



Universidad  
Continental

# Semiconductores y Dispositivos Electrónicos

---

Guías de  
Laboratorio

---



## **Visión**

Al 2021, ser la mejor universidad para el Perú y el mundo en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial.

## **Misión**

Somos una organización de educación superior dinámica que, a través de un ecosistema educativo estimulante, experiencial y colaborativo, forma líderes con mentalidad emprendedora para crear impacto positivo en el Perú y en el mundo.

**Universidad Continental**

Material publicado con fines de estudio



## NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO

Con el objeto de prevenir accidentes, debes conocer antes de comenzar a trabajar en el laboratorio, que durante el desarrollo de las prácticas, vas a manejar productos potencialmente peligrosos y a realizar procesos, algunos de los cuales, si no tomas las precauciones pertinentes, podrían entrañar algún tipo de riesgo. Por ello, debes tener en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- Todos los carteles con señales y advertencias de seguridad deben ser respetados sin excepciones
- Antes de ingresar, los usuarios / estudiantes deben asegurarse de contar con calzado cómodo y cerrado. Queda prohibido el uso del pie al descubierto (es decir, descalzo, sandalias, alpargatas, chancletas, entre otros).
- Es obligatoria la utilización de bata, ya que evita que posibles proyecciones de sustancias químicas lleguen a la piel. También evitarás posibles deterioros en tus prendas de vestir.
- Si tienes el pelo largo, es conveniente que lo lleves recogido
- Evita los desplazamientos innecesarios y no correr.
- Tampoco se puede comer, ni tomar bebidas, ni, por supuesto, fumar.
- No colocar sobre la mesa del laboratorio, ningún tipo de prenda.
- Se deben utilizar los elementos necesarios, evitando el exceso de tendido eléctrico que ocasiona riesgos de caída
- No se debe trabajar en equipos eléctricos parado sobre el piso húmedo. Se deberá ubicar sobre goma.
- No se debe realizar maniobras para las cuales no ha sido entrenado o autorizado.
- Antes de conectar un equipo, los usuarios / estudiantes deberán chequear que la conexión se encuentre en óptimas condiciones (cables bajo goma, no empalmados, ficha de conexión en buenas condiciones, conexión a tierra). En caso de detectar una condición insegura, se deberá comunicarlo de inmediato al profesor
- Al desconectar un equipo no se debe tirar del cable, sino retirarlo con precaución desde su ficha de conexión.
- No se deben dejar cables al descubierto ni fuera de lugar. Los cables deberán estar siempre recogidos.
- Se debe desconectar la herramienta eléctrica mientras no se la esté utilizando.
- Al retirarse del sitio de trabajo, se deberá verificar que todos los elementos eléctricos que se emplearon queden desconectados o en su defecto apagados.
- Mantener informado al profesor de cualquier hecho que ocurra y aclarar con el profesor cualquier tipo de duda.
- Antes de comenzar una práctica debes conocer y entender los procesos que vas a realizar.
- Debes mantenerte concentrado en el trabajo que estás realizando.
- No debes devolver nunca a los frascos de origen los sobrantes de los productos utilizados sin consultar con el profesor.
- Tanto aparatos como reactivos, estarán lejos del borde de la mesa.
- Nunca pipetees líquidos corrosivos o venenosos.
- Mantén las sustancias inflamables lejos de las llamas de los mecheros
- Para prevenir salpicaduras, nunca mires de cerca las bandejas donde se está realizando una reacción química
- Cuando mezcles productos, generalmente debes hacerlo en pequeñas cantidades y despacio.
- No puedes tocar con las manos, ni mucho menos con la boca, los productos químicos
- Al diluir ácidos, hay que echar siempre el ácido sobre el agua y con cuidado.
- Si por descuido tocas o te cae algún producto, lávate con abundante agua la zona afectada, y comunícalo enseguida al profesor.
- Utiliza gafas y guantes en aquellas operaciones que por sus peculiaridades lo requieran.
- Tira los residuos sólidos a la papelería
- Antes de tirar por la pila los restos de una reacción o reactivo, abre el grifo.
- Al acabar, deja limpio y seco el material y puesto de trabajo.



## Índice

VISIÓN	2
MISIÓN	2
NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO	3

### **Primera unidad**

Guía de práctica N° 1: Elaboración de circuitos impresos	5
Guía de práctica N° 2: Circuitos limitadores, fijadores y duplicadores de tensión	9

### **Segunda unidad**

Guía de práctica N° 3: El transistor BJT	13
--	----

### **Tercera unidad**

Guía de práctica N° 4: Transistores BJT, FET y MOSFET	18
---	----

### **Cuarta unidad**

Guía de práctica N° 5: Amplificador diferencial discreto	23
--	----



## Guía de práctica N° 1

### Elaboración de circuitos impresos

Sección : .....Docente: Ing. Paul J. Esquivias Barragán

Fecha : ...../...../..... Duración: 2 horas

**Instrucciones:** Lea cuidadosamente la guía de práctica para proceder a su desarrollo. Al terminar su experiencia práctica mantenga su área de trabajo limpia y tenga cuidado con la manipulación de las soluciones químicas para evitar contratiempos en el desarrollo de la práctica.

#### 1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Elaborar un circuito impreso de desarrollo para emplearlo en un proyecto de control electrónico con transistores y microcontroladores.

#### 2. Fundamento Teórico

Nota: Incluir aquí la información teórica acerca del tema que pueda recopilar en su investigación

#### 3. Equipos, Materiales y Reactivos

##### 3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Plancha eléctrica	Sin vaporizador	1
2	Taladro de mano	Marca Dremel o Incco	1
3	Juego de brocas	1/32" y 1/64" de diámetro	4

##### 3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Hojas de papel cuché	A4	6
2	Algodón	bolsa	1
3	Placa de circuito impreso de una car o dos caras	de 20 cm x 20 cm	1
4	Bandeja de plástico	25 cm x 18 cm	
5	España de viruta fina de acero	Vileda - Virutex	4
6	Par de guantes	Quirúrgicos	1
7	Anteojos	De seguridad	1
8	Archivo digital con la impresión a tamaño real del circuito impreso a construir	Formato pdf	1

##### 3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Acido férrico	Cloruro férrico	100ml
2	Alcohol isopropílico	Limpieza de placas impresa	500ml
3	Thinner	Acrílico	300ml



#### 4. Indicaciones/instrucciones:

- El ácido férrico, el alcohol isopropílico, el taladro de mano y las brocas para metal se pueden adquirir en los comercios de dispositivos electrónicos.
- Los guantes quirúrgicos y anteojos de seguridad se pueden adquirir en comercios de artículos de ferretería.
- Utilice los guantes quirúrgicos al momento de trabajar con el cloruro férrico y con el tinner.
- Evitar derramar el cloruro férrico fuera de la bandeja de plástico de trabajo pues deja una coloración amarillo oscuro que es imposible de limpiar.
- Utilice lentes de seguridad para proteger sus ojos cuando realice con el taladro de mano la perforación de agujeros en la placa impresa.

