

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

## **ARAGON**

### **INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**

### **LABORATORIO DE ELECTRONICA**

### **AMPLIFICACION DE SEÑALES**

#### **PRACTICA N° 1**

#### **OPERACION DEL EQUIPO Y PRUEBA DE TRANSISTORES**

#### **OBJETIVO:**

Que el alumno muestre sus habilidades en el manejo del equipo con que se cuenta en el laboratorio, además de ser capaz de efectuar las pruebas básicas a los transistores, aparte de conocer el manejo de los manuales de dichos dispositivos.

#### **INTRODUCCION:**

La adecuación de la formación de profesionistas a la creciente demanda de la industria, requiere de una serie de programas que sean revisados continuamente, lo que provoca un gran esfuerzo de todos aquellos que intervienen en la impartición de los mismos. Esto origina una considerable documentación que hace necesario tenga a bien plantearse en el laboratorio una práctica en la cual los alumnos puedan conocer el uso adecuado del equipo así de realizar pruebas básicas a los diferentes dispositivos existentes en el mercado, entre los que se encuentran los dispositivos TBJ y JFET.

Esto se realiza en función de obtener los conocimientos en forma progresiva a través del estudio de los dispositivos, así como de sus aplicaciones; dejando de manifiesto los inconvenientes que puedan presentar éstos, para de esta forma solucionar o evitar situaciones anómalas en los circuitos electrónicos.

Dentro del estudio de la electrónica, se han enfatizado conceptos y ejemplos teóricos de circuitos electrónicos, los cuales pueden ser estudiados en la

diversidad de la bibliografía existente para tal fin, sin embargo se deben tener presentes aspectos que por naturaleza o importancia deben de ser tratados en forma independiente; tal es el caso de la forma en que se puede determinar la configuración de un dispositivo TBJ o de un JFET, además del uso de manuales para determinar otras características de dichos dispositivos.

Por tal motivo en esta práctica se dará un recordatorio del uso del equipo, además de plantear el método de como se puede determinar la configuración de los transistores, así como de algunas otras características, terminando con una explicación de los manuales de los dispositivos.

### **TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Explicar los controles de los instrumentos con que cuenta el laboratorio. Fuente de poder, multímetro, osciloscopio y generador de funciones.
- 2.- Determinar la configuración de diferentes transistores en función de medir la resistencia entre las junturas base-emisor y base-colector en el TBJ; y entre compuerta-fuente y compuerta-drenador en el JFET.

Para llevar a cabo este procedimiento debemos aclarar que cuando se realiza la medición de la resistencia en sentido directo en el JFET existe una característica muy especial, la cual esta en función de la alta impedancia de entrada, es decir, cuando se realiza la lectura en el óhmetro de la resistencia entre compuerta-fuente y compuerta-drenador esta es igual por lo que para determinar la configuración del JFET es observar la lectura al instante de toque y la que resulte mayor es la correspondiente a la compuerta-fuente y por ende la menor es entre compuerta-drenador.

Para el TBJ el caso anterior no se cumple, dado que siempre se presenta una diferencia en las lecturas, siendo la mayor entre base y emisor y la menor entre base-colector.

Por tal motivo se deben cumplir las desigualdades siguientes en ambos dispositivos ya sea para un NPN o un PNP en un TBJ y para un canal N o canal P en un JFET.

Para el TBJ  $R_{BE} > R_{BC}$

Para el JFET  $R_{GS} > R_{GD}$

El procedimiento para determinar la configuración de los transistores es el siguiente:

Se coloca la punta positiva del óhmetro en uno de los electrodos del transistor a probar (por el momento consideremos que esta es la base si es un TBJ o es la compuerta si se trata de un JFET), con el negativo se tocan los otros dos electrodos, si existe una lectura entonces la base o compuerta será en donde se encuentre la punta positiva de óhmetro y el colector o emisor o fuente y drenador serán aquellos que cumplan las condiciones anteriores. Si por el contrario no hubo lectura cambie el positivo del óhmetro a otro electrodo y repita el paso anterior hasta acabar con las combinaciones dejando fija la punta positiva del óhmetro. En caso de que en ningún momento hubiese una lectura en el óhmetro, entonces la punta que debe de permanecer fija es la negativa y la que hay que estar moviendo es la positiva. Si hubo lecturas cuando la punta positiva del óhmetro permaneció fija entonces se trata de un NPN o un canal ya sea para un TBJ o un JFET respectivamente; si por el contrario la punta que permaneció fija es la punta negativa se trata de un PNP o canal P, sea TBJ o JFET.

Anote las lecturas correspondientes en los espacios indicados según el número de transistor.

Para el NPN

$R_{BE}$ : \_\_\_\_\_

$R_{BC}$ : \_\_\_\_\_

Para el JFET CANAL N

$R_{GS}$ : \_\_\_\_\_

$R_{GD}$ : \_\_\_\_\_

Para el PNP

$R_{EB}$ : \_\_\_\_\_

$R_{CB}$ : \_\_\_\_\_

3.- Arme el circuito de la figura 1.1 para demostrar que el transistor es un amplificador de corriente. El proceso anterior se llevará a cabo con un TBJ PNP.

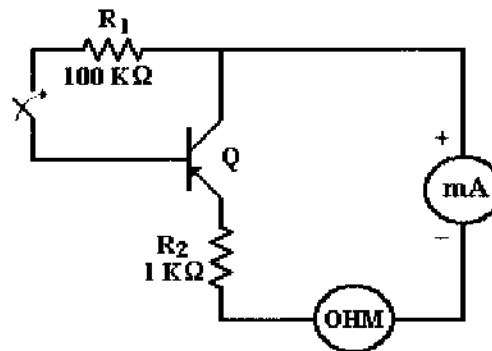


Figura 1.1

Cuando la base de Q esta sin conectar, no circula corriente de base por el transistor, sin embargo puede existir una pequeña corriente en el colector, debido a la fuente interna del óhmetro. Cuando se conecta la base, la corriente en el colector se verá incrementada; demostrando de esta forma que el transistor es un amplificador de corriente.

$I_c$  con la base sin conectar: \_\_\_\_\_

$I_c$  con la base conectada: \_\_\_\_\_

4.- Determinación de las características de transferencia del JFET los parámetros que especifican la operación de un JFET son  $I_{DSS}$  y  $V_p$ , los cuales pueden ser obtenidos en forma práctica de la forma siguiente, figura 1.2:

Para obtener  $I_{DSS}$ .

a) Ajuste  $V_{GS} = 0$  e incremente  $V_{DD}$  hasta el nivel en que la corriente en el drenador no varíe, cuando esta corriente llega a su valor máximo se le denomina  $I_{DSS}$ .

