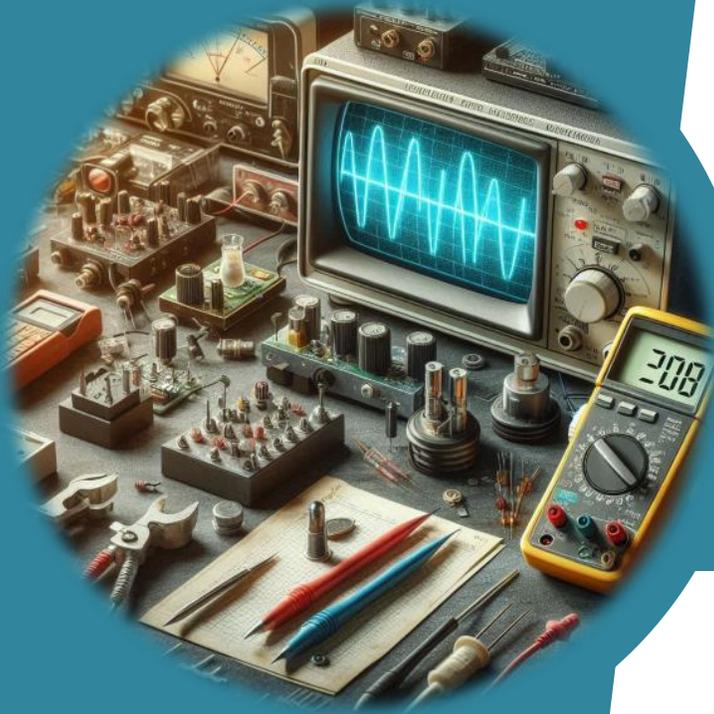




Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Departamento de Ingeniería
Sección Electrónica

Asignatura: Dispositivos y Circuitos Electrónicos
Clave de la carrera: 36 Clave de la asignatura: 1524



DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Manual de Prácticas de Laboratorio

Semestre 2025-2

Fecha de Elaboración: 2003

Fecha de Modificación: Enero 2025

Autores: Ing. Noemi Hernández Domínguez
Ing. Ernesto Aguilar Rodríguez



ÍNDICE

Índice		1
Contenido		2
Reglamento del laboratorio		3
Instrucciones para la elaboración de reportes y Criterios de Evaluación		5
Práctica 1.	Introducción al Laboratorio de Dispositivos Electrónicos.	6
Práctica 2.	Características del Diodo. <i>Tema II de la Asignatura</i>	12
Práctica 3.	Circuitos Rectificadores. <i>Tema III de la Asignatura</i>	16
Práctica 4.	Circuitos con Diodos: Recortador, Fijador y Doblador de Voltaje. <i>Tema III de la Asignatura</i>	20
Práctica 5.	Fuente de Voltaje de Corriente Directa. <i>Tema III de la Asignatura</i>	23
Práctica 6.	Polarización del Transistor Bipolar de Juntura TBJ <i>Tema IV de la Asignatura</i>	27
Práctica 7.	Parámetros Híbridos π . <i>Tema IV de la Asignatura</i>	32
Práctica 8.	Amplificador Básico (<i>Emisor Común.</i>). <i>Tema IV de la Asignatura</i>	35
Práctica 9.	Amplificador Colector Común y Base Común. <i>Tema IV de la Asignatura</i>	38
Práctica 10.	El Transistor de Efecto de Campo de Unión JFET <i>Tema V de la Asignatura</i>	41
Apéndice A	Descripción del equipo de laboratorio	47
Apéndice B	Hojas técnicas	54
Bibliografía		61



CONTENIDO

OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA

- Analizar circuitos electrónicos básicos, considerando el modelado y las limitaciones de los dispositivos, para comprender el funcionamiento de los sistemas electrónicos y sus aplicaciones.

OBJETIVOS DEL LABORATORIO

- Integrar al alumno en el manejo de herramientas y equipo utilizado en el laboratorio de Dispositivos Electrónicos.
- Analizar y comprender en forma práctica el funcionamiento de los circuitos electrónicos básicos y sus aplicaciones.

INTRODUCCIÓN

Este laboratorio, es el primer laboratorio de circuitos electrónicos que reciben los alumnos de la carrera de ITSE, es la base principal para introducirlos al manejo adecuado y eficiente del equipo que usarán a lo largo de la carrera, así como aprender los principios básicos del funcionamiento de circuitos analógicos en un laboratorio práctico y real. Se trabajarán con dispositivos electrónicos como: resistencias, capacitores, diodos, y transistores.

Para un mejor aprendizaje de este manual de laboratorio es recomendable que el alumno lea el contenido de cada una de las prácticas antes de desarrollarla.



	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. Los reportes deberán tener la portada (obligatoria) que se indica a continuación.

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Laboratorio de: _____ Grupo: _____

Profesor: _____

Alumno: _____

Nombre de Práctica: _____ No de práctica: _____

Fecha de realización: _____ Fecha de entrega: _____ Semestre: _____

No. de Criterio	Criterio de Evaluación para el laboratorio	Porcentaje
C1	Actividades previas indicadas en el manual de prácticas	30%
C2	Habilidad en el armado del circuito y uso adecuado del equipo	20%
C3	Funcionalidad del circuito y toma correcta de los resultados	20%
C4	Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	30%



PRÁCTICA 1. “INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO DE DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS”

OBJETIVOS

- Conocer el manejo y uso del equipo que se utiliza en el laboratorio para la realización de las prácticas.
- Se pretende que en la 2^{da} o 3^{ra} práctica el alumno aprenda a utilizarlo adecuadamente.

INTRODUCCIÓN

Para la comprobación de los diferentes circuitos que se armarán en este laboratorio se hará uso de equipo, tanto para alimentar el circuito como para hacer las debidas mediciones. El equipo por utilizar viene listado en cada una de las prácticas y puede ser:

- Fuente de voltaje.
- Generador de señales o generador de funciones.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Tableta de conexiones.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Indique los colores que debe presentar cada una de las resistencias del siguiente circuito.
3. Realice la simulación y el análisis teórico de la figura 1.1 para obtener voltaje, corriente y potencia de cada una de las resistencias, anotando los resultados en una tabla.
4. Realice la simulación de la figura 1.5 observando el voltaje en los puntos A-A', B-B', C-C' y D-D'.

NOTA: los valores del punto 3 serán utilizados para resolver el cuestionario (anótalos en tú cuaderno).

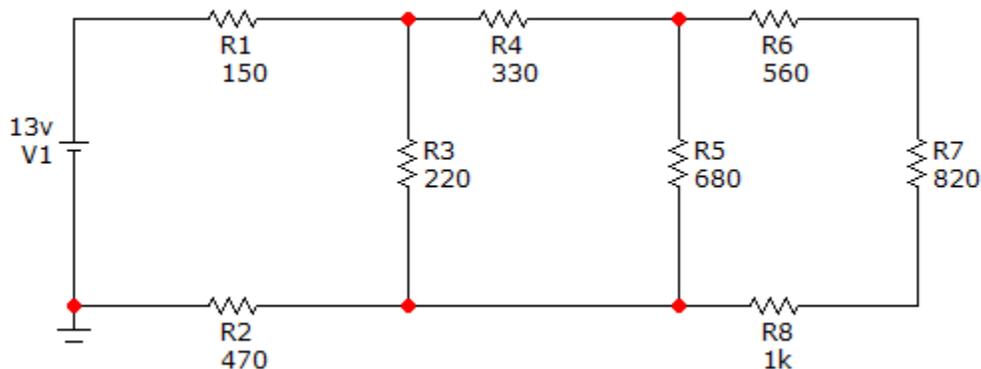


Figura 1.1



EQUIPO

Fuente de voltaje.
Generador de funciones.
Multímetro.
Osciloscopio.

MATERIAL

Juegos de bananas y caimanes
Tableta de conexiones.

1 resistencia de 150 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₁
1 resistencia de 220 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₃
1 resistencia de 330 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₄
1 resistencia de 470 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₂
1 resistencia de 560 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₆
1 resistencia de 680 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₅
1 resistencia de 820 Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₇
1 resistencia de 1 K Ω a <u>$\frac{1}{2}$ watt</u>	R ₈

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Mida con el multímetro en el rango adecuado, los valores de las resistencias. Anote su valor obtenido en la tabla 1.1 y compárelo con su valor teórico de acuerdo con el código de colores.

Resistencia (Ω)	Teórico	Real
R ₁		
R ₂		
R ₃		
R ₄		
R ₅		
R ₆		
R ₇		
R ₈		

Tabla 1.1

2. Arme el circuito de la figura 1.2a, la forma en que el circuito queda en la tableta de conexiones se muestra en la figura 1.2b.

Nota. La forma de medir voltaje en un circuito es conectando el voltímetro en paralelo con dicho elemento. Si se desea medir la caída de voltaje en la resistencia R₁ se conecta el multímetro en paralelo con la resistencia R₁, como se observa en la figura 1.2a. Si se desea medir la caída de voltaje en la resistencia R₂, se conectará el multímetro en paralelo con R₂.

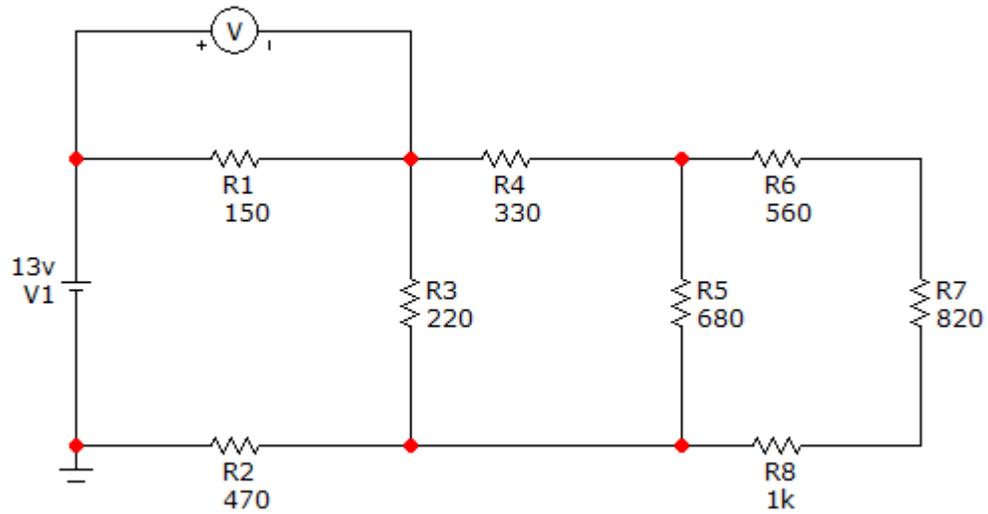


Figura 1.2a

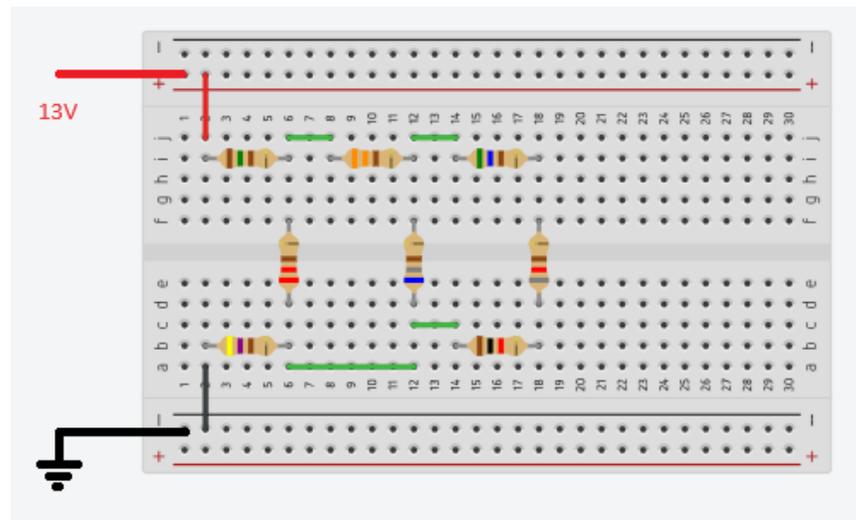


Figura 1.2b



3. Encienda la fuente de voltaje y mida el voltaje en las resistencias anotando los resultados obtenidos en la tabla. 1.2. Al terminar las mediciones apague la fuente de voltaje.