#### 5. Procedimientos:

##### Primero

Limpiar la placa impresa por la parte del cobre con un pedazo de algodón empapado en alcohol isopropílico.

##### Segundo

Utilizando la esponja de viruta fina de acero raspar ligeramente el lado de cobre de la placa impresa para crear micro rugosidades en su superficie

##### Tercero

Imprimir el archivo de circuito impreso sobre papel cuché con la mejor resolución posible a **tamaño normal** utilizando una impresora láser.

##### Cuarto

Colocar el diagrama de circuito impreso en papel cuché sobre la parte de cobre de la placa impresa. Si sobrara papel doblarlo por debajo de la placa para asegurar que quede fijo y no se mueva.

##### Quinto

Calentar la plancha eléctrica y **pasar** (no dejarla reposando sobre el papel) sobre el papel que esta doblado por encima del lado de cobre de la placa impresa. Se debe pasar la plancha el tiempo que sea necesario para que las líneas del diagrama impreso pasen totalmente al lado de cobre de la placa.

##### Sexto

Una vez que se haya asegurado que las líneas del diagrama han pasado al lado de cobre, se debe poner todo el bloque en la bandeja de plástico con un poco de agua durante unos diez minutos para hacer posible que el papel se desprenda poco a poco del lado de cobre pues al momento de planchar el papel se queda totalmente adherido al cobre.



### **Séptimo**

Podemos ayudarnos con las manos para despegar el papel de la superficie de cobre hasta dejarla visible pudiendo notar que todas las pistas del diagrama han quedado impresas en el lado de cobre.

### **Octavo**

El siguiente paso es llenar nuevamente la bandeja de plástico con un poco de agua y sumergir en ella a la placa impresa con el lado de cobre hacia arriba. El agua debe cubrir totalmente a la placa impresa.

### **Noveno**

Agregar un poco de cloruro férrico y agitar la bandeja para que el cloruro y el agua se mezclen mientras la placa está inmersa en ellos. Podemos agitar la bandeja ligeramente para acelerar el proceso al mismo tiempo que agregamos un poco más de cloruro férrico para más eficacia en el quemado de placa. Debemos evitar así mismo que el cloruro férrico caiga sobre nuestras prendas de vestir pues les dejara manchas que no pueden ser eliminadas.

### **Décimo**

Terminado el quemado solo quedará sobre la placa las líneas del diagrama impreso y el cobre excedente que no estaba cubierto por las líneas se habrá mezclado con el cloruro y desaparece de la placa.

### **Onceavo**

Para comprobar que la placa está correctamente preparada podemos mirarla al trasluz y veremos que la luz traspasa la placa y se pueden ver nítidamente las líneas de cobre que han quedado sobre ella.

### **Doceavo**

Descartamos la mezcla que queda en la bandeja teniendo cuidado de evitar el contacto con las prendas de vestir y con las manos. Lavamos la placa con un poco de agua y la secamos con algodón

### **Treceavo**

Empapamos ahora un pedazo de algodón con un poco de tinner y lo aplicamos sobre la placa impresa para eliminar la tinta de las líneas del diagrama que hemos quemado sobre el cobre. Terminado el proceso tendemos el circuito impreso que vamos a utilizar para el proyecto de control electrónico.



### Catorceavo

El último paso para dejar a la placa lista para su implementación será hacer los orificios necesarios de acuerdo al diseño. Esto se puede hacer con un taladro pequeño tipo Dremel o Incco o algún otro de tipo manual y utilizando brocas para metal de 1/32 avo de pulgada o 1/64 avo de pulgada.

### 6. Resultados

Nota: La tarea estará terminada con la presentación de la placa impresa elaborada de acuerdo a las especificaciones del circuito impreso. Además debe presentar un informe en Word pero en formato de disco compacto (CD) a la clase inmediata siguiente al desarrollo del experimento.

### 7. Conclusiones

Concluida la práctica mencione sus conclusiones acerca del trabajo desarrollado. Recuerde que la sección de conclusiones de su informe debe contener **sólo aquellos conceptos acerca de los conocimientos aprendidos a través de la realización de la experiencia y que constituyen su aprendizaje durante la realización de la práctica.**

**Por otro lado las conclusiones ¡NO! son un resumen de la teoría involucrada en la experiencia.**

### 8. Sugerencias y /o recomendaciones

.....  
.....  
.....  
.....

### Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Fabricación de circuitos impresos (PCB). [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://construyasuvideorockola.com/fabricacion\\_impresos\\_01.php](http://construyasuvideorockola.com/fabricacion_impresos_01.php)
- Video tutorial para realizar circuitos impresos con hojas de transferencia Steren PNP-010. ). [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <https://www.youtube.com/watch?v=mdOkVgij6xQ>
- Fabricación de circuitos impresos por el método de la plancha. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <https://www.youtube.com/watch?v=cUTdEhGiCLM>
- Minitaladro para electrónica. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <https://www.youtube.com/watch?v=h9PwFU8mNHY>





## Guía de práctica N° 2

## Circuitos limitadores, fijadores y duplicadores de tensión

Sección : .....Docente: Ing. Paul J. Esquivias Barragán

Fecha : ...../...../..... Duración: 2 horas

**Instrucciones:** Lea cuidadosamente la guía de práctica para proceder a su desarrollo. Al terminar su experiencia práctica mantenga su área de trabajo limpia.

**1. Propósito /Objetivo** (de la práctica):

Analizar e interpretar el funcionamiento del diodo semiconductor de propósito general en las diferentes aplicaciones que puede tener en circuitos electrónicos.

**2. Fundamento Teórico**

Nota: Incluir aquí la información teórica acerca del tema que pueda recopilar en su investigación.