Para obtener  $V_p$ .

b) Con el valor de  $V_{DD}$  establecido en el inciso anterior y la máxima corriente de drenador, ajuste el voltaje entre compuerta-fuente a valores negativos hasta que la corriente en el drenador sea igual a cero, en dicho instante en que la corriente

$I_D = 0$  el voltaje que ocasiona esta característica se denomina voltaje de estrangulamiento ( $V_p$ ).

$I_{DSS} =$  \_\_\_\_\_

$V_p =$  \_\_\_\_\_

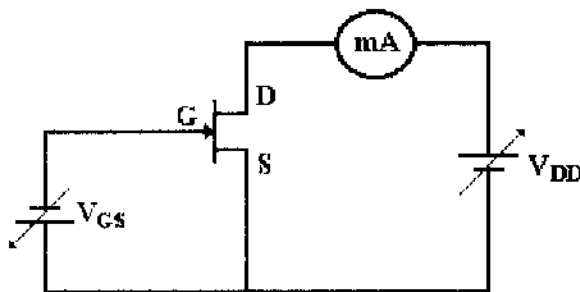


Figura 1.2

5.- Determinar las curvas de colector de un TBJ.

a) Arme el circuito de la figura 1.3 y ajuste  $V_{CC} = 0$ , abra el circuito entre el punto A y B y cierre el circuito entre los puntos C y D. Varie  $V_{CC}$  hasta conseguir los valores de  $V_{CE}$  indicados en la tabla 1 y anote las lecturas de  $I_C$  correspondientes.

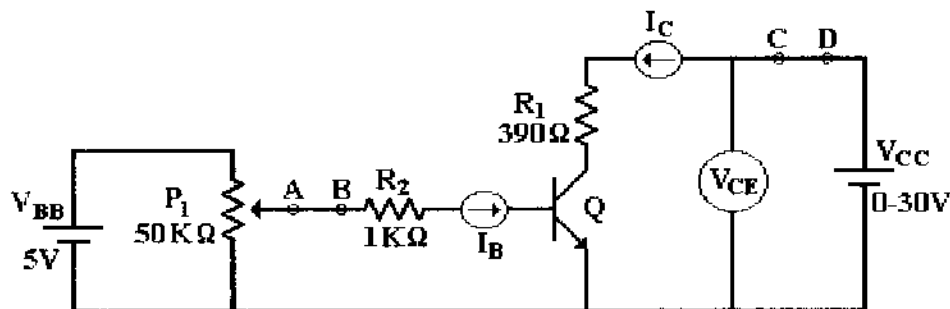


Figura 1.3

b) Abra el circuito en los puntos C y D y cierre entre los puntos A y B . Ajuste posteriormente  $V_{CC} = 0$  y cierre el circuito entre los puntos C y D y proceda como en el inciso anterior.

c) Repita los pasos a y b para los restantes valores de  $I_b$ .

d) Con los datos de la tabla 1, dibuje las curvas sobre papel milimétrico.

$I_B$	$V_{CE}$	0.0 V	0.05 V	0.1 V	0.2 V	0.4 V	0.8 V	4.0 V	12.0 V	16.0 V
0.0 $\mu$ A	$I_C$									
50 $\mu$ A	$I_C$									
125 $\mu$ A	$I_C$									
200 $\mu$ A	$I_C$									
275 $\mu$ A	$I_C$									
350 $\mu$ A	$I_C$									
425 $\mu$ A	$I_C$									
500 $\mu$ A	$I_C$									
1 mA	$I_C$									
4 mA	$I_C$									

Tabla 1

e) Una vez dibujadas las curvas, identifique las regiones de trabajo (corte, activa y saturación). Además indicar que valores de corriente hacen que el transistor permanezca en corte y cuales en saturación.

6.- Arme el circuito de la figura 1.4, del cual se determinarán las características de salida respectivamente para voltajes de polarización de compuerta. Esta se ajustará con P1 (voltaje  $V_{GS}$ ) y P2 se ajusta el valor de  $V_{DS}$ , se anotarán las lecturas correspondientes en la tabla 2 de la corriente  $I_D$ .

a) Con los valores de la tabla 2, en los cuales  $V_{GS} = 0$  hasta  $V_{GS} = -1.5$  trace la característica de  $I_D = f(V_{GS})$ .

b) Con los valores medidos para  $V_{DS}$  trace la característica  $I_D = f(V_{DS})$  en papel milimétrico.

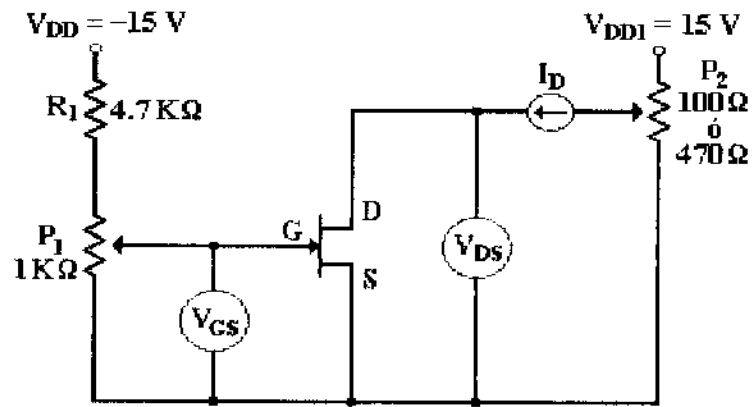


Figura 1.4

$V_{DS}$ (V)	15.0	7.5	5.0	3.0	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = 0.0$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -0.5$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -1.0$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -1.5$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -2.0$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -2.5$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -3.0$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -3.5$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -4.0$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -4.5$									
$I_D$ (mA) Si, $V_{GS} = -5.0$									

Tabla 2

**MATERIAL:**

- Fuente de poder
- Multímetro
- Osciloscopio
- Generador de funciones
- 1 Potenciómetro de 50 K $\Omega$
- 1 Potenciómetro de 1 K $\Omega$
- 1 Potenciómetro de 100  $\Omega$  ó 400  $\Omega$
- 3 Resistencias de 1 K $\Omega$  a ½ Watt
- 3 Resistencias de 4.7 K $\Omega$  a ½ Watt
- 3 Resistencias de 100 K $\Omega$  a ½ Watt
- 3 Resistencias de 390  $\Omega$  a 2 Watts
- 2 Transistores BC547A ó equivalente
- 2 Transistores BC558B ó equivalente
- " Transistores 2N5457 ó equivalente