Resistencia (Ω)	V_R (V)	I_R (mA)
R ₁		
R ₂		
R ₃		
R ₄		
R ₅		
R ₆		
R ₇		
R ₈		

Tabla 1.2

- Nota.** La forma de medir corriente es conectando el multímetro en serie con el elemento como lo muestra la figura 1.3. Posicione el selector en un rango adecuado. **Debe tener cuidado de no exceder la capacidad del aparato en el rango en el que éste se use. Si no conoce el valor a medir seleccione la escala más alta.**

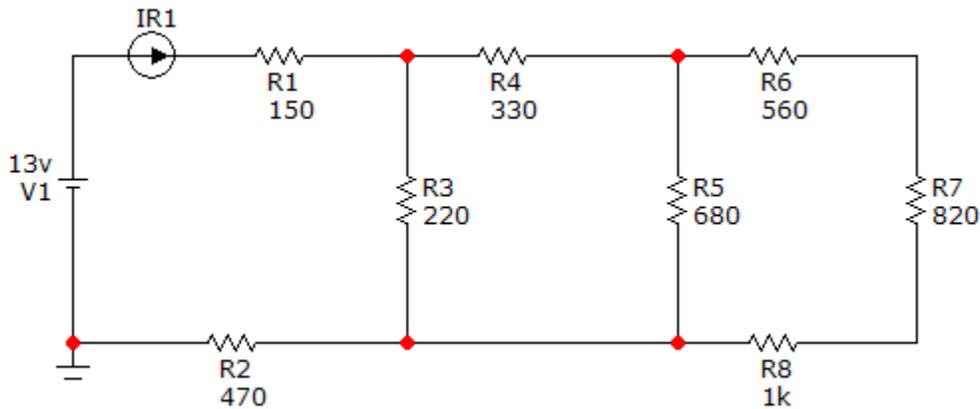


Figura 1.3

4. Encienda la fuente de voltaje y mida la corriente en la resistencia R₁. Anote el valor obtenido en la tabla 1.2. Apague la fuente de voltaje. **(Recuerde que la fuente de voltaje debe apagarse antes de hacer cualquier modificación al circuito)**

5. Conecte el multímetro como se muestra en la figura 1.4.

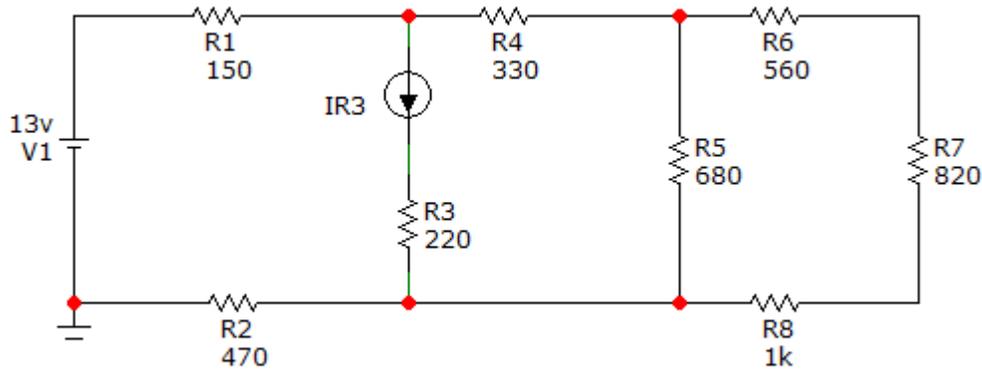


Figura 1.4

6. Mida las corrientes en cada una de las resistencias. Anote los valores obtenidos en la tabla 1.2.
7. Arme el circuito de la figura 1.5. Calibré el generador de funciones, V_i , para obtener una señal senoidal igual a 13Vpp, a una frecuencia de 1kHz.

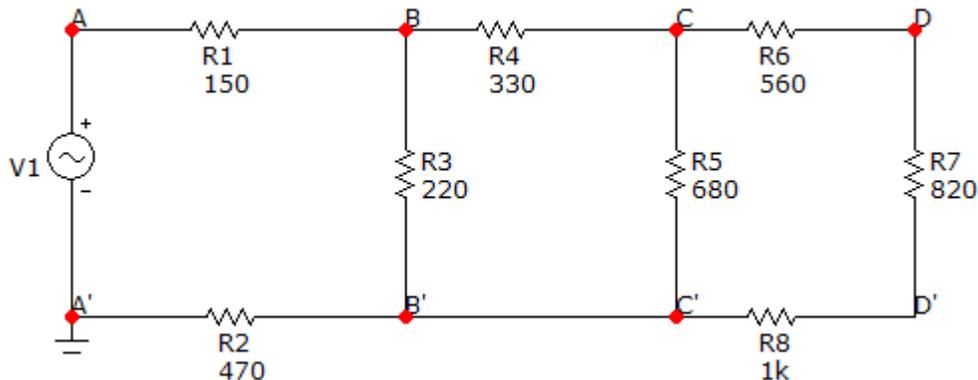


Figura 1.5

8. Mida con el canal "1" del osciloscopio los voltajes entre los puntos A-A', B-B', C-C' y D-D'. Dibuje en papel milimétrico las formas de onda obtenidas en la pantalla del osciloscopio indicando su amplitud, frecuencia y periodo.
9. Repita el paso 7 utilizando ahora una señal cuadrada y una triangular.



CUESTIONARIO

1. Comente los resultados obtenidos en la tabla 1.1.
2. Realice una tabla comparativa que incluya los datos teóricos (voltajes, corrientes y potencias) del circuito de la figura 1.2 con los valores obtenidos prácticamente. Comente sus resultados.
3. Con tus propias palabras explica para qué sirve el:
 - Osciloscopio.
 - Generador de funciones.
 - Multímetro.
 - Fuente de voltaje.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 2. “CARACTERÍSTICAS DEL DIODO”

OBJETIVOS

- Graficar la curva característica de un diodo rectificador de propósitos generales y un diodo regulador zener, utilizando datos experimentales.
- Encontrar los voltajes de arranque y las resistencias en directa del diodo rectificador y del diodo zener.

INTRODUCCIÓN

El diodo es un elemento importante dentro de la familia de los dispositivos electrónicos; así, conocer sus características funcionales, tanto teóricas como prácticas, es muy útil para la elaboración de circuitos a partir de él, o para poder comprender el funcionamiento de dispositivos más complejos.

En esta práctica se obtendrán las características V–I de dos de los diodos más comunes: el diodo rectificador y el diodo zener. Las características se obtendrán utilizando medidas estáticas de voltaje y corriente del diodo en cuestión, en un número suficiente de puntos para determinarlas, tanto en directa como en inversa. Así se podrá encontrar el voltaje de arranque (V_d), el voltaje zener (V_z) o la resistencia directa dinámica (R_d) del diodo que se trate.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Explique detalladamente las aproximaciones del diodo rectificador y del diodo zener, en polarización directa.
3. Explique detalladamente las aproximaciones del diodo rectificador y del diodo Zener, en polarización inversa.
4. Realizar la simulación de los circuitos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Multímetro.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones
Tableta de conexiones
1 Resistencia de $120\ \Omega$ a $\frac{1}{2}$ watt
1 diodo 1N4004
1 diodo zener de 6.2 V a $\frac{1}{2}$ watt

R_1
D
DZ

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Arme el circuito de la figura 2.1.

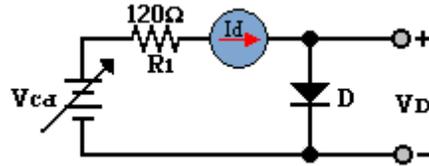


Figura 2.1

- Mida el valor de voltaje, V_D , con el osciloscopio en acoplo de CD para obtener los valores que se indican en la tabla 2.1, y con el multímetro mida las corrientes correspondientes del diodo (las mediciones deberán hacerse con el osciloscopio en la escala de 100mV/Div).

V_D (mV)	200	400	500	550	600	625	650	675	700	750
I_D (mA)										

Tabla 2.1

- Arme el circuito de la figura 2.2 y repita el paso 2, anotando sus resultados en la tabla 2.2.

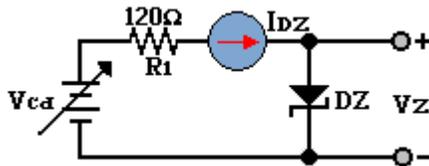


Figura 2.2

V_{DZ} (mV)	0	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
I_{DZ} (mA)											

Tabla 2.2

- Arme el circuito de la figura 2.3.

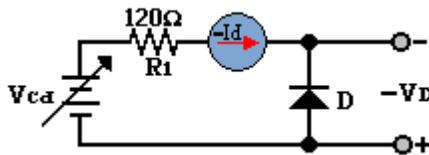


Figura 2.3

- Varíe la fuente de manera que el voltaje a través del diodo rectificador, medida con el osciloscopio, sea cero (mínimo voltaje).



- Desconecte el osciloscopio del circuito y mida la corriente resultante, asentándola en la tabla 2.3. El osciloscopio debe ser retirado del circuito para evitar que el multímetro detecte la pequeña cantidad de corriente que fluye hacia él.
- Varié la fuente de manera que el voltaje en el diodo rectificador, medido con el osciloscopio, sea ahora $V_D = -2V$. Desconecte el osciloscopio del circuito, mida y anote el valor de I_D correspondiente.
- De igual manera que en el punto anterior, determine I_D para cada valor de V_D mostrado en la tabla 2.3.

V_D (V)	Voltaje mín.	-2	-4	-6	-8	-10
I_D (μA)						

Tabla 2.3

- Arme el circuito de la figura 2.4, repita el procedimiento del punto 5 y 6 y proceda a llenar la tabla 2.4. Cuide de desconectar el osciloscopio del circuito cuando se tome la lectura de I_{DZ} .

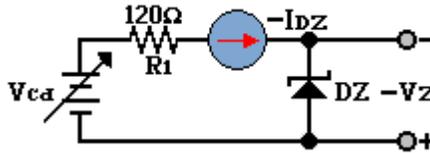


Figura 2.4

V_{DZ} (V)	Voltaje mín.	-2.0	-4.0	-5.0	-5.2	-5.4	-5.6	-5.8	-6.0	-6.2
I_{DZ} (mA)										

Tabla 2.4



CUESTIONARIO

1. Sobre un mismo par de ejes, grafique en papel milimétrico, la característica de corriente-voltaje para el diodo rectificador y el diodo zener, en base a las tablas de polarización directa 2.1 y 2.2 respectivamente.
2. Diga qué función tiene R_1 en el circuito de la figura 2.1.
3. Sobre un mismo par de ejes, grafique en papel milimétrico, la característica de corriente-voltaje para el diodo rectificador y el diodo zener, en base a las tablas de polarización inversa 2.3 y 2.4 respectivamente.
4. Sobre la gráfica del punto anterior. ¿Cuál es la principal diferencia entre el diodo rectificador y el diodo zener?
5. Observando las gráficas de las características en directa y las tablas 2.1 y 2.2, determine el voltaje de arranque en directa V_f para los diodos estudiados.
6. Calcule el promedio de la resistencia estática en directa, R_d , para el diodo rectificador, tomando intervalos desde $V_D = 650\text{mV}$, hasta que $V_D = 750\text{mV}$ (cuatro intervalos).
7. Calcule la resistencia estática promedio en directa para el diodo zener, tomando intervalos desde $V_{DZ} = 700\text{mV}$, hasta $V_{DZ} = 850\text{mV}$ (cuatro intervalos).
8. ¿A qué se debe que V_d sea siempre mayor en los diodos zener que en los diodos rectificadores?

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 3. "CIRCUITOS RECTIFICADORES"

OBJETIVOS

- Comparar las formas de onda y los niveles de CD a la salida de los circuitos rectificadores de media onda y onda completa tipo puente, con y sin filtro capacitivo en paralelo con la resistencia de carga.
- Distinguir entre el valor RMS, el valor pico y el valor promedio (de CD) de una señal.
- Distinguir entre corriente alterna y corriente directa.
- Explicar el efecto del capacitor de filtro sobre el rizo en un circuito rectificador.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los dispositivos electrónicos requieren de una fuente de voltaje directo. Esta fuente de voltaje directo puede ser una batería, pero, en la mayoría de los casos ésta se obtiene a partir de la fuente de CA de 127V, 60Hz. La conversión de CA a CD (rectificación) se lleva a cabo mediante diodos rectificadores y ésta es, quizás, la aplicación más común de estos últimos.

Los eliminadores de baterías que comúnmente empleamos en aparatos de audio, calculadoras, etc., contienen entre otras partes un circuito rectificador.

Generalmente, los circuitos rectificadores emplean un filtro capacitivo para reducir la variación del voltaje de salida, con respecto al voltaje promedio de CD (disminuir el voltaje de rizo).

En esta práctica mediremos las señales que se presentan en un circuito rectificador, desde el primario del transformador hasta el voltaje de salida de CD y el rizo que contenga, para dos casos distintos. Con estos datos calcularemos la regulación de los circuitos y los compararemos. Además, veremos la relación que existe entre el voltaje secundario del transformador y el nivel de CD que deseamos a la salida del rectificador.

Por otra parte, en el análisis y diseño de circuitos rectificadores es muy importante manejar correctamente los conceptos de valor RMS (o eficaz), valor pico (o máximo), valor promedio y voltaje de rizo.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Defina los términos: valor RMS, valor pico, valor promedio y voltaje de rizo.
3. Realice el análisis teórico de todos los circuitos de la práctica.
4. Dibujar las formas de onda, perfectamente acotadas en papel milimétrico del voltaje de entrada y de salida que se esperan obtener en cada uno de los circuitos de la práctica.
5. Realizar la simulación de los circuitos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.
6. Al transformador ponerle clavija y caimanes

EQUIPO

Multímetro.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones

Tableta de conexiones

1 Resistencia de $1\text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2}\text{ watt}$

1 Capacitor de $220\text{ }\mu\text{F}$ a 25V

1 Capacitor de $47\text{ }\mu\text{F}$ a 25V .

4 Diodos 1N4004

1 Transformador de $127 - 24\text{V}$ @ 1A con **TAP central**

R_1

C_2

C_1

D_1-D_4

Tr

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Utilizando una terminal del transformador y el **TAP central**, arme el circuito de la figura 3.1.