**3. Equipos, Materiales y Reactivos****3.1. Equipos**

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Multímetro	Digital	2
2	Generador de funciones	Digital	1
3	Osciloscopio	Digital	1
4	Fuentes de alimentación	Regulada	2

**3.2. Materiales**

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Protoboards		2
2	Diodo 1N4004	Diodo de propósito general	4
3	Diodo 1N916	Diodo de alta frecuencia	4
4	Condensador de 2200 uF/25v	No polarizado	3
5	Resistencia ¼ watio	6.8 kohm	2
6	Resistencia ¼ watio	220 kohm	2
7	Resistencia ¼ watio	1.5kohm	2
8	Resistencia ¼ watio	10 kohm	2
9	Cablecitos para conexiones en protoboard		10
10	Hojas de datos técnicas	1N4004 y 1N916	2

**3.2. Reactivos**

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1			
2			
3			

**4. Indicaciones/instrucciones:**

- Utilice con precaución los equipos eléctricos cuidando de hacer las conexiones correctamente para evitar el deterioro de los instrumentos.
- Utilice el multímetro en modo amperímetro en serie con el circuito en el que desea medir el flujo de corriente.
- Utilice el multímetro en modo voltímetro en paralelo con el circuito en el que desea medir la diferencia de tensión entre dos puntos

**5. Procedimientos:**

PRIMERA PARTE: Circuitos fijadores y limitadores

1. Implementar en el primer protoboard el circuito de la Figura 1:

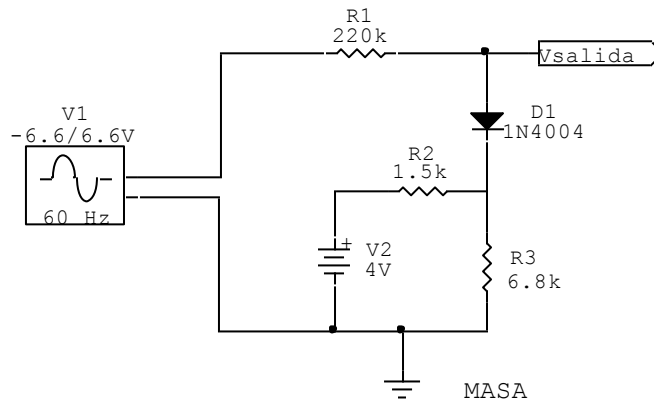


Figura 1

2. Aplique una señal senoidal de 60 hertz al circuito con una amplitud de 6.6 voltios pico y verifique con una punta de osciloscopio la tensión de salida del circuito entre el punto marcado como Vout y la masa del circuito. Grafique la forma de onda de salida y tome nota de la tensión positiva máxima de salida y la tensión negativa máxima de salida. Mida ahora con la otra punta del osciloscopio la tensión que se presenta entre masa y el punto marcado como X. Grafique la forma de onda de salida en el punto X tomando nota de la tensión positiva máxima de salida y la tensión negativa máxima de salida. Compare las señales obtenidas en Vout y X. De la comparación ¿puede deducir la tensión que soporta el diodo?
3. Reduzca la tensión pico de la onda senoidal a 3 voltios pico y mida las tensiones en Vout y X con el osciloscopio. Grafique la onda resultante en los puntos Vout y X. Compare los resultados obtenidos en este paso con los obtenidos en el paso 1 ¿Encuentra diferencias? De haber diferencias explique las posibles razones.
4. Ampliar la frecuencia de la señal de entrada de 60 Hz a 100 kHz con 6.6 voltios pico repetir el paso 1 para esa frecuencia. ¿Encuentra diferencias en ambos casos? De ser cierto explique las posibles causas.
5. Reemplazar el diodo 1N4004 por el diodo 1N916 en el circuito de la figura 1 y repetir los pasos 1 a 4
6. Anote sus conclusiones en el ítem 7 de la presente practica

## SEGUNDA PARTE: Circuito duplicador de tensión

1. Implementar en el segundo protoboard el circuito de la Figura 2:

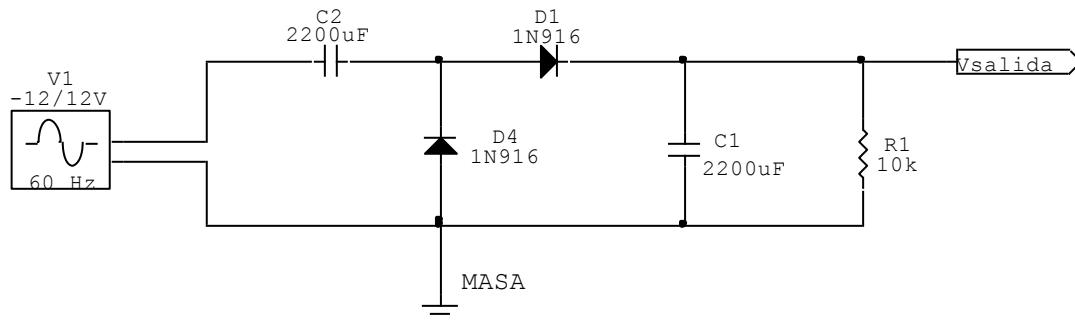


Figura 2

Dónde: C1 y C2 deben ser de 25 voltios

2. Aplique una señal senoidal de 60 hertz al circuito con una amplitud de 12 voltios pico y verifique con un multímetro la tensión en el condensador C2, anotando dicho valor.
3. Utilizando una punta del osciloscopio verifique la tensión presente en el punto Vsalida, graficando la tensión resultante ¿Cuál es el valor de la tensión en el punto Vsalida? El valor encontrado ¿equivale al doble de la tensión pico inyectada por el generador?
4. Reducir la frecuencia de la señal de entrada de 60 hz a 40 hz y repetir los pasos 1, 2 y 3 para esa frecuencia.
5. Ampliar la frecuencia de la señal de entrada de 60 hz a 10 khz y repetir los pasos 1, 2 y 3 para esa frecuencia
6. Comparar los resultados de los pasos 2, 3 y 4 ¿Qué puede concluir del comportamiento del circuito en los tres casos?
7. En el circuito de la figura 2 cambie el diodo 1N916 por un 1N4004 y repita los pasos 1 a 6..
8. Anote sus conclusiones en el ítem 7 de la presente practica

## 6. Resultados

Los resultados del experimento se deben registrar aquí

Nota: La tarea estará terminada con la presentación de los resultados obtenidos al término de la clase y la presentación de un informe en Word pero en formato de disco compacto (CD o DVD) a la clase inmediata siguiente al desarrollo del experimento.



**7. Conclusiones**

Nota: Concluida la práctica mencione sus conclusiones acerca del trabajo desarrollado. Recuerde que la sección de conclusiones de su informe debe contener **sólo aquellos conceptos acerca de los conocimientos aprendidos a través de la realización de la experiencia y que constituyen su aprendizaje durante la realización de la práctica. Por otro lado recuerde que las conclusiones ¡NO! son un resumen de la teoría involucrada en la experiencia.**

**8. Sugerencias y /o recomendaciones**

.....  
.....  
.....  
.....

**Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados**

- Lección 4: Circuitos multiplicadores, recortadores y sujetadores de voltaje. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201419/contLinea/leccin\\_4\\_circuitos\\_multiplicadores\\_recortadores\\_y\\_sujetadores\\_de\\_voltaje.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201419/contLinea/leccin_4_circuitos_multiplicadores_recortadores_y_sujetadores_de_voltaje.html)



## Guía de práctica N° 3

## El transistor BJT

Sección : .....Docente: Ing. Paul J. Esquivias Barragán

Fecha : ...../...../..... Duración: 2 horas

**Instrucciones:** Lea cuidadosamente la guía de práctica para proceder a su desarrollo. Al terminar su experiencia práctica mantenga su área de trabajo limpia.