**BIBLIOGRAFIA:**

Electrónica. Teoría de Circuitos.  
Robert Boylestad, Louis Nashelsky  
Ed. Prentice Hall

Circuitos Electrónicos Lineales.  
Phillip Cutler  
Ed. Diana

Dispositivos Electrónicos y Circuitos.  
Jimmie J. Cathey  
Ed. Mc Graw Hill

Principios de Electrónica.  
Malvino  
Ed. Mc Graw Hill

Circuitos Electrónicos. Discretos e Integrados.  
Donald Schilling



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ARAGON

## INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE ELECTRONICA AMPLIFICACION DE SEÑALES

### PRACTICA N° 2 POLARIZACION Y ESTABILIDAD

#### **OBJETIVO:**

Mostrar al alumno las diferentes técnicas de polarización para los dispositivos TBJ y JFET, además de hacer notar las diferencias que se presentan entre los diferentes circuitos con respecto a su estabilidad.

#### **INTRODUCCION:**

Los transistores han ampliado el campo de aplicación de la Electrónica, ya que se encuentran presentes en todos los sistemas electrónicos, tanto discretos como integrados. Estos elementos se han clasificado en dos grandes familias:

- Transistores bipolares.
- Transistores unipolares.

Esta clasificación se realiza en base al tipo de portadores de carga que intervienen. La primera familia es un transistor de juntura bipolar elaborado como NPN donde los portadores mayoritarios son los electrones y PNP donde los portadores mayoritarios son los huecos; además de ser dispositivos controlados por corriente. En lo que respecta a la segunda familia son dispositivos controlados por voltaje, con corriente de electrones en un FET canal N o por corriente de huecos en un canal P. Estos dispositivos se emplean en circuitos amplificadores con condiciones de polarización diferente.

Para poder trabajar con estos dispositivos como elementos de control o en la amplificación de voltaje o corriente, es necesario que primero se polaricen; entendiendo por polarización a la energía que se requiere suministrar al

dispositivo para encenderlo y sobre todo para hacerlo trabajar en la región de su característica en la que opera con mayor linealidad; donde los elementos de polarización siguen siendo parte del circuito total de aplicación.

La intención de polarizar al dispositivo es la de alcanzar ciertas condiciones, de corriente y voltaje adecuadas, para llegar a lo que se le denomina punto de operación; dicha región es el área de la corriente o voltaje dentro de los límites máximos correspondientes a los dispositivos en particular.

Por otra parte la polarización de CD se denomina estática, dado que relaciona el ajuste a un nivel fijo de corriente con una caída de voltaje fija que se desea en el dispositivo.

En lo que respecta a la estabilización de CD es mantener constante el funcionamiento de un dispositivo (punto Q), a pesar de que existan cambios en las condiciones ambientales o de trabajo donde se incluye la temperatura ambiente y la variación de los parámetros de los dispositivos. Dicha estabilización es necesaria, dado la amplitud de la señal de salida y la respuesta en frecuencia con funciones del punto de operación.

### **TAREA DE CASA:**

1.- Dado el circuito de la figura 2.1, determine el valor de  $R_B$  para que circule una  $I_C=10$  mA. Emplee los datos típicos del transistor. Además calcule la  $R_C$  para completar el punto de operación con un  $V_{CE} = 5$  volts.

2.- Dado el circuito de polarización fija con realimentación de emisor, determine el valor de  $R_B$ ,  $R_C$  y  $R_E$  para obtener una  $I_C = 8$  mA;  $V_{CE} = 4$  volts y  $V_{CE} = 10\% V_{CC}$ . Tome en cuenta los datos típicos del transistor. Figura 2.2.

3.- En la figura 2.3 se ilustra un circuito de polarización por retroalimentación de colector. Determine el valor de  $R_E$  y  $R_B$ , considere los datos típicos del transistor y los datos siguientes:

$$V_{CC} = 20 \text{ Volts} , V_{CE} = 10 \text{ volts} , R_C = 220 \Omega , R_E = R_C/10 , Q = BC547A$$

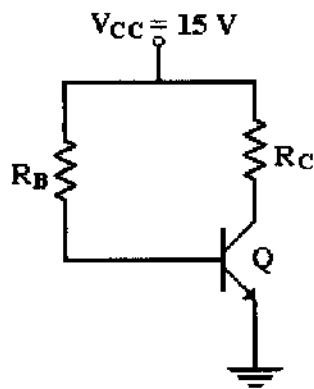


Figura 2.1

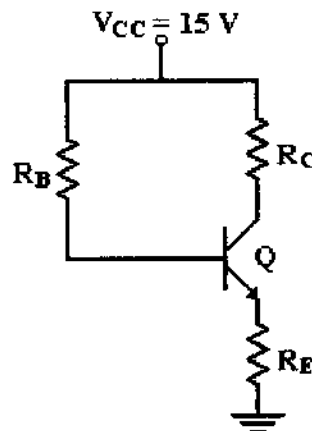


Figura 2.2

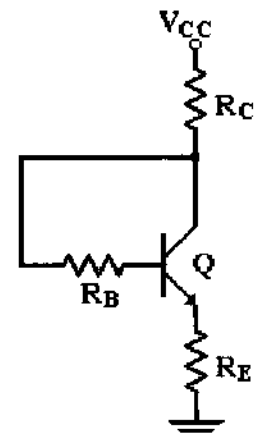


Figura 2.3

4.- Determine la expresión de la  $f_{\beta}$  así como la  $f_{\beta_b}$  de la figura 2.4; una vez determinada considere la  $f_{\beta} = 5\%$  y  $f_{\beta_b} = 0$ . Con estos valores determine los valores de  $R_E$ ,  $R_{B1}$  y  $R_{B2}$  para que circule una corriente de 9 mA. Por otra parte calcule  $R_C$  para obtener máximo swing simétrico además de emplear el voltaje colector emisor de saturación.

5.- Determine el intervalo de valores de  $R_D$  para que se haga posible una polarización de CD entre  $I_{DSS}/2$  e  $I_{DSS}/4$  para el circuito de la figura 2.5. Emplee la curva característica de  $I_D = F(V_{GS})$  los datos de  $I_{DSS}$  y  $V_P$  son los datos reales del transistor JFET a emplear.