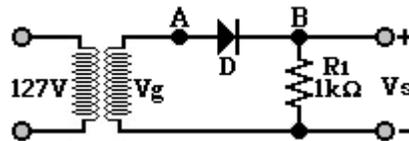


Figura 3.1

2. Mida con el multímetro los voltajes primario y secundario del transformador.
3. Con el osciloscopio en acoplo de CA, conecte el canal 1 en V_g (punto A) y el canal 2 en acoplo de CD en V_s (punto B). Dibuje las formas de onda obtenidas en la pantalla del osciloscopio en papel milimétrico, anotando su amplitud y frecuencia.
4. Con el multímetro en CD mida el nivel de V_s . Retire la resistencia de carga R_1 del circuito de la figura 3.1 y mida nuevamente el nivel V_s .
5. Arme el circuito de la figura 3.2 utilizando una terminal del transformador y el **TAP central**

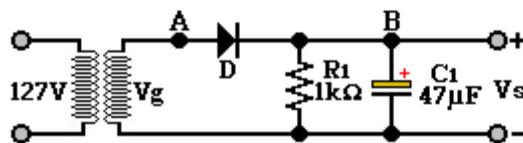


Figura 3.2

6. Obtenga la forma de onda de V_s compárela con el voltaje secundario del transformador V_g y observe la carga y descarga del capacitor. Dibuje y mida en papel milimétrico la magnitud del voltaje de rizo y entre qué valores de voltaje sobre el nivel de tierra se encuentra (V_{SM} y V_{Sm}). (M = máxima, m = mínima).
7. Mida el nivel de CD de V_s con su multímetro. Con y sin resistencia de carga.
8. Utilizando una terminal del transformador y el **TAP central**, arme el circuito de la figura 3.3.

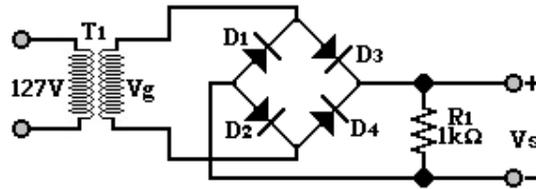


Figura 3.3

9. Obtenga la forma de onda de V_s con el osciloscopio. Dibújela en papel milimétrico anotando su amplitud y frecuencia.
10. Mida el nivel de CD de V_s con su multímetro, con y sin resistencia de carga.
11. Arme el circuito de la figura 3.4, dibuje la forma de onda de V_s obtenida en el osciloscopio en papel milimétrico, anotando la magnitud del voltaje de rizo, así como los valores de voltaje entre los que se encuentra (V_{SM} y V_{Sm}).

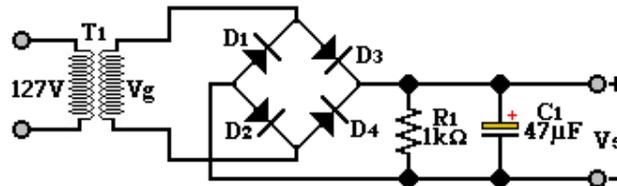


Figura 3.4.

12. Con el multímetro mida el nivel de CD en V_s , con y sin resistencia de carga.
13. Sustituya el capacitor de $47\mu\text{F}$ por uno de $220\mu\text{F}$, dibuje la forma de onda de V_s obtenida en el osciloscopio en papel milimétrico, anotando la magnitud del voltaje de rizo y haga sus anotaciones sobre el efecto que este cambio provoca.



CUESTIONARIO

1. De acuerdo con las formas de onda que obtuvo, ¿qué tipo de rectificadores son los circuitos de las figuras 3.1 y 3.3?
2. ¿Con cuál circuito rectificador obtuvo mayor nivel de CD a la salida?, ¿por qué?
3. Calcule la regulación de cada uno de los circuitos vistos.

$$\% \text{ REG} = [(V_{S0} - V_{SR1}) / V_{SR1}] \times 100$$

$$V_{S0} = V_s \text{ sin carga.}$$

$$V_{SR1} = V_s \text{ con carga.}$$

4. Haga una tabla comparativa que incluya por columnas cada uno de los rectificadores vistos con y sin capacitor de filtro (con carga) y por renglones los niveles de CD obtenidos, la regulación, la magnitud del rizo y comente acerca de los resultados obtenidos.
5. Diga si existe diferencia entre el valor de voltaje secundario medido con el osciloscopio y el medido con el multímetro, explique su comentario.
6. De acuerdo con sus datos experimentales, ¿cuál es la relación de transformación de su transformador?
7. En un rectificador con filtro capacitivo qué es más recomendable: Tener un valor grande o un valor pequeño de capacitor. ¿Por qué?

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 4. “APLICACIONES DE LOS DIODOS:

OBJETIVO

- Obtener en el osciloscopio las formas de onda a las salidas de algunas aplicaciones de los diodos.

INTRODUCCIÓN

Los diodos tienen un sinnúmero de aplicaciones, las cuales incluyen rectificadores, detectores, generadores de funciones, formadores de ondas y compuertas lógicas. En esta práctica se muestran algunos de estos circuitos en los que se aplicará algunas de esas aplicaciones: corriente alterna al diodo rectificador en polarización directa y con fuentes de voltaje de CD, cambiar la forma o el “descentramiento” (offset) de una señal con respecto a un nivel de tierra.

Para ver el funcionamiento de los circuitos recortadores, se armará un recortador típico con diodos y fuentes de CD y CA y un recortador con diodos zener, viendo cómo afectan la amplitud de una señal senoidal.

El efecto de “descentrar” con respecto a tierra una señal senoidal se logrará mediante una combinación simple de diodo-capacitor-resistencia llamada circuito sujetador, viendo si se logra sujeción positiva o negativa, con respecto a tierra.

Finalmente, se verá como agregando un diodo como rectificador y un capacitor como filtro, a la salida del circuito sujetador, se logra un circuito “doblador de tensión”, el cual duplica el valor absoluto de voltaje de una onda senoidal.

El alumno deberá de manejar los siguientes conceptos: Polarización directa e inversa de un diodo, voltaje de ruptura inversa de un diodo zener, combinación de señales de CD y CA, carga y descarga de un capacitor, rectificación y filtrado.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Realizar el análisis teórico del circuito 4.1, para todos los valores de la tabla 4.1 considerando la caída del diodo.
3. Realizar el análisis teórico del resto de todos los circuitos, considerando diodos ideales.
4. En base a las respuestas anteriores, grafique en papel milimétrico los voltajes de entrada y salida perfectamente acotadas.
5. Realizar la simulación de todos los circuitos de la práctica.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Generador de funciones.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones

Tableta de Conexiones

1 Resistencia de $1\text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2}\text{ watt}$

2 Capacitores de $47\text{ }\mu\text{F}$ a 25V

2 Diodos 1N4004

2 Diodos zener de 6.2 V a $\frac{1}{2}\text{ watt}$

R_1

C_1, C_2

D_1, D_2

D_{Z1}, D_{Z2}

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Arme el circuito mostrado en la figura 4.1. Con una señal senoidal de 12V_{pp} , a 1kHz .

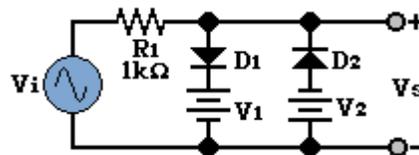


Figura 4.1

- Observé en el osciloscopio las señales V_i y V_s , dibújelas en papel milimétrico para todos los valores de la tabla 4.1.

V_i (V_{pp})	V_{1CD} (V)	V_{2CD} (V)	V_{SCD} (V_{pp})
12	12	12	
12	4	4	
12	4	0	
12	0	4	
12	0	0	

Tabla 4.1

- Arme los circuitos mostrados en las figuras 4.2 y 4.3.

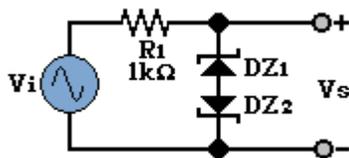


Figura 4.2

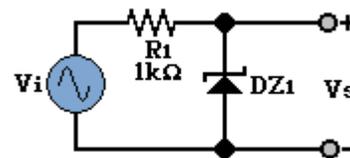


Figura 4.3

- Con V_i en la máxima amplitud y a 1kHz , dibuje y acote las señales V_i y V_s en papel milimétrico, de las figuras 4.2 y 4.3
- Arme el circuito de la figura 4.4. Si V_i es una señal senoidal de 12V_{pp} a 1kHz . Dibujé las señales V_i y V_s en papel milimétrico, observando cuidadosamente el nivel de tierra.

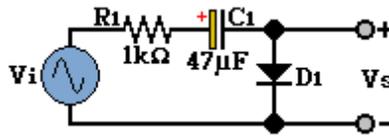


Figura 4.4

6. Arme el circuito de la figura 4.5. Dibuje y acote las señales V_i y V_s en papel milimétrico.

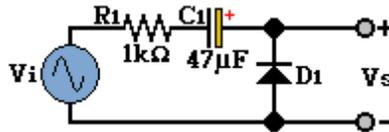


Figura 4.5

7. A la salida del circuito de la figura 4.5, conecte el circuito de la figura 4.6. Dibuje y acote las señales obtenidas en V_i y V_{s1} en papel milimétrico. Observando los valores del nivel de voltaje en CD.

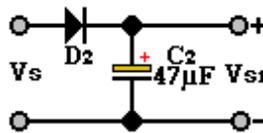


Figura 4.6

CUESTIONARIO

1. ¿Existe diferencia entre los valores V_i y V_s cuando $V_1 = V_2 = 12V$? Explique las causas.
2. ¿A qué valor tiende la señal V_s , si $V_1 = V_2 = 0V$, y por qué?
3. ¿Cómo aparecería V_s en el circuito de la figura 4? si la fuente V_1 se invierte de polaridad y $V_1 = V_2 = 3V$? Dibuje la gráfica acotándola debidamente. Realice el análisis del circuito.
4. Idealmente, ¿qué valor de CD se obtendría en V_{s1} en el punto 7 del procedimiento? Explique la diferencia en el valor que midió.
5. Dé una breve explicación de la función del capacitor C_1 en el circuito sujetador de la figura 4.4.
6. ¿A qué valor de voltaje de CD “sujeta” a la senoidal el circuito de la figura 4.4? y ¿cuál es la causa?
7. En base a los resultados obtenidos en el punto 4 del procedimiento, ¿cuál sería el circuito equivalente Piezo lineal del diodo zener D_{z1} ?

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PRÁCTICA 5. “FUENTE DE VOLTAJE DE CD”

OBJETIVOS

- Comprobar el funcionamiento del diodo zener como dispositivo regulador de voltaje.
- Obtener en la pantalla del osciloscopio la forma de los voltajes en diferentes puntos de una fuente de voltaje.
- Comprobar el funcionamiento de una fuente de voltaje variable.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho la necesidad de proveer a los circuitos electrónicos de una fuente de voltaje de CD para su operación. En esta práctica veremos algunos factores importantes en el funcionamiento de una fuente de voltaje de CD variable, empleando los conocimientos adquiridos sobre diodos rectificadores, estabilización de voltaje con diodos zener y filtrado con capacitores. Empleando además transistores como reguladores de voltaje y como amplificadores de corriente.

Veremos la capacidad de manejo de corriente, la variación de voltaje de salida con respecto a la carga y la pureza del voltaje de CD y se determinará cuál es la potencia máxima que este circuito puede administrar a una carga a un voltaje determinado.

La fuente de poder estará constituida por un transformador, un circuito rectificador de onda completa, un filtro capacitivo, un diodo zener y un circuito en configuración Darlington considerados en el bloque del regulador, como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 5.1.

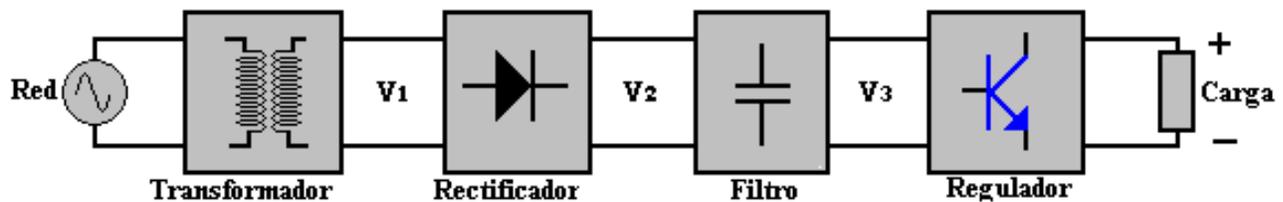


Figura 5.1

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Realizar el análisis teórico y dibujar en papel milimétrico las señales que se esperan obtener en los puntos A-A', B-B' (abierto sw1), B-B' (cerrado sw1) y C-C' (cerrado sw1 y sw2) acotados debidamente.
3. El alumno deberá traer el circuito armado. (para conectar los transistores refiérase al apéndice B), **de no traerlo no podrá realizar la práctica.**
4. Realizar la simulación de los circuitos 5.2 y 5.3.
5. Al transformador ponerle clavija y caimanes

EQUIPO

Multímetro
Osciloscopio

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones

Tableta de Conexiones

1 Resistencia de $1\text{ k}\Omega$ a **1 watt**

1 Resistencia de $270\ \Omega$ a **1 watt**

1 Potenciómetro de $50\text{ k}\Omega$

1 Capacitor de $1500\ \mu\text{F}$ a 25V

1 Capacitor de $470\ \mu\text{F}$ a 25V

2 Diodos 1N4004

1 Diodo zener de 12V a **$\frac{1}{2}$ watt**

1 Diodo zener de 9.1V a **$\frac{1}{2}$ watt**

1 Led rojo

1 Transistor TIP29C

1 Transistor TIP31C

1 Motor de CD 12V

1 Transformador $127\text{-}24\text{V}$ @ 1A con **TAP central**

R_1

R_2

R_2

C_1

C_2

D_1, D_2

D_{Z1}

D_{Z2}

LED

T_1

T_2

M

Tr

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito de la figura 5.2 dejando todos los interruptores abiertos.