**1. Propósito /Objetivo** (de la práctica):

Analizar la configuración más estable de emisor común para los transistores NPN y PNP.

**2. Fundamento Teórico**

Nota: Incluir aquí la información teórica acerca del tema que pueda recopilar en su investigación.

**3. Equipos, Materiales y Reactivos****3.1. Equipos**

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Multímetro	Digital	2
2	Generador de funciones	Digital	1
3	Osciloscopio	Digital	1
4	Fuentes de alimentación	Regulada	2

**3.2. Materiales**

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Protoboards		2
2	Transistor 2N3904	Transistor npn	2
3	Transistor 2N3906	Transistor pnp	2
4	Condensador de 10 uF/25v	electrolítico	4
5	Condensador de 50 uF/25v	electrolítico	2
6	Resistencia 1/4 vatio	82 kohm	2
7	Resistencia 1/4 vatio	22 kohm	2
8	Resistencia 1/4 vatio	5.6 kohm	2
9	Resistencia 1/4 vatio	1.2 kohm	2
10	Resistencia 1/4 vatio	1 kohm	2
11	Potenciómetro	10 kohm	1
12	Cablecitos para conexiones en protoboard		15

**3.2. Reactivos**

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1			
2			
3			

**4. Indicaciones/instrucciones:**

- Utilice con precaución los equipos eléctricos cuidando de hacer las conexiones correctamente para evitar el deterioro de los instrumentos.
- Utilice el multímetro en modo amperímetro en serie con el circuito en el que desea medir el flujo de corriente.
- Utilice el multímetro en modo voltímetro en paralelo con el circuito en el que desea medir la diferencia de tensión entre dos puntos

**5. Procedimientos:**

**PRIMERA PARTE:** Circuito con transistor NPN

Implementar en el primer protoboard el circuito de la Figura 1:

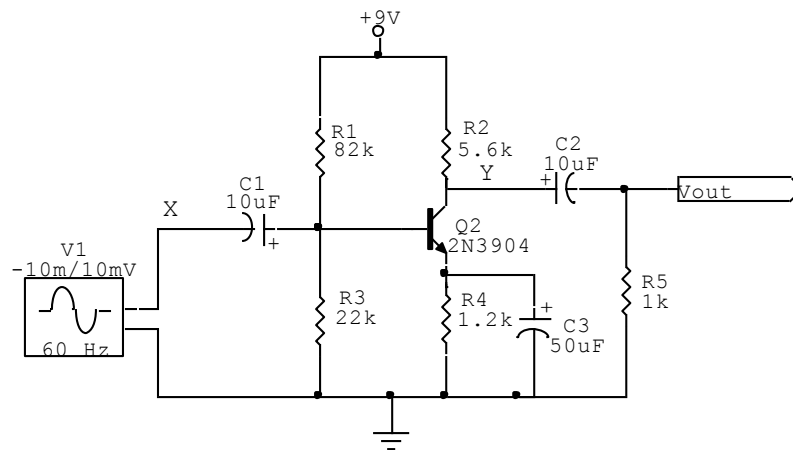


Figura 1

1. Calcule teóricamente la corriente continua de colector en el transistor así como la tensión colector - emisor. Para ello solo debe quitar los condensadores y abrir la conexión de la señal producida por el generador.
2. Mida  $I_C$  y  $V_{CE}$  de la figura 1 en forma práctica utilizando para ello un multímetro
3. Encuentre el error porcentual entre los valores teóricos y los valores prácticos de los pasos 1 y 2. Para ello utilice la fórmula:

$$\% \text{ error} = ((V_T - V_M) / V_T) \times 100$$

Donde  $V_T$  es el valor teórico ya sea para una corriente o un voltaje y  $V_M$  es el valor experimental medido con el multímetro ya sea para corriente o voltaje.

Tabla 1

Cantidad	Valor medido	Valor teórico	Error %
$I_C$			
$V_{CE}$			



- Coloque nuevamente todos los condensadores y la señal del generador en el circuito. Aplique la tensión de 9 voltios de continua al circuito y observe con las puntas del osciloscopio las señales de entrada y salida en cada bloque del amplificador mixto (X, Y y Vout). Grafique las formas de onda que puede observar en cada caso. Compare las señales observadas en X y en Vout. ¿Qué observa?
- Repita el paso 4 retirando la resistencia de carga de 1 KΩ. ¿Encuentra alguna diferencia? De ser afirmativa su respuesta mencione las posibles causas
- Repita los pasos 1 a 5 cambiando la frecuencia del generador a 1 KHz.
- Indique sus conclusiones en el ítem número 7 de la presente practica

**SEGUNDA PARTE:** Circuito con transistor PNP

Implementar en el segundo protoboard el circuito de la Figura 2:

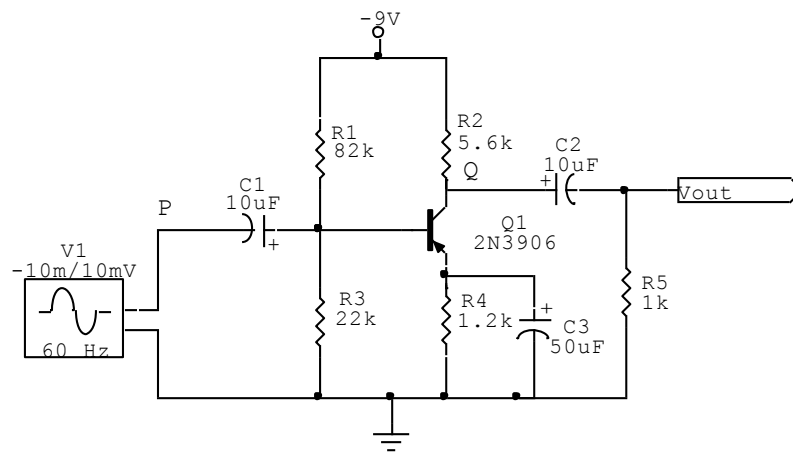


Figura 2

- Calcule teóricamente la corriente continua de colector en el transistor así como la tensión colector - emisor. Para ello solo debe quitar los condensadores y abrir la conexión de la señal producida por el generador.
- Mida  $I_c$  y  $V_{CE}$  de la figura 2 en forma práctica utilizando para ello un multímetro
- Encuentre el error porcentual entre los valores teóricos y los valores prácticos de los pasos 1 y 2. Para ello utilice la fórmula:

$$\% \text{ error} = ((V_T - V_M) / V_T) \times 100$$

Donde  $V_T$  es el valor teórico ya sea para una corriente o un voltaje y  $V_M$  es el valor experimental medido con el multímetro ya sea para corriente o voltaje.