6.- Determine el valor del punto de operación del circuito de la figura 2.6, emplee los datos del transistor.

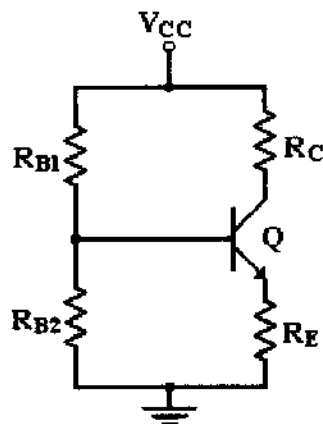


Figura 2.4

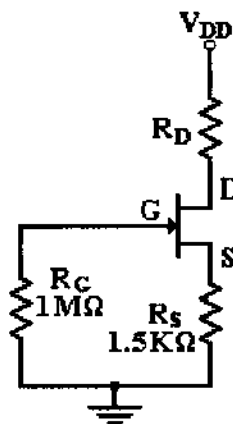


Figura 2.5

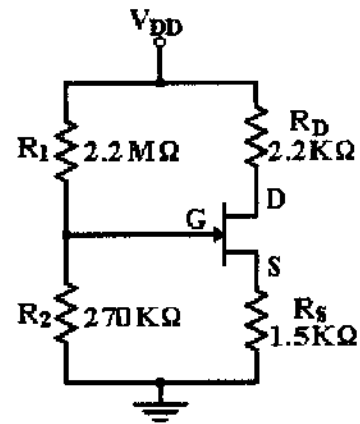


Figura 2.6

7.- Con los valores de las resistencias (comerciales) en función de los cálculos recalcula las variables que se indican en la tabla 1 y tome estos valores teóricos; así como en la tabla 2.

**TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Arme el circuito de la figura 2.1 con los valores de resistencias comerciales y mida las variables indicadas en la tabla 1 en la columna correspondiente a V.M.
- 2.- Aumente la temperatura al transistor y mida nuevamente las variables del punto anterior y asentándolas en la tabla 1 en la columna V. AT.
- 3.- Arme el circuito de la figura 2.2 y repita los pasos 1 y 2. Las resistencias son las comerciales.
- 4.- Arme el circuito de la figura 2.3 , repita los pasos 1 y 2.
- 5.- Arme el circuito de la figura 2.4 y repita los pasos 1 y 2.
- 6.- Arme el circuito de la figura 2.5 con los valores comerciales de las resistencias ( $R_D$ ) y compruebe la característica de donde se partió.
- 7.- Arme el circuito de la figura 2.6 y anote las lecturas correspondientes en la tabla 2 en la columna correspondiente.
- 8.- Comente y concluya los resultados que se obtuvieron tanto teóricamente como prácticamente, resaltando, que circuito es el más recomendable para polarización.

VARIABLE	CIRCUITO 1			CIRCUITO 2		
	V.T	V.M.	V.AT.	V.T.	V.M.	V.AT.
$I_C$						
$V_{CE}$						
$V_E$						
$V_{RC}$						
$V_{R2}$						
$V_{R1}$						

VARIABLE	CIRCUITO 3			CIRCUITO 4		
	V.T.	V.M.	V.AT.	V.T.	V.M.	V.AT.
Ic						
VCE						
VE						
VRC						
VR2						
VR1						

VARIABLE	V.T.	V.M.	UNIDADES

**MATERIAL:**

- Fuente de poder
- Multímetro
- Cerillos
- 4 Transistores BC547A
- 3 Transistores 2N5457
- 3 Resistencia de 1.5 KΩ a ½ Watt
- 3 Resistencia de 270 KΩ a ½ Watt
- 3 Resistencia de 2.2 KΩ a ½ Watt
- 3 Resistencia de 2.2 MΩ a ½ Watt
- 3 Resistencia de 1.0 MΩ a ½ Watt
- Resistencias calculadas.

**BIBLIOGRAFIA:**

**Dispositivos Electrónicos y Circuitos.**

**Jimmie J. Cathey**

**Ed. Mc Graw Hill**

**Electrónica. Teoría de Circuitos.**

**Robert Boylestad, Louis Nashelsky**

**Ed. Prentice Hall**

**Circuitos Electrónicos Lineales.**

**Phillip Cutler**

**Ed. Diana**

**Circuitos Electrónicos. Discretos e Integrados.**

**Ghausi**

**Ed. Mc Graw Hill**

**Circuitos Electrónicos. Discretos e integrados.**

**Donald Schilling**

**Ed. Marcombo**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ARAGON

## INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE ELECTRONICA AMPLIFICACION DE SEÑALES

### PRACTICA N° 3 FUENTES DE CORRIENTE

#### **OBJETIVO:**

- Determinar las características principales de las fuentes de corriente.
- Comprender los principios básicos de las técnicas de polarización activa.
- Analizar las fuentes de corriente más comunes en los circuitos integrados como: espejos de corriente, Widlar y Wilson.

#### **INTRODUCCION:**

Una fuente de corriente puede definirse como un dispositivo de un par de terminales que proporciona una corriente a una carga independiente de la magnitud de ésta, es decir, no depende de la tensión generada en sus terminales.

En la figura 3.1 se muestra una fuente de corriente que normalmente se denomina sumidero, dado que la corriente del colector se obtiene de una carga conectada a una fuente de voltaje. Esto solo será posible cuando el transistor se encuentre en la región activa.

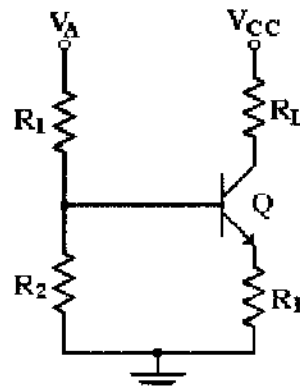


Figura 3.1

Cuando el transistor está en la región activa tenemos que la corriente de colector o sumidero será igual a:

$$I_o = \frac{\beta \left[ \frac{V_A R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE} \right]}{R_E (\beta + 1) + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

Dividiendo a la expresión anterior entre  $(\beta+1)$  tenemos:

$$I_o = \frac{\alpha \left[ \frac{V_A R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE} \right]}{R_E + \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)(\beta + 1)}}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Si se desea que la corriente sea estable y en cierta manera predecible, en el diseño de esta fuente se tiene que considerar lo siguiente:

$$V_{BE} \ll \frac{V_A R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_E \gg \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2) \cdot (\beta + 1)}$$