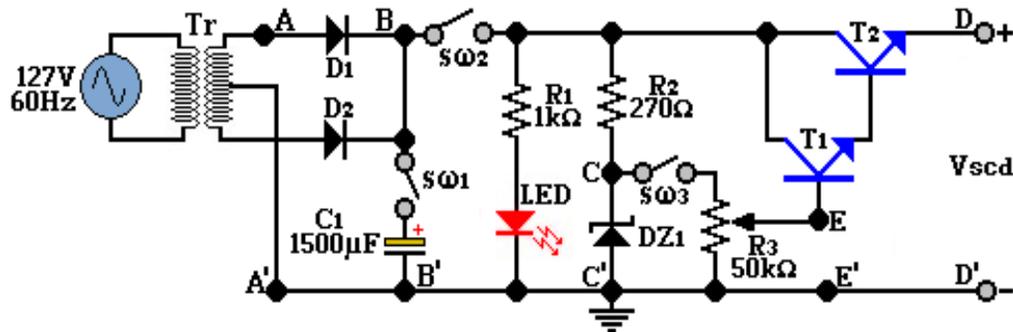


Figura 5.2

2. Conecte el transformador a la línea y utilizando el canal 1 del osciloscopio en acoplo de CA y el canal 2 en acoplo de CD observe en la pantalla los voltajes entre los puntos A–A', B–B', anotando su amplitud, periodo y frecuencia. Grafique las formas de onda en papel milimétrico acotándolas debidamente.
3. Desconecte el transformador. Cierre el interruptor SW1 y repita el paso anterior. **A partir de este punto todos los interruptores que se vayan cerrando se mantendrán cerrados.**
4. Cierre el interruptor SW2, acople ambos canales del osciloscopio en CD y observe la forma de onda de los puntos C–C' y D–D' y grafíquelos en papel milimétrico.
5. Gire el potenciómetro hasta obtener la mínima resistencia entre las terminales que se conectan en E–E' y cierre el interruptor SW3.
6. Observe en la pantalla los voltajes entre los puntos E–E', (canal 1) y entre los puntos D–D', (canal 2). Gire lentamente la perilla del potenciómetro, R_3 , para llenar la tabla 5.1.

E-E' (Volts)	DZ1 D-D' (Volts)	DZ2 D-D' (Volts)
1		
3		
5		
7		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Tabla 5.1

- Desconecte el transformador. Cambie el diodo zener DZ1 por el diodo zener DZ2, repita el punto 5 y 6.
- Desconecte el transformador y con el diodo zener DZ1. Coloque el capacitor C_2 , el motor de CD y el amperímetro como se observa en la figura 5.3.

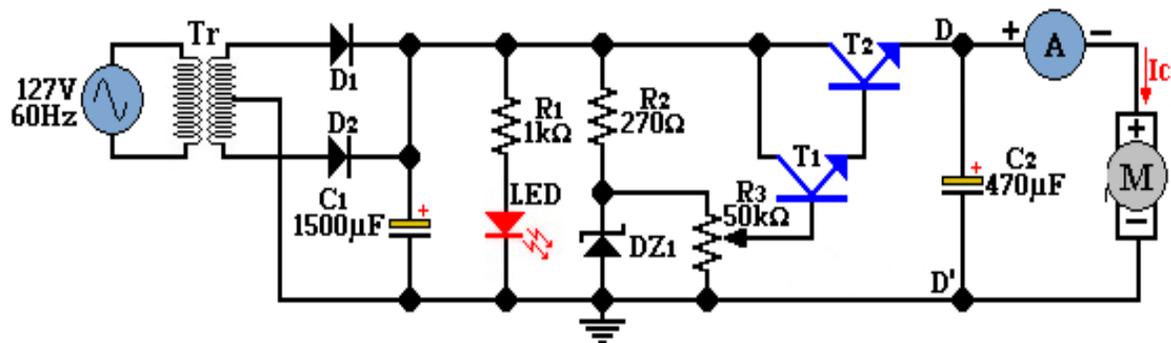


Figura 5.3

- Con el potenciómetro a la mínima resistencia, conecte el transformador. Gire la perilla del potenciómetro para llenar la columna I_c de la tabla 5.2.



E-E' (Volts)	Ic (mA)	P (mW)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Tabla 5.2

CUESTIONARIO

1. Explique paso a paso el funcionamiento de la fuente de voltaje de la figura 5.3.
2. Explique con sus palabras lo que sucede al intercambiar los diodos zener.
3. En base a las lecturas de la tabla 5.2 calcule la potencia que suministra la fuente a la carga en cada uno de ellos.
4. Si se desconecta uno de los diodos rectificadores del circuito que sucede en la fuente de voltaje de una breve explicación.
5. ¿Qué modificaciones haría al circuito de la figura 5.3 para que la fuente no fuera variable?

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 6. “POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNTURA, TBJ”

OBJETIVOS

- El alumno aprenderá a reconocer un transistor en buen estado de uno en mal estado, así como a reconocer si se trata de un transistor NPN o un PNP.
- Medir los parámetros TBJ operando en las regiones de corte, saturación y amplificación.
- Medir la potencia disipada por el transistor trabajando en cada una de las tres regiones.

INTRODUCCIÓN

En esta práctica se comenzará a estudiar el transistor bipolar de juntura, TBJ, algunas de sus características y aplicaciones. El uso más común que se les da a estos dispositivos es como amplificadores. Los circuitos de los cuales forman parte se usan en diferentes aparatos, fuentes de poder, como se vio en la práctica anterior, amplificadores de audio, circuitos lógicos por citar algunos. Esta práctica constará de dos partes: la primera será tomar una serie de medidas estáticas de resistencia a dos TBJ y en la segunda se armarán cuatro circuitos con TBJ.

Las mediciones estáticas de resistencia eléctrica que se harán a los TBJ tienen como finalidad saber si se encuentran en buen estado o no, además veremos que es posible identificar a un TBJ si es que no se nos da su tipo, es decir si es NPN o PNP en base a patrones determinados de resistencia que presentan entre sus terminales. Estos patrones serán obtenidos por el alumno en base a los resultados de las mediciones.

Debe tener cuidado con la polaridad del multímetro al hacer las mediciones. Por ejemplo, para medir la resistencia de base a emisor (R_{BE}) de un TBJ, la punta positiva del multímetro debe colocarse en la base y la punta negativa del multímetro debe colocarse en el emisor. Del mismo modo para medir R_{EB} deben invertirse las polaridades.

Dependiendo de la aplicación que se requiere, para que el TBJ trabaje correctamente deberá ser polarizado adecuadamente. Por ejemplo, un amplificador de audio clase A usará un transistor polarizado en el centro de la región activa, mientras que en una fuente de voltaje por conmutación usará un TBJ que estará cambiando de estado de saturación a corte y viceversa.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Calcular los valores que se indican en las tablas 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5, (para el valor de $\beta = h_{FE}$ refiérase al apéndice B)
3. Realizar la simulación de todos los circuitos de la práctica.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Multímetro
Osciloscopio

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones

Tableta de conexiones

1 Resistencia de 15 kΩ a 1/2 watt

R₁

1 Resistencia de 2.7 kΩ a 1/2 watt

R₂

1 Resistencia de 680 Ω a 1/2 watt

R_C

1 Resistencia de 120 Ω a 1/2 watt

R_E

1 Potenciómetro de 5 kΩ

R_P

1 Transistor BC547A

T

1 Transistor BC557A

T

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

I) Resistencias internas del Transistor bipolar de juntura.

1. Con el multímetro anote los valores que se piden en la tabla 6.1.

Es importante que quien mida no sostenga el transistor ya que lo que puede estar midiendo es la resistencia eléctrica de su cuerpo en paralelo con la del transistor.

Transistor	BC 547A	BC 557
Tipo	NPN	PNP
R _{EB}		
R _{CB}		
R _{CE}		
R _{BE}		
R _{BC}		
R _{EC}		

Tabla 6.1

II) Polarización del transistor bipolar de juntura.

1. Arme el circuito de la figura 6.1.

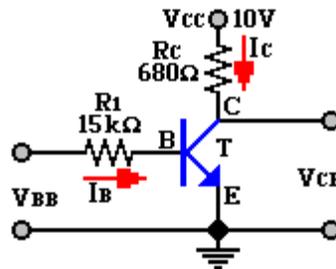


Figura 6.1

2. Variando el voltaje V_{BB} a tierra o V_{CC}. Anote los valores que se piden en la tabla 6.2 y especifique en que región se encuentra el transistor.

V_{BB} (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)	REGIÓN
0 (tierra)					
10					

Tabla 6.2

3. Arme el circuito de la figura 6.2.

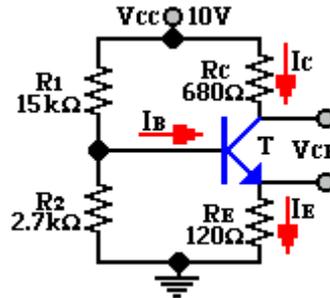


Figura 6.2

4. Haga las mediciones necesarias para llenar la tabla 6.3.

V_B (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)	β	REGIÓN

Tabla 6.3

5. Intercambie las resistencias R_1 y R_2 como se muestra en la figura 6.3.

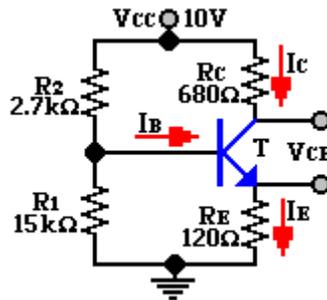


Figura 6.3

6. Llene la tabla 6.4 con los datos que se piden.

V_B (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)	β	REGIÓN

Tabla 6.4

7. Arme el circuito de la figura 6.4.

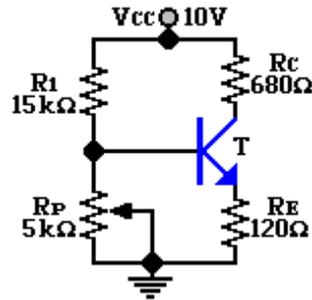


Figura 6.4

8. Varíe el potenciómetro R_P para obtener tres valores de resistencia. Primero 0Ω , luego $2.5k\Omega$ y por último $5k\Omega$. Llene la tabla 6.5.

R_P k Ω	V_B (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)	β	REGIÓN
0.0 (tierra)							
2.5							
5.0							

Tabla 6.5

CUESTIONARIO

- En base a los datos obtenidos en la tabla 6.1.
 - ¿Cómo determinarías si el transistor se encuentra en buen estado?
 - Si se le diera un transistor bipolar de juntura ¿Qué mediciones haría para saber la distribución de sus terminales y si el transistor en cuestión es un NPN o un PNP?
- Explique detalladamente el funcionamiento de la figura 6.1.
- ¿Cuál circuito hace que el transistor disipe mayor potencia y en qué región de operación se encuentra el transistor en ese circuito?
- Explique la diferencia de los diferentes valores de β obtenidos en la tabla 6.6.
- Explique detalladamente la diferencia si existe entre la figura 6.2 y la figura 6.3. ¿Cómo son estos valores, con los teóricos? Explique su respuesta.
- Con los datos de las tablas 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5 llene la tabla 6.6 considerando que la potencia disipada por el transistor está dada por la fórmula $P_{dc} = V_{CE} I_C$ y β es la ganancia de CD.



Tabla	I_B	I_C	V_B	V_{CE}	β	P_{dc}
6.2.						
6.3						
6.4						
6.5						

Tabla 6.6

- Llene la columna de la tabla para el voltaje colector-base de operación.
¿Cómo es este voltaje cuando el transistor está: a) cortado, b) amplificando, c) saturado?
- Realice una tabla que incluya los datos teóricos, calculados en el previo de la práctica y compárelos con los datos de la tabla 6.6. Comente sus resultados.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PRÁCTICA 7. "PARÁMETROS HÍBRIDOS π "

OBJETIVOS

- Graficar las relaciones entre los parámetros del transistor.
- Elaborar el modelo híbrido " π " del transistor en un punto de operación determinado, empleando mediciones de los parámetros eléctricos accesibles en un TBJ.

