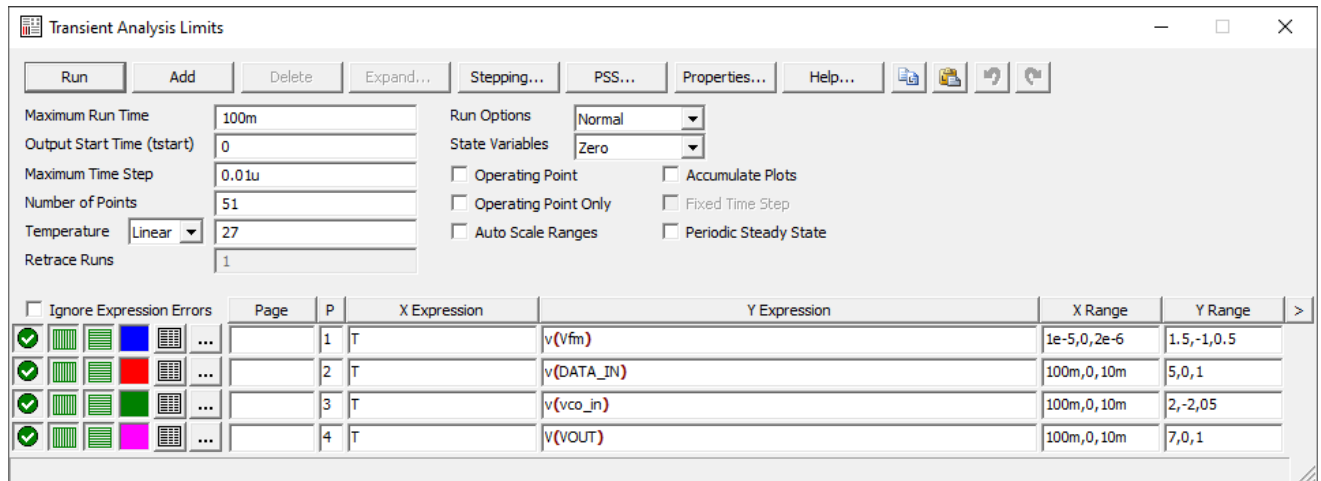


Figura 8.3. Configuración de la señal digital.

4. La fuente E1, se encuentra en “Analog Primitives/Funtion Sources/NFV”, colocando en Value = FSK
5. Configure la simulación como se muestra en la figura 8.4
6. Realice la simulación en el dominio del tiempo, graficando las señales DATA_IN , VFM, VCO_IN, y Vout, en la misma hoja, en graficas separadas y anote sus observaciones

Nota: si no se observan las señales, desactive la casilla que se muestra en la figura 8.5.





APENDICE A. BIBLIOGRAFÍA

-  Malvino, M., Principios de Electrónica, 6ª edición, México, McGraw-Hill, 2000.
-  Floyd, Thomas L., Dispositivos Electrónicos, México, Editorial Pearson, 8ª Edición, 2008.
-  Wayne, Tommasi, Sistemas de Comunicación Electrónica, Editorial Pearson, 4ª Edición, México, 2003.
-  Collin. Robert E., Foundations far Microwave Engineering, 2nd edition New York, John Wiley & Sons, 2001.
-  Kenneth Clarke and Donald Hess, Communication Circuits Analysis And Design Editorial Krieger Publishing Company; 2nd Edición, 1994.



APENDICE B. HOJAS TÉCNICAS



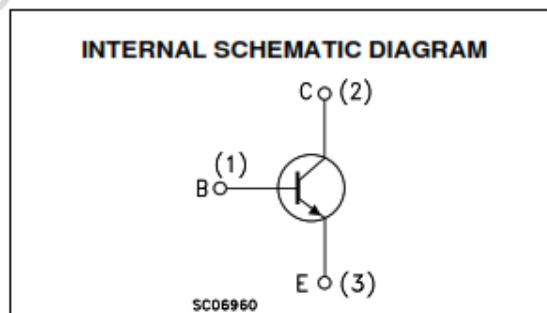
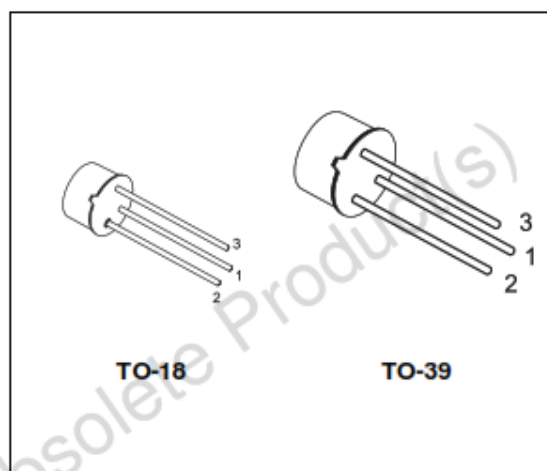
2N2219A
2N2222A

HIGH SPEED SWITCHES

PRELIMINARY DATA

DESCRIPTION

The 2N2219A and 2N2222A are silicon Planar Epitaxial NPN transistors in Jedec TO-39 (for 2N2219A) and in Jedec TO-18 (for 2N2222A) metal case. They are designed for high speed switching application at collector current up to 500mA, and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltage.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	75	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	0.6	A
I_{CM}	Collector Peak Current ($t_p < 5$ ms)	0.8	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25$ °C		
	for 2N2219A	0.8	W
	for 2N2222A	0.5	W
	at $T_C \leq 25$ °C		
	for 2N2219A	3	W
	for 2N2222A	1.8	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 175	°C
T_J	Max. Operating Junction Temperature	175	°C



High-speed diodes

1N4148; 1N4448

FEATURES

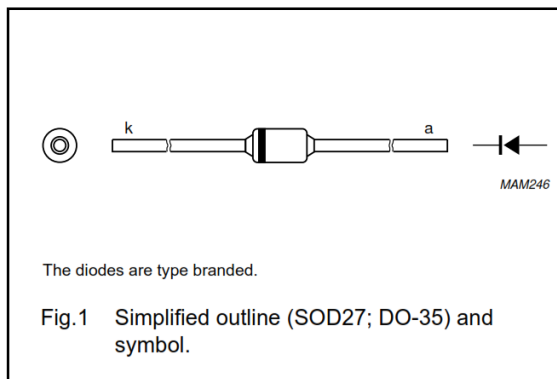
- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA.

APPLICATIONS

- High-speed switching.

DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.



MARKING

TYPE NUMBER	MARKING CODE
1N4148	1N4148PH or 4148PH
1N4448	1N4448

ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
1N4148	—	hermetically sealed glass package; axial leaded; 2 leads	SOD27
1N4448			



MC1496, MC1496B

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 ON Semiconductor Application Note AN531 for additional design information.

Features

- Excellent Carrier Suppression –65 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
- Pb-Free Package is Available*

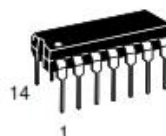


ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

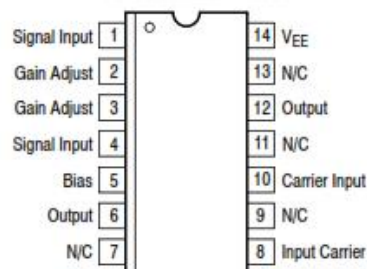


SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



PDIP-14
P SUFFIX
CASE 646

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 12 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 12 of this data sheet.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.