Sin embargo, en los circuitos integrados con un número determinado de etapas amplificadoras, normalmente se debe de generar una corriente constante en un lugar y reproducirse en otros para polarización a los diferentes transistores que componen a los circuitos integrados. Para lograr esto debe de implementarse un circuito que se denomina "espejo de corriente" y que se muestra en la figura 3.2. El funcionamiento del espejo de corriente es independiente del valor de voltaje mientras el transistor de salida esté en la región activa directa. Por tanto si los transistores son iguales tenemos:

$$I_o = \left[ \frac{\beta}{\beta + 1} \right] I_E \approx I_E$$

$$I_1 = \frac{\beta + 2}{\beta + 1} I_E = I_E$$

$$I_o \approx I_1$$



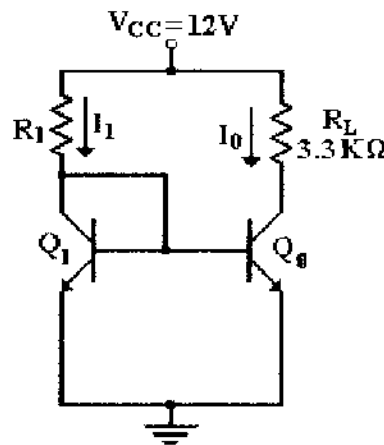


Figura 3.2

Por tanto, la ganancia del espejo de corriente es unitaria.

En la figura 3.3 se muestra una fuente de corriente Widlar, cuya finalidad es la de reducir la corriente de salida empleando resistores de valor pequeño. La corriente de salida queda definida como:

$$I_0 = \frac{R_3(V_{CC} - V_{BE})}{R_2(R_1 + R_3)}$$

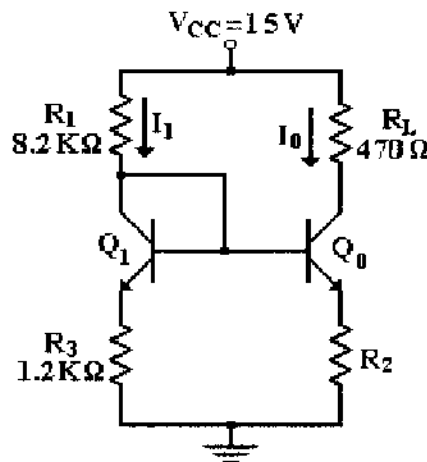


Figura 3.3

En la figura 3.4 se muestra una fuente de corriente Wilson que tiene como función aumentar la impedancia de salida; originando por tanto, la disminución de la corriente de salida y aumentar la estabilidad de la misma. La corriente de salida queda definida por tanto como:

$$I_0 = \frac{I_1(\beta^2 + 2\beta)}{\beta^2 + 2\beta + 2}$$

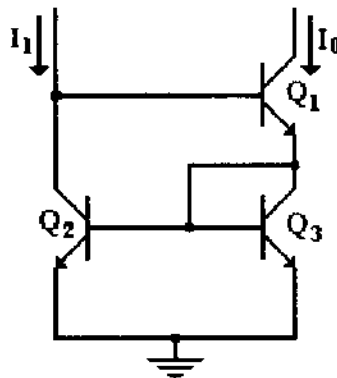


Figura 3.4

En la actualidad y sobre todo en el área de la instrumentación electrónica, se aplican ampliamente estos dispositivos en una variedad de circuitos, facilitando por una parte, el desarrollo de los elementos que constituyen un instrumento, y por otro, ampliando las posibilidades de la instrumentación mediante el aprovechamiento adecuado de las fuentes de corriente.

Es conveniente que al implementar una fuente de corriente, se considere la posibilidad de poder controlar el valor de la corriente, principalmente a través de un voltaje, a manera de programar su valor e inclusive el de poder introducir alguna modulación, dependiendo esto de la aplicación específica.

Las aplicaciones más comunes de las fuentes de corriente es en la :

- Restauración de nivel
- Control de ganancia
- Multiplicadores de señales
- Conmutadores y muestreadores
- Capacímetros
- Generador de señales
- Fuentes de alimentación
- Convertidores analógicos-digitales

**TAREA DE CASA:**

- 1.- Escriba o dibuje los circuitos en el que es apropiado tener polarización activa.
- 2.- Mencione los parámetros que afectan a una fuente de corriente.
- 3.- La corriente de salida del espejo de corriente (figura 3.2) es de 2 mA. Determine el valor de la impedancia de entrada del mismo.
- 4.- Para el circuito de la figura 3.2.
  - a) Demuestre que el espejo de corriente tiene una relación de ganancia unitaria.
  - b) ¿Qué valor tendrá la impedancia de salida?
  - c) Encuentre la expresión para la sensibilidad de  $I_o$  con respecto a  $\beta$ . Y otra para la sensibilidad de  $I_o$  con respecto a  $V_{cc}$ .
- 5.- Para el circuito de la figura 3.3:
  - a) Calcule el valor de  $R_2$  para que  $I_o=15$  mA
  - b) Determine la expresión de la corriente de salida con respecto a  $\beta$ .
  - c) Encuentre una expresión para la sensibilidad de  $I_o$  con respecto a  $V_{cc}$ .
  - d) ¿Qué valor tendrá la impedancia de salida?
- 6.- Con los valores de resistencias comerciales calcule el punto de operación de cada transistor de las figuras 3.2 y 3.3.

**TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Arme el circuito de la figura 3.2 y mida el valor de la corriente  $I_o$ . Si esta corriente difiere de la calculada explique a que se debe.
- 2.- Mida las variables indicadas en la tabla 1 correspondiente al espejo de corriente.
- 3.- Varíe  $V_{cc}$  en un  $\pm 10\%$  y mida las variables indicadas en la columna correspondiente de la tabla 1.
- 4.- Implemente el circuito de la figura 3.3 y realice las mediciones indicadas en la tabla 2, como se realizaron del punto 1 al 3.
- 5.- Incremente la temperatura para ambos transistores de los dos circuitos y observe lo que sucede con la corriente de salida ( $I_o$ ).

6.- Con la prueba del punto anterior diga cual circuito es menos dependiente de la temperatura y explique porque.