INTRODUCCIÓN

El modelo híbrido π para un transistor es de gran utilidad ya que puede predecir el comportamiento de éste en presencia de una señal alterna, partiendo de datos de corriente directa. En esta práctica se efectuarán las mediciones y cálculos necesarios para llegar a una concepción práctica del modelo híbrido π , de un transistor determinado. Las expresiones 7.1 a 7.3 muestran las relaciones fundamentales para la elaboración del modelo antes referido, mientras que la figura 7.1 muestra el modelo híbrido del circuito π , de un transistor.

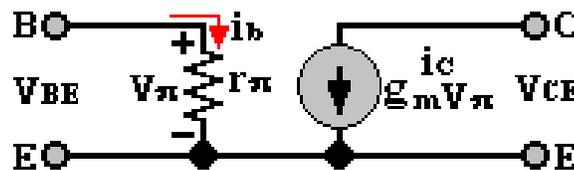


Figura 7.1

La fuente fundamental de información requerida para esta práctica se encuentra en la tabla 7.1. De las mediciones asentadas ahí se partirá para la tendencia de los parámetros entre sí; esto es, podemos ver como varía la β del transistor con respecto a V_{CE} , como varía I_C con respecto a I_B o como varía r_π contra las variaciones de I_B y de V_{CE} , etc.

Finalmente, en base a los datos experimentales (de CD), se procederá a la elaboración de un modelo π para el transistor utilizado, en un punto de operación determinado.

El alumno deberá utilizar conceptos de análisis de circuitos y sus componentes, manejo de gráficas y elaboración de modelos de circuitos.

$$\beta = I_C / I_B \quad (7.1)$$

$$g_m = (q / k T) \times I_C \quad (7.2)$$

$$r_\pi = \beta / g_m = (k T / q | I_B |) \quad (7.3)$$

Donde:

β → Ganancia corriente.

g_m → Transconductancia colector - emisor.

r_π → resistencia del diodo base - emisor.

q → carga del electrón = 1.6×10^{-19} C.

K → constante de Boltzman = 1.381×10^{-23} J / °K.

T → Temperatura absoluta en °K.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Calcule y dibuje el circuito equivalente π del transistor, para una $I_B = 40\mu\text{A}$, $T = 25^\circ\text{C}$ y $\beta = 180$, para los diferentes valores de V_{CE} de la tabla 7.1. Aplicando las fórmulas necesarias proporcionadas en la introducción.
3. Realizar la simulación de todos los circuitos de la práctica

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Multímetro.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones
Tableta de conexiones
1 Resistencia de $15\text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2}\text{ watt}$
1 Potenciómetro de $5\text{ k}\Omega$
1 Transistor BC547A

R_1
 R_P
T

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito de la figura 7.2, no conecte aún las fuentes.

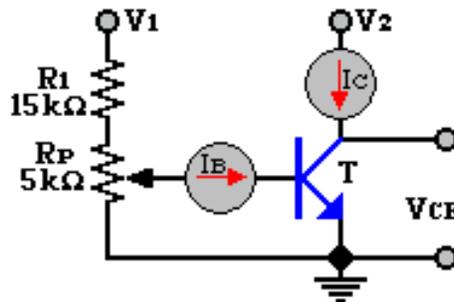


Figura 7.2

2. Gire el potenciómetro R_P de manera que presente la mínima resistencia con respecto a tierra. Hecho esto, conecte las fuentes de voltaje $V_1 = 5\text{V}$ y $V_2 = V_{CE} = 0\text{V}$.
3. Mida y anote el V_{BE} y la corriente I_C para las diferentes cantidades de I_B , según la tabla 7.1. La corriente de base I_B se varía cambiando al ajustar el potenciómetro R_P .
4. Variando $V_2 = V_{CE}$ como se indica la tabla 7.1, mida y anote los valores V_{BE} e I_C para las diferentes cantidades de I_B que se indican en la tabla 7.1.



I_B μA	$V_{CE} = 0V$		$V_{CE} = 1.0V$		$V_{CE} = 2.0V$		$V_{CE} = 3.0V$		$V_{CE} = 4.0V$	
	V_{BE} V	I_C mA	V_{BE} V	I_C mA	V_{BE} V	I_C mA	V_{BE} V	I_C mA	V_{BE} V	I_C mA
10										
20										
30										
40										
50										
60										
70										

Tabla 7.1.

CUESTIONARIO

- En base a los resultados obtenidos en la tabla 7.1 dibuje en papel milimétrico:
 - La gráfica I_B vs I_C para cada V_{CE}
 - La gráfica V_{CE} vs I_C para cada I_B
 - La gráfica g_m vs I_C para $V_{CE} = 2V$
 - La gráfica r_π vs I_B para $V_{CE} = 2V$
- De la gráfica I_C Vs I_B , ¿Qué representa la pendiente de los trazos obtenidos?
- Además de la relación I_C/I_B , basándose en las gráficas pedidas en el punto 1, ¿Qué otro parámetro influye en el valor de β ?
- Según la gráfica r_π Vs I_B , cuando se requiere que r_π sea casi independiente de I_B , ¿ I_B debe ser grande o pequeña?
- De la tabla 7.1, ¿Se esperaban valores de V_{BE} alrededor de $0.7V$?, ¿por qué?
- Calcule y dibuje el circuito equivalente π del transistor T, para una $I_B = 40\mu A$ y $T = 25^\circ C$. Utilice los datos obtenidos experimentalmente, para los diferentes valores de V_{CE} de la tabla 7.1.
- Compare los datos teóricos con los obtenidos experimentalmente de la pregunta anterior y comente sus resultados.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 8. “AMPLIFICADOR BÁSICO (Emisor común)”

OBJETIVOS

- Comprobar la acción amplificadora de un transistor.
- Describir basándose en datos experimentales:
 - a) El efecto del capacitor de desvío (bypass) sobre la ganancia en voltaje del amplificador.
 - b) El efecto del capacitor de acoplo con la carga, sobre la señal de salida de un amplificador emisor común.
- Comprobar los efectos de las impedancias Z_i y Z_o en las señales de entrada y salida.

INTRODUCCIÓN

La configuración emisor común es la más empleada y versátil de las tres configuraciones. El término emisor común se deriva del hecho de que la señal de entrada es por la base y la salida por el colector, esto origina que el emisor quede suelto, para el circuito equivalente de CA.

En esta práctica se comprobará cómo un amplificador emisor común es capaz de ofrecer ganancias en voltaje y corriente, mayores que la unidad. Se medirán los voltajes de CA a la salida y a la entrada del amplificador, con la carga, para comprobar sus efectos sobre la ganancia en voltaje y la señal de salida del amplificador. Se observará también el efecto producido por el capacitor de desvío en el circuito.

Además, variando la magnitud de la señal de entrada podemos ver en el osciloscopio qué efecto provoca operar el transistor con una señal fuera de los posibles rangos de operación del punto Q impuesto por la polarización.

Se podrá comprobar el efecto que produce esta configuración “emisor común” a la señal de salida con respecto a la señal de entrada.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Del circuito de la figura 8.1 encuentre los valores indicados en la tabla 8.1 (para el valor de β refiérase al apéndice B). Encuentre la ganancia de voltaje y las impedancias de entrada y salida.
3. Realizar la simulación del circuito de la figura 8.1.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Generador de funciones.
Multímetro.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones

Tableta de conexiones

1 Resistencia de 22 kΩ a **1/2 watt**

R₁

1 Resistencia de 12 kΩ a **1/2 watt**

R_S

2 Resistencias de 2.2 kΩ a **1/2 watt**

R₂, R_C

2 Resistencias de 220 Ω a **1/2 watt**

R_i, R_E

1 Capacitor 470 μF a 25V

C_e

1 Capacitor 47 μF a 25V

C_i

1 Capacitor 10 μF a 25V

C_C

1 Transistor 2N3904

T

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito de la figura 8.1. Todavía no conecte el capacitor de desvío C_e.

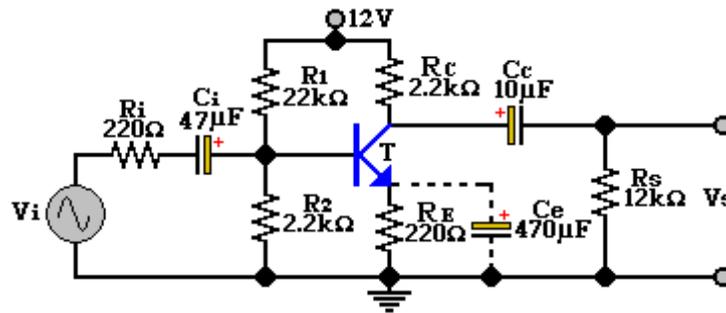


Figura 8.1

2. Con Vi apagado mida y anote los parámetros indicados en la tabla 8.1.

V _B (V)	V _C (V)	V _E (V)	V _{CE} (V)	I _B (μA)	I _C (mA)

Tabla 8.1

3. Encienda Vi con una señal senoidal de 250mVpp y una frecuencia de 1kHz.
4. Observé en la pantalla del osciloscopio la forma de onda de las señales Vs y Vi, dibújelas anotando la diferencia de fase entre las dos señales, su amplitud y frecuencia.
5. Sin mover el ajuste de Vi, retire Rs y mida nuevamente Vs, Coloque de nuevo a Rs en la salida.
6. Conecte ahora el capacitor Ce como lo indica el dibujo en la línea punteada de la figura 8.1.
7. Observé en la pantalla del osciloscopio la forma de onda de las señales Vs y Vi, dibújelas anotando la diferencia de fase entre las dos señales, su amplitud y frecuencia. Repita el paso 5.



- Cortocircuite el capacitor C_c y mida la componente de CD de la resistencia R_s . Retire el corto circuito y mida nuevamente la componente de CD.
- Aumenté gradualmente la amplitud de V_i como se indica en la tabla 8.2.

V_i [mV _{PP}]	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
V_s [V _{PP}]											
Δv											
Comentarios sobre las formas de onda											

Tabla 8.2

CUESTIONARIO

- Grafique la l.c.c.d. en papel milimétrico con los valores obtenidos en la práctica.
- Basado en sus datos experimentales ¿puede afirmar que el circuito de la figura 8.1 está funcionando como amplificador? ¿por qué?
- Basado en sus datos experimentales calcule la ganancia de voltaje (con y sin R_s) para los siguientes casos:
 - $C_e = 470\mu F$
 - $C_e = 0\mu F$
- Diga cuáles son los valores de la componente de CD de V_s medidos en el punto 8 de su práctica y explique la función del capacitor C_c .
- Calcule la ganancia de corriente, para los datos obtenidos con carga, con y sin capacitor de desvío.
- ¿Qué efecto provocó aumentar V_i ?, ¿a qué se debe ese efecto?
- ¿Qué efecto provoco en la señal de V_i , al conectar el capacitor de desvío C_e en el circuito? ¿a qué se debe ese efecto?
- Calcule la potencia que disipa el transistor.
- Compare los análisis teóricos del circuito, con los obtenidos en la práctica y si existen diferencias diga cuáles son las posibles causas que las provocan.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



PRÁCTICA 9. “AMPLIFICADOR COLECTOR COMÚN Y BASE COMÚN”

OBJETIVOS

- Comprobar la acción amplificadora de las configuraciones colector común y base común del TBJ.
- Poder establecer una comparación entre las diferentes configuraciones del TBJ, con respecto a la ganancia de voltaje, ganancia de corriente y ángulo de desfaseamiento.

INTRODUCCIÓN

Aunque la configuración emisor común es la más utilizada, existen otros dos tipos de circuitos que son utilizados por sus características especiales: colector común o seguidor emisor y base común.

Por medio de estas prácticas se podrán evaluar algunas de las características más relevantes de las configuraciones antes mencionadas, como son: ganancia de voltaje, ganancia de corriente las impedancias de entrada y de salida, y el desfaseamiento entre la señal de entrada y la de salida.

Como se podrá observar en la figura 9.1 circuito colector común y la figura 9.2 circuito base común. No existe el capacitor de desvío, esto, aunado al hecho de que en ambos circuitos tienen características de CD similares al circuito emisor común visto con anterioridad. Existiendo cambios en ambos circuitos al aplicar el análisis de CA, así como en su modelo híbrido π .

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Para los dos circuitos encuentre los valores indicados en las tablas 9.1 y 9.2. Encuentre la ganancia de voltaje y la ganancia de corriente.
3. Coloque en una tabla las propiedades más importantes de la configuración colector común, base común y emisor común.
4. Realizar la simulación de los circuitos 9.1 y 9.2.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Generador de funciones.
Multímetro
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones
Tableta de conexiones

1 Resistencia de 15 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₁
1 Resistencia de 2.7 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₂
2 Resistencias de 680 Ω a <u>1/2 watt</u>	R _C , R _S
2 Resistencias de 120 Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₃ , R _E
1 Capacitor 47 μ F a 25V	C ₁
1 Capacitor 22 μ F a 25V	C ₂
1 Transistor BC547A	T

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito de la figura 9.1. Con V_i apagado, mida y anote los valores que se piden en la tabla 9.1.