Tabla 2

Cantidad	Valor medido	Valor teórico	Error %
$I_c$			
$V_{CE}$			

4. Coloque nuevamente todos los condensadores y la señal del generador en el circuito. Aplique la tensión de - 9 voltios de continua al circuito y observe con las puntas del osciloscopio las señales de entrada y salida en cada bloque del amplificador mixto (P, Q y Vout). Grafique las formas de onda que puede observar en cada caso. Compare las señales observadas en el P y en Vout. ¿Qué observa?
5. Repita el paso 4 retirando la resistencia de carga de 1 KΩ. ¿Encuentra alguna diferencia? De ser afirmativa su respuesta mencione las posibles causas.
6. Repita los pasos 1 a 5 cambiando la frecuencia del generador a 1 KHz.
7. ¿Observa alguna diferencia en cuanto a las señales obtenidas en Vout entre el circuito de la primera parte y el circuito de la segunda parte?
8. ¿Por qué los transistores PNP se deben polarizar de diferente manera que los transistores NPN? Explique fundamentando su respuesta
9. Indique sus conclusiones en el ítem número 7 de la presente practica

**TERCERA PARTE:** Armar el circuito de la figura 3:

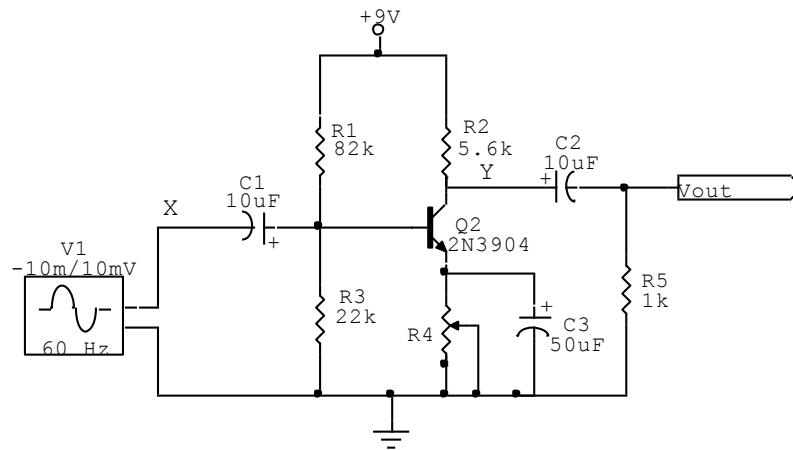


Figura 3

1. Colocar las puntas de osciloscopio en los puntos X y Vout.
2. Hacer un barrido con el potenciómetro R4 desde 100 ohmios hasta su máximo valor (10Kohm). ¿Qué puede observar en los puntos X y Vout?
3. Si detecta alguna variación explique a que se puede deber dicha variación y cuál es el efecto en la amplificación de la señal.
4. ¿Cuál será el valor más adecuado para R4 de tal forma que el circuito presente un punto de trabajo en la mitad de la recta de carga?
5. Indique sus conclusiones en el ítem número 7 de la presente práctica.

## 6. Resultados

Los resultados del experimento se deben registrar aquí

Nota: La tarea estará terminada con la presentación de los resultados obtenidos al término de la clase y la presentación de un informe en Word pero en formato de disco compacto (CD o DVD) a la clase inmediata siguiente al desarrollo del experimento.





Agregue las fotografías de las señales obtenidas en las mediciones mediante el osciloscopio.

**7. Conclusiones**

Nota: Concluida la práctica mencione sus conclusiones acerca del trabajo desarrollado. Recuerde que la sección de conclusiones de su informe debe contener **sólo aquellos conceptos acerca de los conocimientos aprendidos a través de la realización de la experiencia y que constituyen su aprendizaje durante la realización de la práctica. Por otro lado recuerde que las conclusiones ¡NO! son un resumen de la teoría involucrada en la experiencia.**

**8. Sugerencias y/o recomendaciones**

.....  
.....  
.....  
.....

**Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados**

- Polarización por divisor de tensión. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema8/Paginas/Pagina1.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema8/Paginas/Pagina1.htm)
- Electrónica básica y avanzada. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <https://sites.google.com/site/electronicabasicayavanzada/home/transistor-bjt/polarizacion/polarizacion-por-divisor-de-voltaje>
- Transistores de unión bipolar (BJT). [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <http://ocw.um.es/ingenierias/tecnologia-y-sistemas-electronicos/material-de-clase-1/tema-3.-transistores-de-union-bipolar-bjt.pdf>



## Guía de práctica N° 4

### Transistores BJT, FET Y MOSFET

Sección : .....Docente: Ing. Paul J. Esquivias Barragán

Fecha : ...../...../..... Duración: 2 horas

**Instrucciones:** Lea cuidadosamente la guía de práctica para proceder a su desarrollo. Al terminar su experiencia práctica mantenga su área de trabajo limpia.

#### 1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

- Reconocer los parámetros para la polarización de transistores JFET, BJT y MOSFET como son: Corriente de drenaje, y tensión drenaje-fuente, corriente de colector y tensión colector-emisor así como la recta de carga y el punto Q de trabajo de los transistores.
- Analizar la utilidad del MOSFET para controlar la velocidad de motores de continua mediante la técnica de modulación por ancho de pulsos.

#### 2. Fundamento Teórico

Nota: Incluir aquí la información teórica acerca del tema que pueda recopilar en su investigación.

#### 3. Equipos, Materiales y Reactivos

##### 3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Multímetro	Digital	2
2	Generador de funciones	Digital	1
3	Osciloscopio	Digital	1
4	Fuentes de alimentación	Regulada	2

##### 3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Protoboards		2
2	Transistor 2N3904	Transistor npn	1
3	Transistor 2N3906	Transistor pnp	2
4	Transistor 2SK241	Transistor jfet	1
5	Transistor 2N2222A	Transistor npn	1
6	Transistor IRF740 o IRF840	Transistor mosfet	1
7	Diodo 1N4148	Diodo de alta frecuencia	1
8	Diodo FR307 o 1N4007	Diodo de propósito general	1
4	Condensador de 10 uF/25v	electrolítico	2
5	Condensador de 100 uF/25v	electrolítico	2
6	Condensador de 1000 uF/25v	electrolítico	1
7	Condensador de 100 nF	cerámico	2
8	Resistencia ¼ vatio	18 kohm	1
9	Resistencia ¼ vatio	428 kohm	1
10	Resistencia ¼ vatio	680 kohm	1
11	Resistencia ¼ vatio	170 ohm	1
12	Resistencia ¼ vatio	22 kohm	1
12	Resistencia ¼ vatio	1 kohm	4
13	Resistencia ¼ vatio	470 ohm	1



14	Resistencia ¼ vatio	4.7 kohm	1
15	Resistencia ¼ vatio	10 kohm	1
16	Resistencia ¼ vatio	33 ohm	1
17	Resistencia ¼ vatio	470 ohm	1
18	Pastilla de micrófono		1
	Motor de continua	9 a 12 voltios	1
19	Cablecitos para conexiones en protoboard		15