Variable	Valor teórico	Valor medido Vcc	Valor medido - 10% Vcc	Valor medido + 10% Vcc	U.
I <sub>0</sub>					
I <sub>1</sub>					
VCE1					
VCE2					
IE1					
IE2					

Tabla 1

Variable	Valor teórico	Valor medido Vcc	Valor medido - 10% Vcc	Valor medido + 10% Vcc	U.
I <sub>0</sub>					
I <sub>1</sub>					
VCE1					
VCE2					
IR3					
IR2					

Tabla 2

**MATERIAL:**

- 4 Transistores BC547A ó equivalente
- 3 Resistencias de 4.7 K $\Omega$  a ½ W
- 3 Resistencias de 470  $\Omega$  a ½ W
- 3 Resistencias de 8.2 K $\Omega$  a ½ W
- 3 Resistencias de 1 K $\Omega$  a ½ W
- 3 Resistencias de 3.3 K $\Omega$  a ½ W

- 3 Resistencias de 1.2 K $\Omega$  a ½ W
- Resistencias calculadas

**BIBLIOGRAFIA:**

**Electrónica. Teoría de Circuitos.**

Robert Boylestad, Louis Nashelsky,  
Ed. Prentice Hall

**Circuitos Electrónicos. Discretos e integrados.**

Donald Schilling,  
Ed. Marcombo

**Diseño de Circuitos con Transistores.**

Marco Antonio Reyes Sánchez,  
Ed. Limusa

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ARAGON

## INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE ELECTRONICA AMPLIFICACION DE SEÑALES

### PRACTICA N° 4 AMPLIFICADORES DE UNA ETAPA

#### **OBJETIVO:**

Mostrar al alumno el funcionamiento de los amplificadores de una etapa, para comprobar la rapidez de los métodos de análisis para, de esta manera, poder seleccionar la configuración adecuada en las aplicaciones donde se requiere. Además de determinar las principales características básicas de este tipo de amplificadores; tales como:  $A_v$ ,  $Z_i$  y  $Z_o$ .

#### **INTRODUCCION:**

Dentro de las principales aplicaciones de los dispositivos electrónicos está la de amplificar señales de voltaje o corriente, las cuales se emplean para elevar el nivel de una fuente o generador de señales, de tal forma que tenga la potencia necesaria para operar en forma satisfactoria sobre una carga conectada a la salida del amplificador.

Para poder emplear en forma adecuada a los transistores como amplificadores se requiere conocer el punto de operación en el cual trabaja el dispositivo, para poder cuantificar de forma adecuada el valor de los parámetros dinámicos. Debiendo de tener presente que al conectar la fuente de señal y la carga el punto de operación no debe cambiar; por lo que debemos de realizar el acoplamiento en forma tal que no sea afectado el punto de operación.

Para poder amplificar señales de voltaje o corriente es necesario primeramente que el circuito este debidamente polarizado, aplicando posteriormente la señal alterna para generar fluctuaciones en la corriente del colector. Cuando esta corriente del colector de CA fluye por una resistencia externa, produce una señal

de salida que es mayor a la de la entrada. Dicho aumento de la amplitud de la señal es precisamente a lo que se conoce como amplificación.

Existen tres configuraciones básicas en los amplificadores de una etapa; estas son: emisor común, colector común y base común.

### **TAREA DE CASA:**

- 1.- Para los tres circuitos de esta práctica, calcule el punto de operación.
- 2.- Una vez determinado el punto de operación de cada uno de los circuitos, determine que tipo de configuración se tiene, y a partir de esto calcular la ganancia de voltaje, ganancia de corriente, impedancia de salida y la máxima excursión de voltaje a la salida de cada amplificador con carga y sin carga.
- 3.- Una vez determinados cada uno de los puntos anteriores llene la tabla 1 en la columna correspondiente a los valores teóricos para cada una de las configuraciones, para posteriormente compararlos en el laboratorio.
- 4.- Para el circuito No. 1 que función tiene  $C_p$ .
- 5.- Para el circuito No. 2 . ¿Es indispensable  $R_c$ ?
- 6.- Para el circuito No. 3. La impedancia de entrada se ve modificada al eliminar el capacitor  $C_p$ ?
- 7.- Diseñar un amplificador en configuración emisor común en base a algunos de los métodos expuestos en clase; considere una polarización de:  
 $V_{cc} = 12 \text{ Volts}$     $I_{cq} = 3 \text{ mA}$
- 8.- Para el diseño anterior, calcule lo mismo que para el punto 2.
- 9.- Realizados los cálculos del circuito diseñado llene la tabla 2 en la columna correspondiente a valores teóricos.

### **TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Arme los circuitos de las figuras y mida el punto de operación en cada uno de ellos, asiente sus lecturas en la tabla 1 en la columna correspondiente.

2.- Aplique una señal senoidal de 20 mVpp a frecuencias medias a cada uno de los circuitos, mida cada una de las variables indicadas en la tabla 1 para condiciones dinámicas.

3.- Implemente su diseño y realice lo mismo que en los puntos anteriores.

4.- Comente los resultados obtenidos y realice comentarios con su instructor en relación con los circuitos y su diseño.

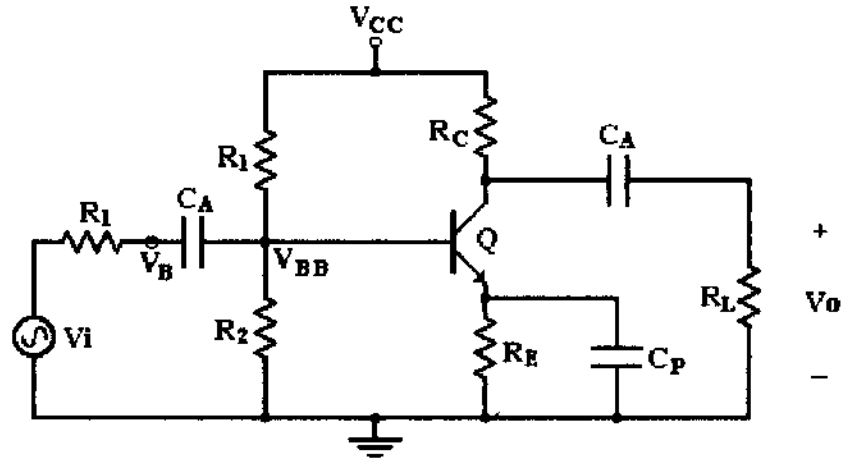


Figura 4.1

**CIRCUITO 1**

- VCC = 20Volts
- Rc = 2.2 KΩ
- RE = 1.5 KΩ
- R1 = 100 KΩ
- R2 = 47 KΩ
- CA = 10 μF a 20 V
- CP = 47 μF a 25 V
- Q = BC547A
- RL = Rc