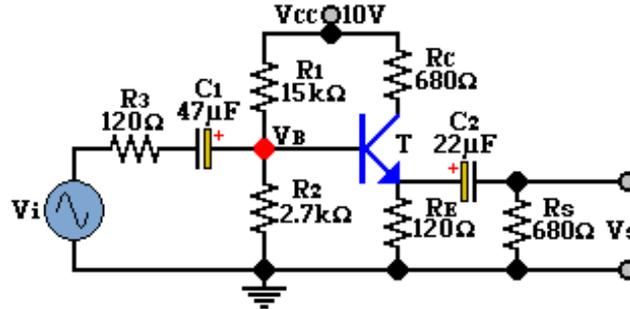


Figura 9.1.

V_B (V)	V_C (V)	V_E (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)

Tabla 9.1.

2. Calibre V_i para obtener una señal senoidal en el punto $V_B = 60\text{mVpp}$, con una frecuencia de 1kHz, mida y dibuje, con ayuda del osciloscopio, los valores de V_B y V_S .
3. Sin variar V_B , retire la resistencia de carga R_S y mida el valor de V_S .
4. Restituya R_S al circuito y proceda a aumentar gradualmente V_i , hasta que V_S sea máxima sin presentar distorsión. Anote el valor de $V_{i\text{máx}}$ y de $V_{S\text{máx}}$.
5. Arme el circuito de la figura 9.2. Con V_i apagado, mida y anote los valores que se piden en la tabla 9.2.

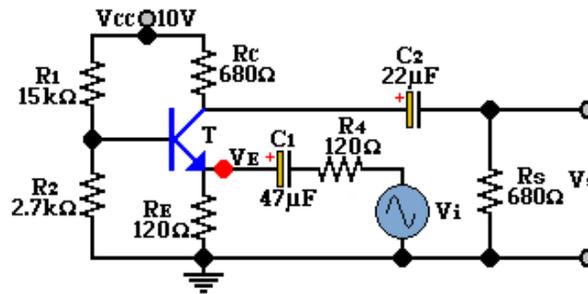


Figura 9.2.

V_B (V)	V_C (V)	V_E (V)	V_{CE} (V)	I_B (μ A)	I_C (mA)

Tabla 9.2.

6. Calibre V_i para obtener una señal senoidal en el punto $V_E = 60\text{mVpp}$, con una frecuencia de 1kHz. Mida y dibuje, V_E y V_S .
7. Sin variar V_E , repita los pasos 3 y 4.



CUESTIONARIO

1. ¿Son iguales las condiciones de polarización de los circuitos de las figuras 9.1 y 9.2? ¿por qué?
2. Respecto al ángulo de fase ¿cómo es V_S con respecto a V_B en el paso 3?
3. Respecto al ángulo de fase ¿cómo es V_S con respecto a V_i en el paso 6?
4. En base en los datos obtenidos calcule para los circuitos de las figuras 9.1 y 9.2:
 - a. La ganancia de voltaje, con carga.
 - b. Grafique las líneas de carga de CD y CA, y compárelas con las calculadas teóricamente.
5. Calcule la ganancia de corriente, con carga, para las dos configuraciones vistas.
6. Realice una tabla comparativa en donde incluya Δv y Δi y ángulo de desfase de los circuitos de las figuras 8.1 (sin capacitor de desvío), 9.1 y 9.2 y comente sobre ello.
7. Compare los análisis teóricos de los circuitos 9.1 y 9.2, con los obtenidos en la práctica y si existen diferencias diga cuáles son las posibles causas que las provocan.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PRÁCTICA 10. “EL TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO DE UNIÓN (JFET)”

OBJETIVOS

- Identificar las terminales de un JFET así como examinar los métodos de polarización del JFET y determinar que produce un punto Q estable.

INTRODUCCIÓN

Los transistores son los elementos básicos para la amplificación de señales eléctricas. Existen dos tipos básicos de transistores. El transistor bipolar de juntura (TBJ) y el **transistor de efecto de campo de unión (JFET)** el cual es un componente con una impedancia de entrada muy grande. Los JFET son dispositivos **unipolares** porque a diferencia de los TBJ que utilizan tanto corriente de electrones como corriente de huecos, éstos funcionan sólo con un tipo de portador de carga. Por lo tanto, el TBJ es un dispositivo controlado por corriente y el JFET es un dispositivo controlado por voltaje

El JFET está constituido por una barra semiconductor tipo **P** llamado **canal**, que presenta dos terminales al exterior: fuente y drenado, con dos regiones de material tipo **N** en ambos lados, unidas entre sí formando la terminal de puerta. Cuando el canal es de semiconductor tipo **N** y las regiones laterales de tipo **P** recibe el nombre de **canal P**.

La representación de la estructura básica y símbolo esquemático del canal P se observa en la figura 10a y la del canal N en la figura 10b. Las terminales de los JFET son:

- ❖ **Fuente S (Source):** Terminal por donde entran los portadores provenientes de la fuente externa de polarización.
- ❖ **Drenado D (Drain):** Terminal por donde salen los portadores procedentes de la fuente y que atraviesan el canal.
- ❖ **Puerta G (Gate):** Terminal constituida por dos regiones fuertemente impurificadas a ambos lados del canal y que controlan en éste la cantidad de portadores que lo atraviesan.

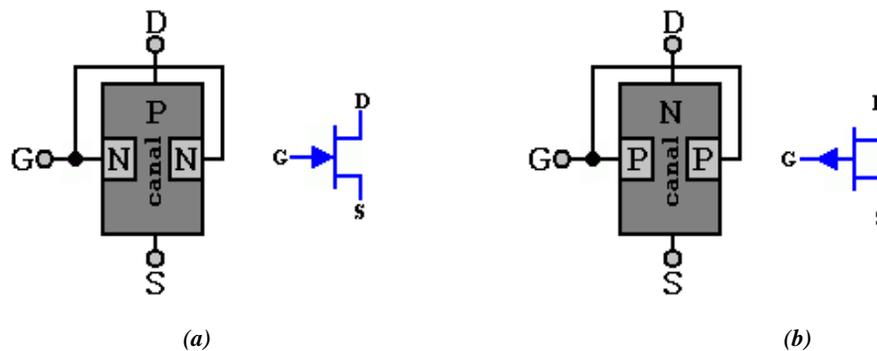


Figura 10.1

Para cada uno de los cuatro circuitos polarizados, se construirá y medirá el rendimiento de tres JFET en cada circuito. Se comparará el rango de la corriente de drenado para los cuatro circuitos. Se podrá observar que a medida que se avance en cada circuito, disminuye la distancia medida de la corriente de drenado.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

1. El alumno deberá leer la práctica de laboratorio.
2. Para los circuitos de la figura 10.4, 10.5, 10.6 y 10.7, calcular y dibujar la línea de polarización.
3. Realizar la simulación de los circuitos de las figuras 10.4, 10.5, 10.6 y 10.7.

EQUIPO

Fuente de voltaje de CD.
Multímetro.
Generador de funciones.
Osciloscopio.

MATERIAL

Alambres y cables para conexiones
Tableta de conexiones

1 Resistencia de 100 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₁
1 Resistencia de 33 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₂
1 Resistencia de 6.8 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₃
1 Resistencia de 2.2 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₄
1 Resistencia de 1 k Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₅
1 Resistencia de 680 Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₆
1 Resistencia de 470 Ω a <u>1/2 watt</u>	R ₇
1 Transistor 2N3904	T ₄
3 Transistores JFET 2N3819 o 2N5245	T ₁ , T ₂ y T ₃

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme el circuito de la figura 10.2. Medir la corriente de drenado, I_{DSS}. Anote este valor en la tabla 1.

Nota: Debido a los efectos de calor, la corriente de drenado puede disminuir lentamente. Tome su lectura tan pronto como sea posible después de encender la fuente de alimentación.

2. Repita el paso 1 para los otros 2 JFET (numérelos para no confundirse) anotando sus valores en la tabla 10.1.

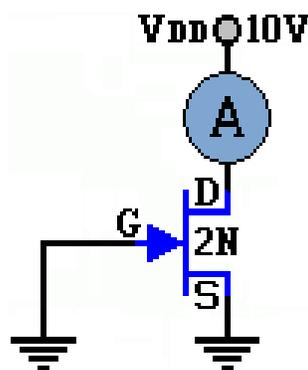


Figura 10.2.

JFET	I_{DSS}	$V_{GS(off)}$
1		
2		
3		

Tabla 10.1.

3. Arme el circuito de la figura 10.3. Inserte el primer JFET en el circuito.

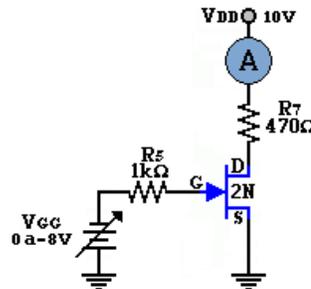


Figura 10.3.

- Aumente el voltaje de alimentación negativo de la compuerta hasta que la corriente de drenado caiga aproximadamente a un $1\mu A$. Con el multímetro mida y anote el valor de $V_{GS(off)}$ en la tabla 10.1.
- Repita el paso anterior para cada uno de los otros JFET.
- Arme el circuito mostrado en la figura 10.4. Medir V_{GS} , I_D y V_{DS} . Anote los valores obtenidos en la tabla 10.2 para cada JFET.

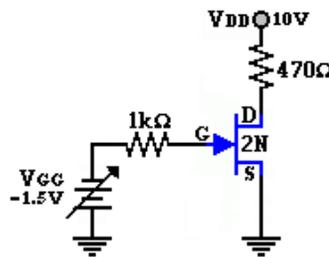


Figura 10.4.

JFET	V_{GS}	I_D	V_{DS}
1			
2			
3			

Tabla 10.2.

7. Arme el circuito de la figura 10.5. Mida y anote los 3 valores que se muestra en la tabla 10.3. Repita las mediciones para los otros JFET.

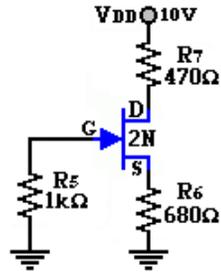


Figura 10.5.

JFET	V_{GS}	I_D	V_{DS}
1			
2			
3			

Tabla 10.3.

8. Arme el circuito de la figura 10.6. Mida y anote los 3 valores que se muestra en la tabla 10.4. Repita las mediciones para los otro JFET.

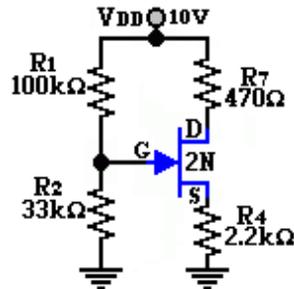


Figura 10.6.

JFET	V_{GS}	I_D	V_{DS}
1			
2			
3			

Tabla 10.4.

9. Arme el circuito de la figura 10.7. Mida y anote los 3 valores indicados en la tabla 10.5. Repita las mediciones para los otro JFET.

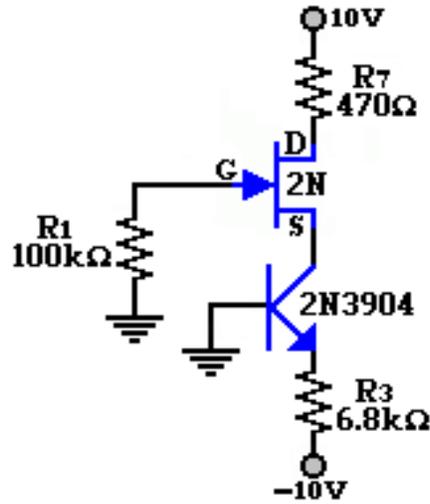


Figura 10.7.

JFET	V_{GS}	I_D	V_{DS}
1			
2			
3			

Tabla 10.5.



CUESTIONARIO

1. Explique la diferencia entre un transistor TBJ y un transistor JFET.
2. Indique los elementos que determinan el punto de trabajo en un transistor JFET.
3. Enuncie tres ejemplos de aplicación para transistores JFET.
4. Anote el tipo de polarización de cada uno de los circuitos que se indican en la tabla 10.6.
5. Explique por qué un JFET tiene alta impedancia de entrada.
6. Enuncie los tipos de JFET que conoce.
7. Anote los valores máximos y mínimos de la corriente de drenado obtenidas en los circuitos que se indican en la tabla 10.6.
8. En función de la corriente I_D obtenidos en la práctica, compare y comente los resultados de cada uno de los circuitos mostrados en la tabla 10.6.

Circuito	Tipo de polarización	Rango Teórico de I_D		Rango obtenido de I_D	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Figura 10.3					
Figura 10.4					
Figura 10.5					
Figura 10.6					

Tabla 10.6.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE A

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE LABORATORIO

TABLETA DE CONEXIONES

Tableta blanca y de forma rectangular, figura 1.1, en la figura se observa cómo están dispuestas las conexiones internas de la tableta. Los orificios visibles en la superficie de la tableta indican cómo están conectados estos internamente.