### 3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1			
2			
3			

### 4. Indicaciones/instrucciones:

- Utilice con precaución los equipos eléctricos cuidando de hacer las conexiones correctamente para evitar el deterioro de los instrumentos.
- Utilice el multímetro en modo amperímetro en serie con el circuito en el que desea medir el flujo de corriente.
- Utilice el multímetro en modo voltímetro en paralelo con el circuito en el que desea medir la diferencia de tensión entre dos puntos

### 5. Procedimientos:

PRIMERA PARTE: Circuito en cascada BJT - JFET

Implementar en el primer protoboard el circuito de la Figura 1:

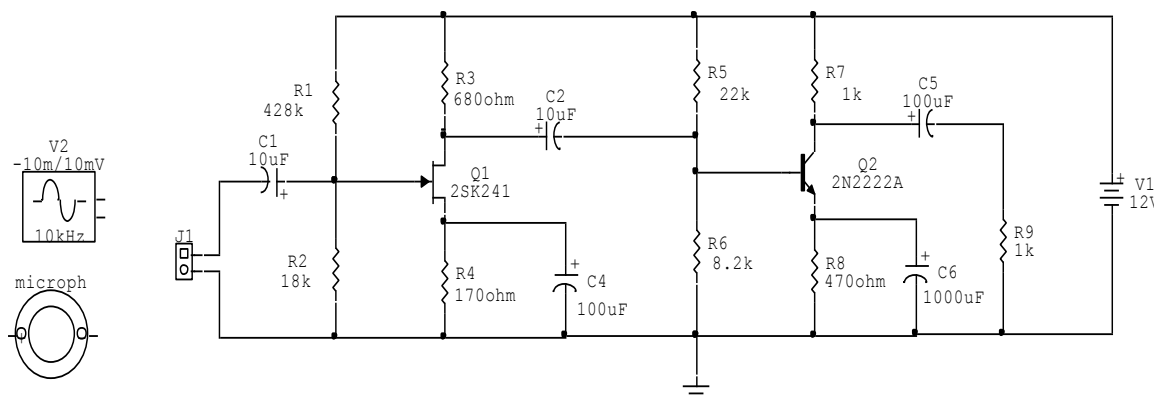


Figura 1

1. Calcule teóricamente las corrientes continuas de colector y drenaje en cada transistor así como la tensión colector- emisor y la tensión drenaje fuente. Para ello debe quitar los condensadores y abrir la conexión de la señal producida por el generador.
2. Encuentre ahora los valores hallados en el paso 1 pero de manera práctica utilizando para ello un multímetro con la finalidad de medir experimentalmente los cuatro valores hallados teóricamente en el paso 1
3. Encuentre el error porcentual entre los valores teóricos y los valores prácticos de los pasos 1 y 2. Para ello utilice la fórmula:

$$\% \text{ error} = ((V_T - V_M) / V_T) \times 100$$

Donde  $V_T$  es el valor teórico ya sea para una corriente o un voltaje y  $V_M$  es el valor experimental medido con el multímetro ya sea para corriente o voltaje.

4. Coloque nuevamente todos los condensadores y la señal del generador en el circuito. Aplique la tensión de 12 voltios de continua al circuito y observe con las puntas del osciloscopio las señales de entrada y salida en cada bloque del amplificador mixto (generador, compuerta, drenaje, base, colector y resistencia de carga de 1 K $\Omega$ ). Grafique las formas de onda que puede observar en cada caso.
5. Repita el paso 4 retirando la resistencia de carga R9 de 1 K $\Omega$ .
6. Reconecte R9 y repita el paso 4 conectando la pastilla de micrófono a la entrada del circuito en reemplazo del generador de señal. Aplique ruido o señal de audio al micrófono observando la respuesta en cada etapa del circuito con el osciloscopio. Grafique las señales observadas.
7. Repita el paso 6 retirando la resistencia de carga R9 de 1 K $\Omega$ .
8. Que puede concluir de lo observado en cada punto con el osciloscopio? Indique sus conclusiones en el ítem número 7 de la presente práctica

SEGUNDA PARTE: Control de velocidad por modulación de ancho de pulso PWM

Implementar en el segundo protoboard el circuito de la Figura 2:

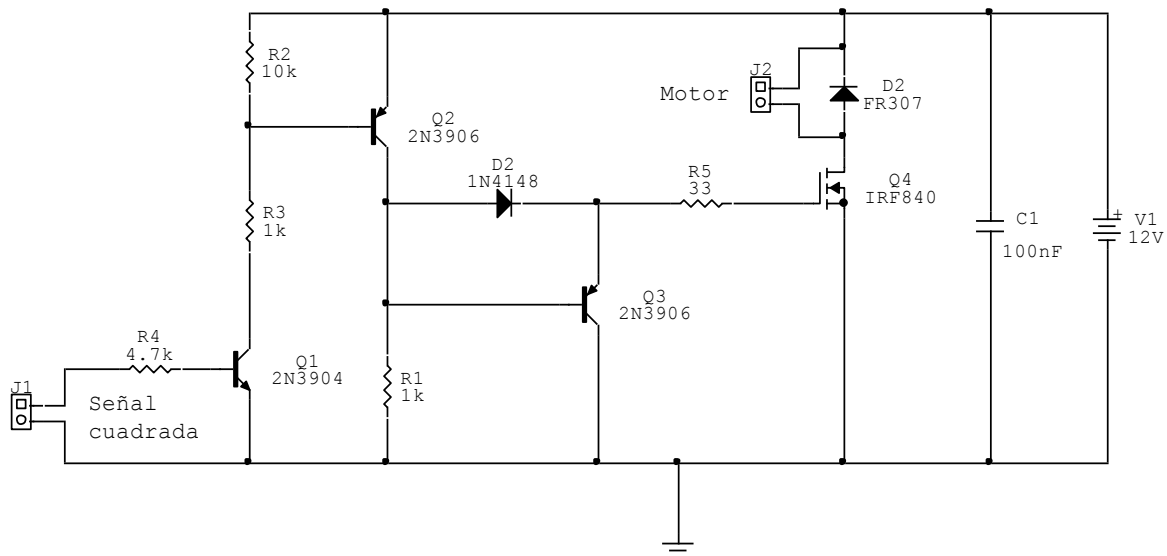


Figura 2

1. Aplique una señal cuadrada al circuito con una amplitud de 5 voltios. Observe si el motor comienza a girar. De no ser así aumente ligeramente la tensión a 6 voltios.



2. Una vez que el motor comienza a girar varíe la frecuencia de la señal cuadrada aumentándola y disminuyéndola.
3. Que puede observar en el comportamiento del motor?
4. Observe y grafique la señal en el cátodo del diodo 1N4148. Compárela con la señal cuadrada que ingresa al circuito. ¿Qué puede decir de la comparación?
5. Con un multímetro proceda a medir la corriente de drenaje en el MOSFET. La corriente es constante o es variable? Fundamente su respuesta. Registre sus conclusiones en el ítem 7.

**6. Resultados**

La tarea estará terminada con la presentación de los resultados obtenidos al término de la práctica de laboratorio y la presentación de un informe en formato Word grabado en un disco compacto (CD o DVD) a la clase inmediata siguiente al desarrollo del experimento. Asegúrese de registrar de manera adecuada la información en su CD.

**El informe debe contener los experimentos, medidas y registro de datos realizados en clase. El uso de programas de simulación se considera solo como soporte auxiliar y no se toma en cuenta en la calificación de resultados.**

Agregue las fotografías o señales obtenidas en las mediciones mediante el osciloscopio.

**7. Conclusiones**

Nota: Concluida la práctica mencione sus conclusiones acerca del trabajo desarrollado. Recuerde que la sección de conclusiones de su informe debe contener **sólo aquellos conceptos acerca de los conocimientos aprendidos a través de la realización de la experiencia y que constituyen su aprendizaje durante la realización de la práctica. Por otro lado recuerde que las conclusiones ¡NO! son un resumen de la teoría involucrada en la experiencia.**

**8. Sugerencias y /o recomendaciones**

.....  
.....  
.....  
.....



**Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados**

- Amplificadores con varios transistores. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015]  
Disponible en web:  
[http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ie.itcr.ac.cr%2Fmhernandezc%2Fdiscretos%2FConfiguraci%25F3n%2520en%2520cascada.ppt&ei=WmsLVf3CFsacNqi7gTg&usg=AFQjCNH\\_Zwrj4ctezI71TARYtZnhlrvtQ](http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ie.itcr.ac.cr%2Fmhernandezc%2Fdiscretos%2FConfiguraci%25F3n%2520en%2520cascada.ppt&ei=WmsLVf3CFsacNqi7gTg&usg=AFQjCNH_Zwrj4ctezI71TARYtZnhlrvtQ)
- Amplificador en cascada de 4 etapas con: JFET-BJT.BJT-BJT. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <http://www.monografias.com/trabajos91/amplificador-4-etapas/amplificador-4-etapas.shtml>
- Transistor de efecto campo. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_de\\_efecto\\_campo](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_efecto_campo)
- El transistor MOSFET. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <http://www.hispavila.com/3ds/atmega/mosfets.html>
- Why consider a power BJT rather than a MOSFET? [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1278361](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1278361)



## Guía de práctica N° 5

## Amplificador diferencial discreto

Sección : .....Docente: Ing. Paul J. Esquivias Barragán

Fecha : ...../...../..... Duración: 2 horas

**Instrucciones:** Lea cuidadosamente la guía de práctica para proceder a su desarrollo. Al terminar su experiencia práctica mantenga su área de trabajo limpia.

**1. Propósito /Objetivo** (de la práctica):

- Verificar el funcionamiento de un amplificador diferencial discreto

**2. Fundamento Teórico**

Nota: Incluir aquí la información teórica acerca del tema que pueda recopilar en su investigación.

**3. Equipos, Materiales y Reactivos****3.1. Equipos**

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Multímetro	Digital	2
2	Generador de funciones	Digital	1
3	Osciloscopio	Digital	1
4	Fuentes de alimentación	Regulada	2

**3.2. Materiales**

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Protoboards		2
2	Transistor BC547	Transistor npn	3
8	Resistencia ¼ vatio	1 kohm	3
9	Resistencia ¼ vatio	10 kohm	1
10	Resistencia ¼ vatio	33 kohm	2
11	Resistencia ¼ vatio	100 kohm	2
12	Resistencia ¼ vatio	330 kohm	1
19	Cablecitos para conexiones en protoboard		15

**3.2. Reactivos**

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1			
2			
3			

**4. Indicaciones/instrucciones:**

- Utilice con precaución los equipos eléctricos cuidando de hacer las conexiones correctamente para evitar el deterioro de los instrumentos.
- Utilice el multímetro en modo amperímetro en serie con el circuito en el que desea medir el flujo de corriente.
- Utilice el multímetro en modo voltímetro en paralelo con el circuito en el que desea medir la diferencia de tensión entre dos puntos

5. Procedimientos:

**PARTE 1: Polarización de Amplificador Diferencial**

1. Armar el circuito de la Figura 1.

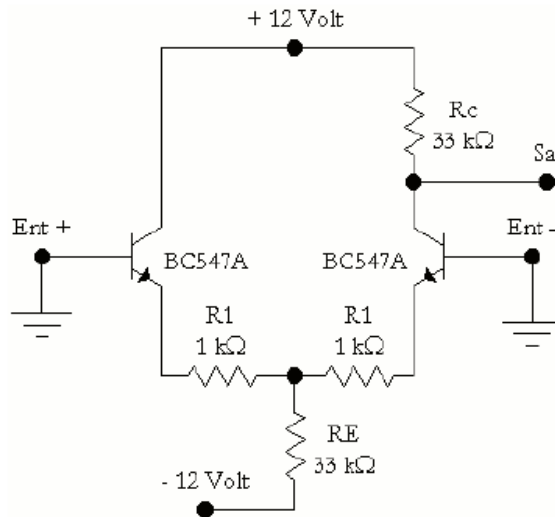


Figura 1

2. Calcular teóricamente los valores de corriente de colector  $I_C$ , corriente a través de  $RE$  ( $I_{RE}$ ) y tensión de colector  $V_C$  (o de salida).
3. Medir con un multímetro las cantidades encontradas teóricamente en el paso 2 y anotar los valores en una tabla. Comparar los valores teóricos con los valores medidos para encontrar el error porcentual.
4. Calcular el valor de la resistencia para señal del emisor  $r_e$ .

**PARTE 2: Excitación mediante entrada diferencial**

1. Sin desarmar el amplificador diferencial, armar el circuito de la Figura 2. Emplear este divisor de tensión para atenuar la salida del generador de señales.