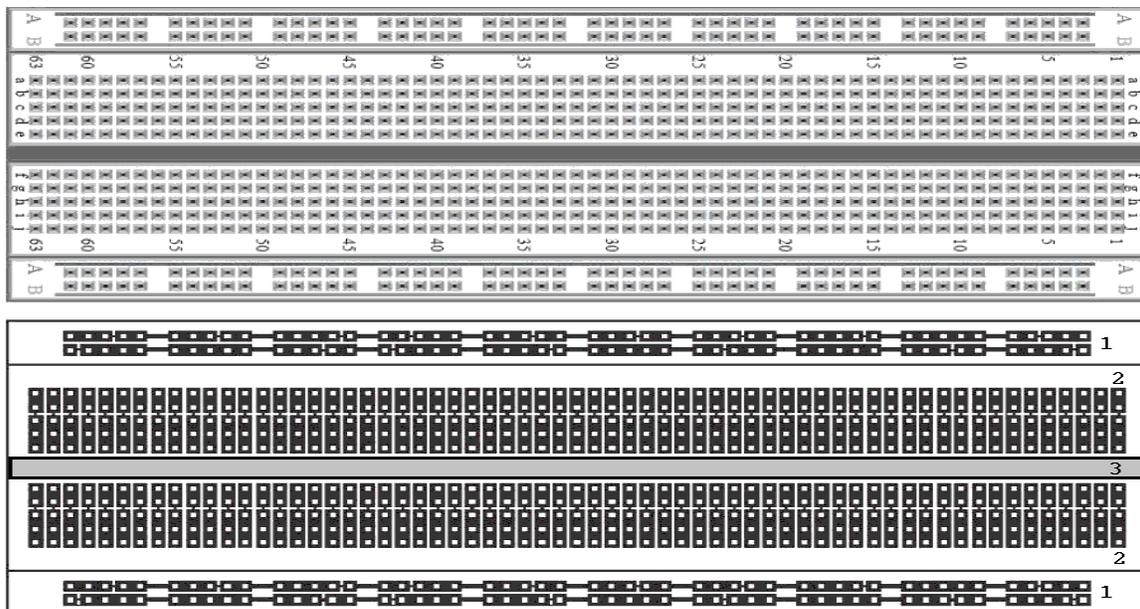


Figura 1.1

1. La línea horizontal superior e inferior (1) es un solo nodo, es decir, todos los puntos están unidos.
2. Las líneas verticales superior e inferior (2) son un grupo de cinco puntos unidos entre sí, siendo independientes una de otra lateralmente.
3. El espacio central (3) se utiliza para el armado de circuitos que utilizan circuitos integrados (CI) debido a la disposición de terminales en ambos lados de éstos.

FUENTE DE VOLTAJE

Suministra el voltaje y la corriente necesarios para hacer funcionar los circuitos utilizados en las prácticas. Tiene dos pantallas LCD separadas, para voltaje (verde) y corriente (roja) ambas son salidas variables como se observa en la figura 1.2.

La fuente de la figura 1.2 posee dos salidas variables que pueden operar independientemente, en modo serial o en paralelo con un arreglo de perillas maestras de control de voltaje y corriente del tipo Push - Pull (empujar o jalar).

MODO INDEPENDIENTE

En este modo las dos fuentes son independientes; las perillas maestras de control de voltaje y corriente deben estar empujadas (PUSH).

MODO SERIAL

En este modo la salida está disponible a través de la terminal positiva de Master y la Negativa de Slave.

1. Jale (PULL) la perilla de ajuste de voltaje Master (10). El led amarillo (14) se encenderá para indicar el modo serial.
2. Gire la perilla de ajuste de corriente de Slave (19) en sentido de las manecillas del reloj al máximo.

Fije el voltaje de salida mediante la perilla de ajuste de voltaje de Master. La pantalla de Master exhibirá la mitad del voltaje de la salida efectiva entre las terminales positiva y negativa.

MODO PARALELO

En este modo el voltaje de salida corresponde al valor establecido por Master y la corriente de salida es el doble del valor establecido por Master.

1. Jale la perilla de ajuste de corriente de Master (11). El led amarillo (15) se encenderá indicando el modo de rastreo en paralelo.
2. Gire las perillas de control de voltaje (18) y de corriente (19) de Slave en sentido de las manecillas del reloj al máximo.
3. Fije el voltaje de salida con la perilla de ajuste de voltaje de Master. La corriente de salida será el doble de la corriente del Master.

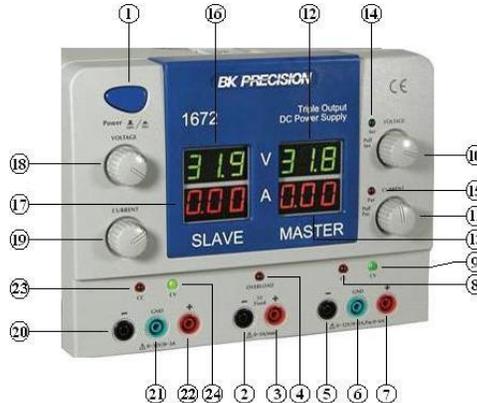


Figura 1.2

La descripción del panel frontal de la fuente de voltaje, figura 1.2 es:

1. Interruptor de encendido. Al empujar el interruptor a la posición ON se enciende la pantalla de LED para indicar el encendido
2. Terminal de salida negativa de la fuente Fixed 5V/3 A (negra)
3. Terminal de salida positiva de la fuente Fixed 5V/3 A (roja)
4. LED indicador de sobre flujo (rojo) para la fuente Fixed
5. Terminal de salida negativa Máster 0-32V/0-3 A (negra)
6. Terminal de tierra Máster (verde)
7. Terminal de salida positiva Máster 0-32V/0-3 A (roja)
8. LED de modo C.C. (rojo) del Máster para indicar corriente constante
9. LED de modo C.V. (verde) del Máster para indicar voltaje constante

10. Perilla de ajuste de voltaje Máster con interruptor pull y push para el modo de rastreo serial y paralelo junto con interruptor pull de la perilla de ajuste de corriente
11. Perilla de ajuste de corriente Máster con interruptor pull y push para el modo de operación paralelo
12. Pantalla Máster de 3 dígitos de LED verde de 0.56" indicadora del voltaje
13. Pantalla Máster de 3 dígitos de LED roja de 0.56" indicadora de corriente
14. LED indicador de modo serie (verde)
15. LED indicador de modo paralelo (rojo)
16. Pantalla Slave de 3 dígitos de LED verde de 0.56" indicadora del voltaje
17. Pantalla Slave de 3 dígitos de LED roja de 0.56" indicadora de corriente
18. Perilla de ajuste para el voltaje de salida Slave cuando se opera en modo C.V.
19. Perilla de ajuste para la corriente de salida Slave cuando se opera en modo C.C.
20. Terminal de salida negativa de Slave 0-32V/0-3 A (negra)
21. Terminal de tierra de Slave (verde)
22. Terminal de salida positiva de Slave 0-32V/0-3 A (roja)
23. LED de modo C.C. (rojo) Slave para indicar corriente constante
24. LED de modo C.V. (verde) del Slave para indicar voltaje constante

Nota. La fuente de voltaje debe apagarse antes de hacer cualquier modificación al circuito.

GENERADOR DE SEÑALES

El generador de funciones figura 1.3, proporciona señales de voltaje variables en el tiempo con la característica de poder controlar los parámetros siguientes:

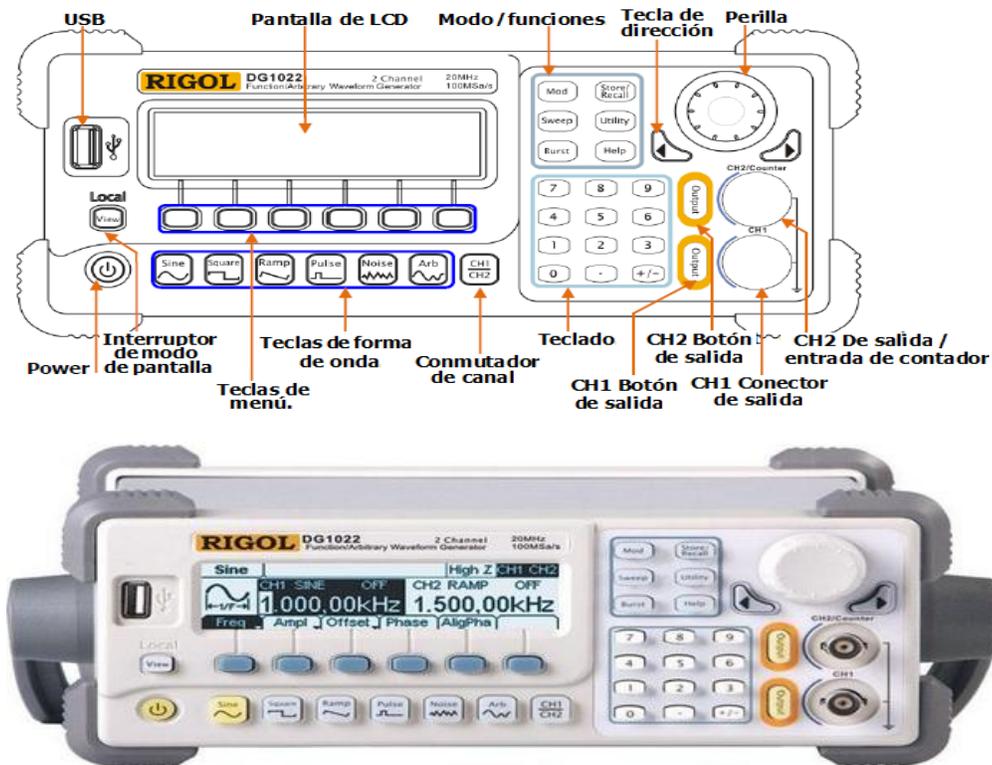


Figura 1.3

MULTÍMETRO

La figura 1.4 muestra el multímetro digital existente en el laboratorio, el cual permite la medición de distintas variables en diferentes rangos, como son: resistencia, voltaje y corriente, así como capacitancias y temperatura. El voltaje puede ser de corriente directa (VCD) o de corriente alterna (VCA). La figura 1.5 muestra el control giratorio y teclado. Las funciones y operaciones, relacionadas con la figura 1.5 se describen en la tabla 1.1 y tabla 1.2.



Figura 1.4

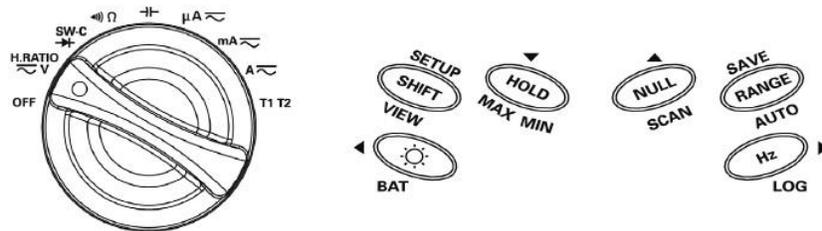


Figura 1.5

Para evitar daños al multímetro, no exceda el límite de entrada.

Función	Funciones de primer nivel	Rango	Funciones de segundo nivel Presione (SHIFT)	Rango
OFF	Apaga el medidor			
H. RATIO ~ V	Medición VCD	0.1mV a 1000V	Medición de VCA Relación armónica (U1242A)	0.1mV a 1000V 0.0% a 99.9%
SW-C →	Medición de diodo		Cambia la medición de contador	
Ω	Medición de resistencia	0.1Ω a 100MΩ	Medición de continuidad audible	
⊢	Medición de capacitancia	0.1nF a 100mF		
μA ~	CD μA	0.1μA a 10mA	Medición CA μA	0.1μA a 10mA
mA ~	CD mA	0.01mA a 440mA	Medición CA mA Escala de porcentaje de mA	0.01mA a 440mA
A ~	CD A	0.001A a 10A	Medición CA A	0.001A a 10A
T ₁	Temperatura T ₁	-40°C a 100°C	Medición de temperatura T ₁	-40°C a 100°C

Tabla 1.1



Acciones	Pasos	
Enciende la luz de fondo	Presione	
Comprueba la capacidad de la batería	Mantenga presionado	por > 1 segundo
Congela el valor de la medición	Presione	
Comienza la grabación MIN/MAX/AVG	Mantenga presionado	por > 1 segundo
Desvía el valor medido	Presione	
Explora la temperatura medida (sólo para U1242A)	Mantenga presionado	por > 1 segundo
Cambia los rangos de medición	Presione	
Enciende el rango automático	Mantenga presionado	por > 1 segundo
Mide la frecuencia para la señal de CA	Presione	
Permite el registro de datos en forma manual	Mantenga presionado	por > 1 segundo

Tabla 1.2

Notificaciones relativas a la seguridad que se deberán de tomar en cuenta en el manejo del multímetro.

PRECAUCIÓN

Un **AVISO** de advertencia indica peligro. Informa sobre un procedimiento o práctica operativa que, si no se realiza o se cumple en forma correcta, puede resultar en daños al producto o pérdida de información importante. En caso de encontrar un **AVISO** de precaución, no prosiga hasta que hayan comprendido y cumplido totalmente las condiciones indicadas.