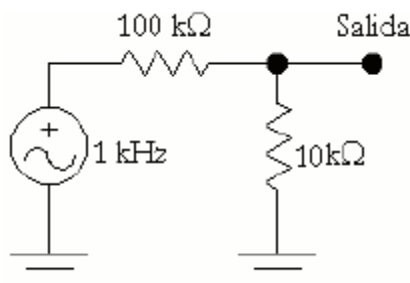


Figura 2



2. Fijar en el generador una señal senoidal de 1 kHz, sin offset de continua y de unas pocas decenas de milivoltios de amplitud.
3. Utilizar el circuito de la Figura 2, excitar la entrada no-inversora del amplificador diferencial manteniendo la entrada inversora a tierra.
4. Observar en el osciloscopio la señal de salida superpuesta a la señal de entrada.
5. ¿Cuál es la diferencia de fase entre ellas? (el ángulo de desfasaje que presentan)
6. Medir la ganancia diferencial de tensión ( $A_v$ ). Anotar el resultado en la Tabla 2.
7. Calcular la ganancia diferencial de tensión empleando la siguiente fórmula. Anotar el resultado en la Tabla 2.

$$A_v = R_C / 2(re + R_1)$$

8. A continuación excitar la entrada inversora manteniendo la no-inversora a tierra.
9. ¿Ha cambiado la ganancia de tensión? ¿Cuál es ahora la diferencia de fase entre la señal de entrada y la de salida?
10. Excitar ambas entradas en modo común empleando el divisor de tensión de la Figura 2.
11. Medir la ganancia en modo común y anote el resultado en la Tabla 2.
12. Calcular la ganancia en modo común usando la siguiente fórmula.

$$A_{MC} = R_C / (re + R_1 + 2R_E)$$

13. Determinar la relación de rechazo al modo común CMRR a partir de los valores medidos y calculados, empleando la siguiente fórmula.

$$CMRR = A_v / A_{MC}$$

**PARTE 3: Polarización con fuente de corriente**

1. Armar el circuito de la figura 3.

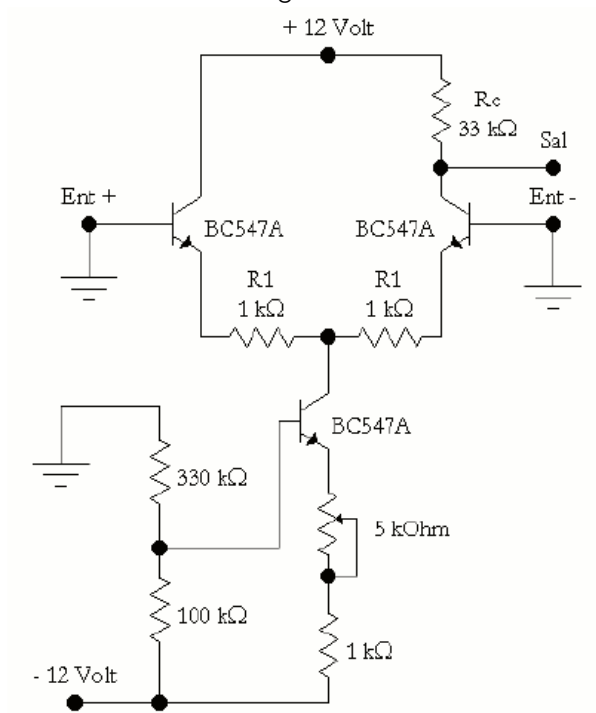


Figura 3



2. Variar el potenciómetro hasta que el amplificador quede polarizado con los valores que figuran en la Tabla 1 (basta con fijar la tensión de colector).
3. Medir la ganancia diferencial y en modo común. Anotar los resultados en la Tabla 3.
4. Determinar la CMRR a partir de los valores medidos.
5. Observar los valores que figuran en las Tablas 2 y 3. ¿Cuáles son las cantidades que han cambiado? ¿A qué se debe esto?
6. ¿En qué se diferencian los circuitos de las Figuras 1 y 3?
7. Eliminar las dos resistencias de 1 kΩ y mida la ganancia diferencial.
8. Esta última modificación, ¿aumenta o disminuye la ganancia diferencial? ¿Por qué? ¿Cuál es la función principal de esas dos resistencias?

Tablas:

PARTE 1: Polarización del amplificador diferencial

Tabla 1

Magnitud	Valor calculado	Valor medido	Error %
$I_c$			
$V_c$			
$I_{RE}$			
$r_e$			

PARTE 2: Control de fase de media onda

5. Diferencia de fase: .....
9. Ganancia de tensión: ..... Diferencia de fase: .....

Tabla 2

Magnitud	Valor calculado	Valor medido	Error %
$A_v$			
$A_{MC}$			
CMRR			

PARTE 3: Polarización con fuente de corriente

Tabla 3

Cantidad	Valor medido
$A_v$	
$A_{MC}$	
CMRR	



### 6. Resultados

La tarea estará terminada con la presentación de los resultados obtenidos al término de la práctica de laboratorio y la presentación de un informe en formato Word grabado en un disco compacto (CD o DVD) a la clase inmediata siguiente al desarrollo del experimento. Asegúrese de registrar de manera adecuada la información en su CD.

**El informe debe contener los experimentos, medidas y registro de datos realizados en clase. El uso de programas de simulación se considera solo como soporte auxiliar y no se toma en cuenta en la calificación de resultados.**

Agregue las fotografías o señales obtenidas en las mediciones mediante el osciloscopio.

### 7. Conclusiones

Nota: Concluida la práctica mencione sus conclusiones acerca del trabajo desarrollado. Recuerde que la sección de conclusiones de su informe debe contener **sólo aquellos conceptos acerca de los conocimientos aprendidos a través de la realización de la experiencia y que constituyen su aprendizaje durante la realización de la práctica. Por otro lado recuerde que las conclusiones ¡NO! son un resumen de la teoría involucrada en la experiencia.**

### 8. Sugerencias y /o recomendaciones

.....  
.....  
.....  
.....

### Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Configuración de amplificadores en cascada. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ie.itcr.ac.cr%2Fmhernandezc%2Fdiscretos%2FConfiguraci%25F3n%2520en%2520cascada.ppt&ei=WmsLVf3CFsacNqi7gTg&usq=AFQjCNH\\_Zwrj4ctezl71TARYtZnhlrvtQ](http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ie.itcr.ac.cr%2Fmhernandezc%2Fdiscretos%2FConfiguraci%25F3n%2520en%2520cascada.ppt&ei=WmsLVf3CFsacNqi7gTg&usq=AFQjCNH_Zwrj4ctezl71TARYtZnhlrvtQ)
- Amplificador diferencial [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/eca1/files/teorias/AD-2010.pdf>
- Apuntes de laboratorios de electrónica. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [http://www.viasatelital.com/proyectos\\_electronicos/amplificador\\_diferencial.htm](http://www.viasatelital.com/proyectos_electronicos/amplificador_diferencial.htm)
- Tema 5: Amplificadores de entrada diferencial. [en línea]. [Consulta: 02 de marzo 2015] Disponible en web: [https://cv3.sim.ucm.es/access/content/group/portal-uatducma-43/webs/material\\_original/apuntes/PDF/05\\_amplificadores\\_entrada\\_diferencial.pdf](https://cv3.sim.ucm.es/access/content/group/portal-uatducma-43/webs/material_original/apuntes/PDF/05_amplificadores_entrada_diferencial.pdf)