ADVERTENCIA

Un aviso de **ADVERTENCIA** indica peligro. Informa sobre un procedimiento o práctica operativa que, si no se realiza o cumple en forma correcta, podría causar lesiones o muerte. En caso de encontrar un aviso de **ADVERTENCIA**, interrumpa el procedimiento hasta que se hayan comprendido y cumplido las condiciones indicadas.

OSCILOSCOPIO

Es un aparato que nos permite ver la forma de onda, la magnitud y la frecuencia de la señal si la señal es periódica. Para ello el osciloscopio cuenta con una pantalla en color o monocromática y una serie de perillas y botones que nos permiten controlar la sensibilidad del aparato, su tiempo de barrido, la intensidad y nitidez del rayo. El eje vertical, a partir de ahora denominado Y, representa el voltaje, mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo.

Existen dos tipos de osciloscopio, analógico y digital. Los osciloscopios analógicos son instrumentos clásicos de "tiempo real" que muestran la forma de onda en un tubo de rayos catódicos (TRC) y el osciloscopio digital está reemplazando rápidamente al osciloscopio analógico debido a su capacidad para almacenar las formas de onda, medición de automatización y muchas otras en las que se encuentran conexiones para las computadoras.

Ambos tipos tienen sus ventajas y desventajas. Los analógicos son recomendables cuando es prioritario visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real. Los osciloscopios digitales se utilizan

cuando se desea visualizar y estudiar eventos no repetitivos (picos de voltaje que se producen aleatoriamente).

A primera vista un osciloscopio se parece a una pequeña televisión portátil, salvo una rejilla que ocupa la pantalla y el mayor número de controles que posee. En la figura 1.9 se muestran el osciloscopio existente en el laboratorio, el cual tiene controles distribuidos en cinco secciones: Control de visualización, Vertical, Horizontal, Disparo y Conectores

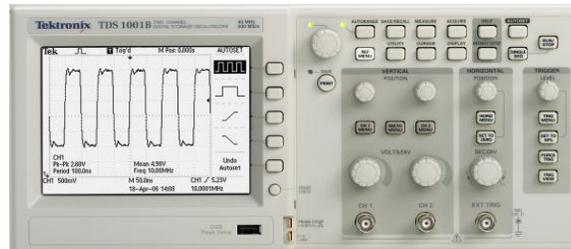


Figura 1.9

CONTROL VERTICAL.

Los controles verticales se relacionan totalmente con el movimiento vertical del trazo del ámbito de aplicación. Este osciloscopio tiene dos secciones verticales, por lo que puede mostrar simultáneamente dos formas de onda.

Posición de cursor 1 para CH1	Ajusta verticalmente la exhibición del canal 1 o posiciona el cursor 1.	
Posición de cursor 2 para CH2	Ajusta verticalmente la exhibición del canal 2 o posiciona el cursor 2	
MENU MATEM	Muestra el menú de operaciones matemáticas de forma de onda y activa y desactiva la presentación de la forma de onda matemática.	
MENU CH1 y CH2	Muestran y eliminan la forma de onda, ajustan la posición y la escala vertical, establecen parámetros de entrada y realizan operaciones matemáticas verticales.	
VOLTS/DIV (CH1 y CH2)	Controla la manera en que el osciloscopio amplifica o atenúa el tamaño vertical de la forma de onda de la pantalla.	

CONTROL HORIZONTAL

Los controles horizontales se relacionan con el movimiento horizontal del trazo del alcance de aplicación.

POSICIÓN	Ajusta la posición horizontal de todas las formas de onda y de los canales. La resolución de este control varía en función del ajuste de la base de tiempo.	
HORIZ MENU	Muestra el menú horizontal	
ESTABL. EN CERO	Establecer la posición horizontal en cero.	
SEC/DIV	Selecciona el ajuste tiempo/división horizontal (factor de escala) para ampliar o comprimir la forma de onda.	

Controles de disparo (TRIGGER).

NIVEL	Establece el nivel de amplitud que se debe cruzar con la señal para adquirir una forma de onda.	
TRIG MENU	Muestra el menú de disparar	
PONER AL 50%	El nivel de disparo se establece en el punto medio (50%) vertical entre los picos de la señal de disparar	
FORZAR DISPARO	Completa una adquisición con independencia de una señal de disparo adecuada. Este botón no tiene efecto si la adquisición se ha detenido ya.	
VER SEÑAL DISPARO	Muestra la forma de onda de disparo en lugar de la forma de onda de canal mientras se mantiene pulsado el botón. El botón se puede utilizar para ver la forma en que los valores de disparo afectan a la señal de disparo, como un acoplamiento directo.	

Botones de control y de menú

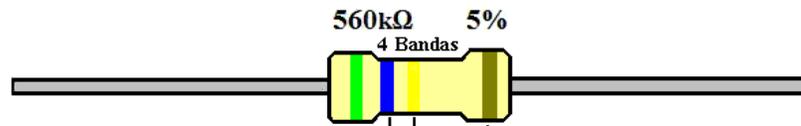
PRINT	Inicia la operación de impresión.
SAVE/RECALL	Muestra el menú para configuraciones y formas de onda.
UTI	Muestra el menú de utilidades.
MEASURE	Muestra el menú de medidas automáticas.
CURSOR	Muestra el menú cursores. Los controles de posición vertical ajustan la posición del cursor mientras se muestra el menú cursores y los cursores están activados.
ACQUIRE	Muestra el menú de adquisición.
PANTALLA	Muestra el menú de pantalla.
HELP	Muestra el menú de ayuda.
DEFAULT SETUP	Recupera la configuración de fábrica.
AUTOSET	Establece automáticamente los controles del osciloscopio para generar una presentación útil de las señales de entrada.
SINGLE SEQ	Adquiere una sola forma de onda y se detiene.
RUN/STOP	Adquiere formas de onda continuamente o detiene la adquisición



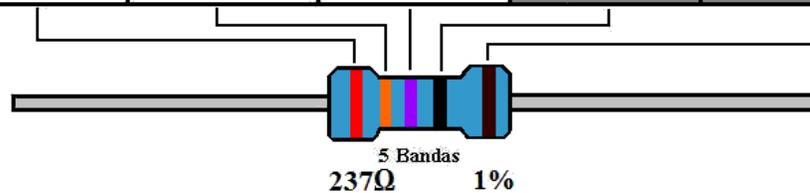
APÉNDICE B

HOJAS TÉCNICAS

Código de colores



Color	1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia
	0	0	0	1 Ω	
	1	1	1	10 Ω	$\pm 1\%$
	2	2	2	100 Ω	$\pm 2\%$
	3	3	3	1k Ω	
	4	4	4	10k Ω	
	5	5	5	100k Ω	$\pm 0.5\%$
	6	6	6	1M Ω	$\pm 0.25\%$
	7	7	7	10M Ω	$\pm 0.1\%$
	8	8	8		$\pm 0.05\%$
	9	9	9		
				0.10	$\pm 5\%$
				0.01	$\pm 10\%$

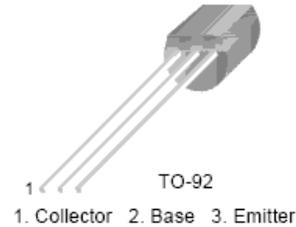


FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR®

BC546/547/548/549/550

Switching and Applications

- High Voltage: BC546, $V_{CEO}=65V$
- 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 : BC549/550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$ $f=1KHz, R_G=2K\Omega$	2	10	dB
				1.2	4	dB
		: BC549 : BC550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$ $R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$	1.4	4	dB
				1.4	3	dB

h_{FE} Classification

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

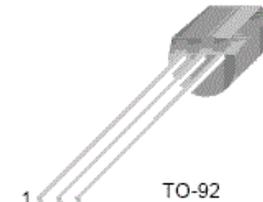
FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR®

BC556/557/558/559/560

Switching and Amplifier

- High Voltage: BC556, $V_{CE0} = -65V$
- Low Noise: BC559, BC560
- Complement to BC546 ... BC 550

PNP Epitaxial Silicon Transistor



TO-92
 1. Collector 2. Base 3. Emitter

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

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage		
	: BC556	-80	V
	: BC557/560	-50	V
	: BC558/559	-30	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage		
	: BC556	-65	V
	: BC557/560	-45	V
	: BC558/559	-30	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	-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	-300	mV
		$I_C = -100mA, I_B = -5mA$		-250	-650	mV
$V_{BE} (sat)$	Collector-Base 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	$V_{CE} = -5V, I_C = -2mA$	-600	-660	-750	mV
		$V_{CE} = -5V, I_C = -10mA$			-800	mV
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = -5V, I_C = -10mA, f = 10MHz$		150		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB} = -10V, I_E = 0, f = 1MHz$			6	pF
NF	Noise Figure	: BC556/557/558		2	10	dB
		: BC559/560	$f = 1KHz, R_G = 2K\Omega$	1	4	dB
		: BC559	$V_{CE} = -5V, I_C = -200\mu A$	1.2	4	dB
		: BC560	$R_G = 2K\Omega, f = 30 \sim 15000MHz$	1.2	2	dB

h_{FE} Classification

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

FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR®

TIP29 Series(TIP29/29A/29B/29C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP30/30A/30B/30C



1.Base 2.Collector 3.Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

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

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	: TIP29	40
		: TIP29A	60
		: TIP29B	80
		: TIP29C	100
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	: TIP29	40
		: TIP29A	60
		: TIP29B	80
		: TIP29C	100
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	1	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	3	A
I_B	Base Current	0.4	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	30	W
	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

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

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	*Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$: TIP29	40	V
			: TIP29A	60	V
			: TIP29B	80	V
			: TIP29C	100	V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
		$V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
I_{CES}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
		$V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
		$V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
		$V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$		1.0	mA
h_{FE}	*DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 0.2\text{A}$	40		
		$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$	15	75	
$V_{CE(sat)}$	*Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 1\text{A}, I_B = 125\text{mA}$		0.7	V
$V_{BE(sat)}$	*Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$		1.3	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 200\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$



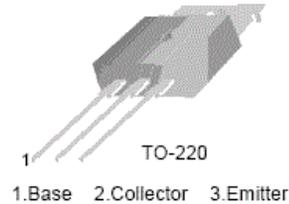
TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP32/32A/32B/32C

NPN Epitaxial Silicon Transistor

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



Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	5	A
I_B	Base Current	1	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

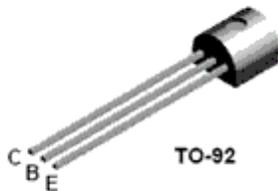
Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	40		V
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
	: TIP31/31A : TIP31B/31C				
I_{CES}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$		1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$	25		
		$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$	10	50	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$		1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$		1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	3.0		MHz

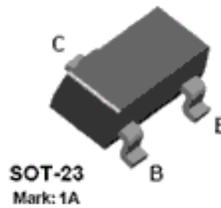
* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$



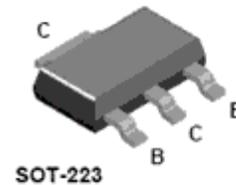
2N3904



MMBT3904



PZT3904



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CB0}	Collector-Base Voltage	60	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +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.

ON CHARACTERISTICS*

h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V

*Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06."

**Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6 cm².

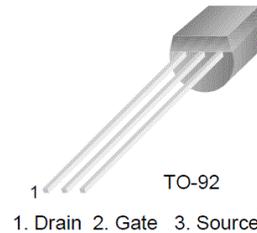
2N3819

FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR®

2N3819

N-Channel RF Amplifier

- This device is designed for RF amplifier and mixer applications operating up to 450MHz, and for analog switching requiring low capacitance.
- Sourced from process 50.



Epitaxial Silicon Transistor

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

Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{DG}	Drain-Gate Voltage	25	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	-25	V
I_D	Drain Current	50	mA
I_{GF}	Forward Gate Current	10	mA
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:

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

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

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Off Characteristics						
$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdown Voltage	$I_G = 1.0\mu\text{A}, V_{DS} = 0$	25			V
I_{GSS}	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -15\text{V}, V_{DS} = 0$			2.0	nA
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cutoff Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 2.0\text{nA}$			8.0	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 200\mu\text{A}$	-0.5		-7.5	V
On Characteristics						
I_{DSS}	Zero-Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0$	2.0		20	mA
Small Signal Characteristics						
gfs	Forward Transfer Conductance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$	2000		6500	μmhos
goss	Output Conductance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			50	μmhos
y_{fs}	Forward Transfer Admittance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$	1600			μmhos
C_{iss}	Input Capacitance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			8.0	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			4.0	pF

Thermal Characteristics $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Max.	Units
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°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	$^\circ\text{C}/\text{W}$

* Device mounted on FR-4 PCB $1.5" \times 1.6" \times 0.06"$

BIBLIOGRAFÍA



1. Circuitos Microelectrónicos Análisis y Diseño, Muhammad H. Rashid, Thomson, México, 2002, 1112p
2. Dispositivos Electrónicos, Thomas L Floyd, 8ed. Pearson Educación, México, 2008, 1008p
3. Electrónica Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Robert L Boylestad, Louis Nashelsky, 10ed. Pearson Educación, México, 2009, 894p
4. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Robert F Coughlin, Frederick F. Driscoll, 5ed. Pearson Educación, México, 1999, 552p