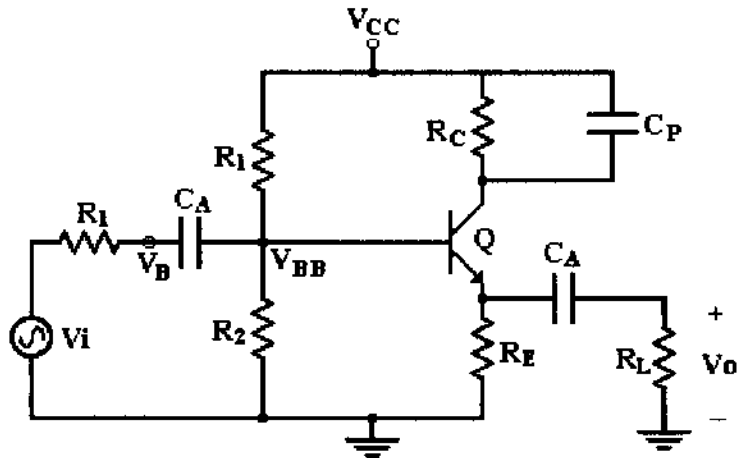


Figura 4.2



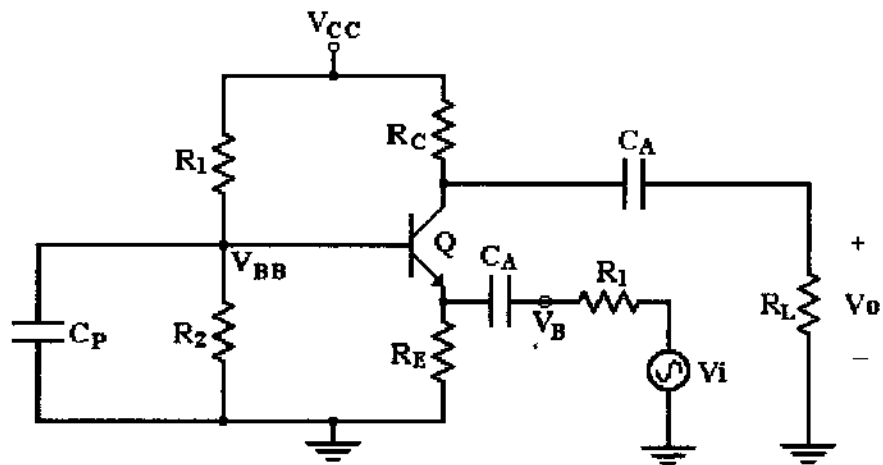
**CIRCUITO No. 2** $V_{CC} = 20\text{Volts}$  $R_C = 2.2\text{ K}\Omega$  $R_E = 1.5\text{ K}\Omega$  $R_1 = 100\text{ K}\Omega$  $R_2 = 47\text{ K}\Omega$  $R_A = 10\ \mu\text{F a } 20\text{ V}$  $C_P = 47\ \mu\text{F a } 25\text{ V}$  $Q = \text{BC547A}$  $R_L = R_C$ 

Figura 4.3

**CIRCUITO No. 3** $V_{CC} = 20\text{Volts}$  $R_C = 2.2\text{ K}\Omega$  $R_E = 1.5\text{ K}\Omega$  $R_1 = 100\text{ K}\Omega$  $R_2 = 47\text{ K}\Omega$  $R_A = 10\ \mu\text{F a } 20\text{ V}$  $C_P = 47\ \mu\text{F a } 25\text{ V}$  $Q = \text{BC547A}$  $R_L = R_C$

CONDICIONES ESTATICAS						
VARIABLE	CIRCUITO No. 1		CIRCUITO No. 2		CIRCUITO No. 3	
	V.T.	V.M.	V.T.	V.M.	V.T.	V.M.
Ic						
Vce						
Vbb						
CONDICIONES DINAMICAS						
Vo						
Vb						
Zi						
Zo						
Av						

Tabla 1

CONDICIONES ESTATICAS		
VARIABLE	V.T.	V.M.
Ic		
Vce		
CONDICIONES DINAMICAS		
Vb		
Vo		
Zi		
Zo		
Av		

**BIBLIOGRAFIA:**

**Electrónica. Teoría de Circuitos.**  
 Robert Boylestad, Louis Nashelsky,  
 Ed. Prentice Hall

**Dispositivos Electrónicos y Amplificación de Señales.**  
 Adel Sedra,  
 Ed. Mc Graw Hill

**Fundamentos de Electrónica.**

**Norman Lurch,  
Ed. CECSA**

**Circuitos y Dispositivos Electrónicos.**

**Ronald J. Tocci,  
Ed. Interamericana**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ARAGON

## INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE ELECTRONICA AMPLIFICACION DE SEÑALES

### PRACTICA N° 5 AMPLIFICACION DIFERENCIAL CON DARLINGTON

#### **OBJETIVO:**

Diseñar amplificadores de dos etapas y caracterizarlos atendiendo a sus rasgos principales.

#### **TAREA DE CASA:**

- 1.- Para el circuito de la figura 5.1 calcule el valor de  $R_2$  para que  $I_{CQ} = 15 \text{ mA}$ .
- 2.- Encuentre el modelo equivalente para el par darlington. Basado en este modelo calcule el valor de  $R_c$  para que la ganancia en modo diferencial  $V_o/V_{id} = 5$ . Tome en cuenta el potenciómetro (que no debe ser mayor de  $470 \Omega$ ) y considere todas las  $\beta = 250$ .
- 3.- Con este valor de  $R_c$ , calcule la máxima excursión de voltaje a la salida ( $V_{o1}$  o  $V_{o2}$ ).
- 4.- ¿Cuál será la máxima amplitud del voltaje a la entrada para que en la salida no se tenga distorsión por corte o saturación (voltaje de entrada diferencial)?
- 5.- Calcule la ganancia en modo común. Determine la resistencia de salida ( $r_o$ ) de Q5 de las hojas de datos del transistor.
- 6.- Calcule las ganancias de voltaje  $V_{o1}/V_{id}$  y  $V_{o2}/V_{id}$ .
- 7.- Calcule las resistencias de entrada diferencial  $r_{id}$  y común  $r_{ic}$ , y la resistencia de salida de la etapa diferencial.

**TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Arme el circuito de la figura 5.1 con los valores que calculó para las resistencias.
- 2.- Ajuste el potenciómetro de  $470 \Omega$  para que el voltaje de C.D. en  $V_o$  sea igual a 0 (cero). ¿Por qué se realiza este ajuste?
- 3.- Realice las mediciones necesarias para llenar la tabla 1 (valores medidos).
- 4.- Determine experimentalmente la máxima excursión de voltaje a la salida y la máxima amplitud de voltaje en la entrada ( $V_{id}$ ).
- 5- Determine experimentalmente la impedancia de entrada y diga si se trata de  $r_{id}$  ó de  $r_{ic}$  o de ambos.
- 6.- Compare los valores calculados y medidos, si existen diferencias diga a que se debe.

Variable	Valor Calculado	Valor Medido	Unidad
<b>CONDICIONES ESTATICAS</b>			
$V_{ce2}$			
$V_{ce4}$			
$I_{co2}$			
$I_{co4}$			
$I_{co5}$			
<b>CONDICIONES DINAMICAS</b>			
$V_{idm\acute{a}x}$			
$V_{o1m\acute{a}x}$			
$V_{o2m\acute{a}x}$			
$V_o/V_{id}$			
$V_{o1}/V_{id}$			
$V_{o2}/V_{id}$			
RRMC			
$R_i$			

Tabla 1

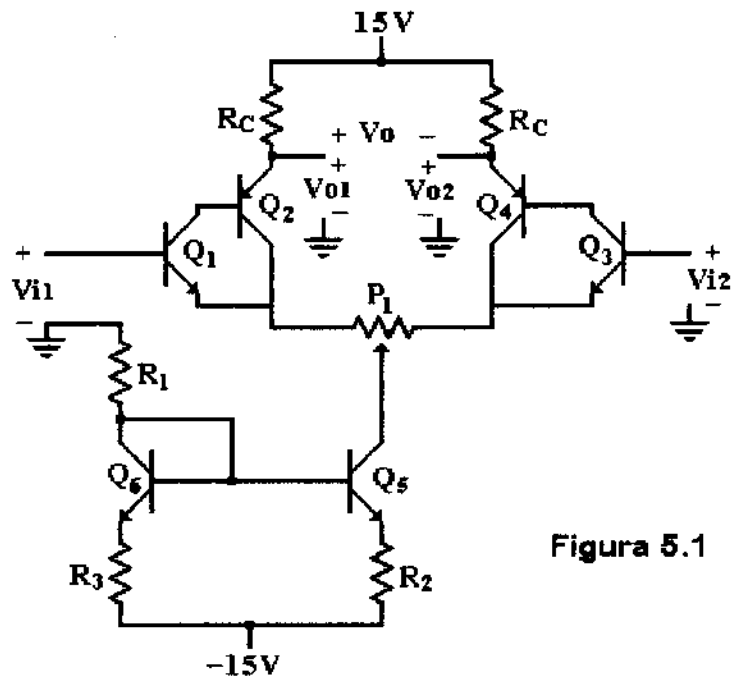


Figura 5.1

Par diferencial  $Q1=Q3=Q6=Q5=BC\ 547A$

$Q2=Q4=BC558B$

### **MATERIAL:**

- 3 Transistores BC558B
- 7 Transistores BC547A
- 3 Resistencias  $22\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $3.3\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $4.7\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $0.47\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $2.2\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $3.9\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 3 Resistencias  $1.8\ K\Omega$  a  $\frac{1}{2}\ W$
- 2 Condensadores de  $22\ \mu F$  a más  $30\ V$

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ARAGON

## INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE ELECTRONICA AMPLIFICACION DE SEÑALES

### PRACTICA N° 7 RESPUESTA A LA FRECUENCIA

#### OBJETIVO:

Mostrar al alumno las técnicas de análisis y diseño de amplificadores con respecto a la frecuencia.

#### TRABAJO DE CASA:

- 1.- ¿Qué tipo de amplificador se muestra en la figura 7.1?
- 2.- ¿Por cuáles amplificadores básicos esta compuesto este amplificador?
- 3.- ¿Cuál es el cometido de cada en el arreglo?

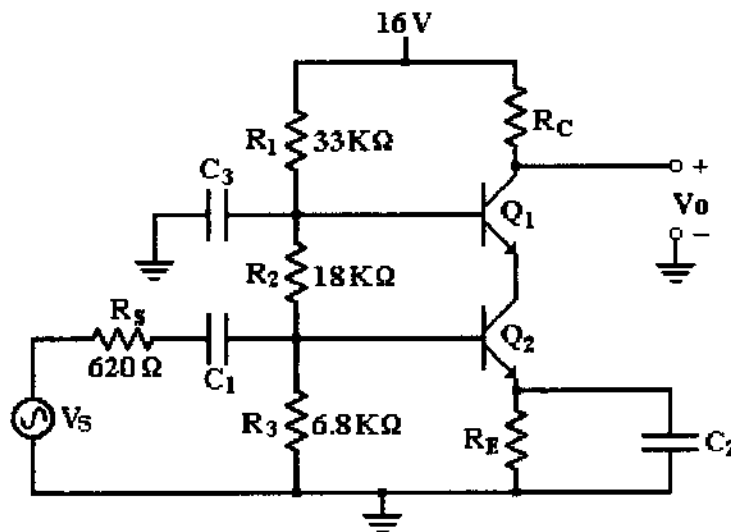


Figura 7.1

- 4.- Calcule el valor de  $R_E$ , para que se tenga una corriente de operación de los transistores Q1 y Q2 más aproximadamente. Tome el valor comercial más cercano y recalcule el valor correcto de  $I_C$  para ambos transistores.
- 5.- Calcule el valor de  $R_C$  para tener una ganancia de voltaje  $A_v=V_o/V_s$  de aproximadamente de -160. Tome el valor comercial más cercano al calculado y proceda como en el punto anterior.
- 6.- Calcule el arreglo más económico de los capacitores C1, C2 y C3 para tener frecuencia de corte en bajas de 100 Hz aproximadamente. Proceda como en los puntos anteriores.
- 7.- Calcule la frecuencia de corte de altas.
- 8.- ¿De qué forma se puede aumentar el valor de la frecuencia en altas?
- 9.- Determine teóricamente el ancho de banda y el tiempo de subida.

### **TRABAJO DE LABORATORIO:**

- 1.- Arme el circuito de la figura 7.1 con los componentes calculados y mida el punto de operación.
- 2.- Mida la ganancia a frecuencias medias
- 3.- Trace la respuesta a la frecuencia del amplificador en papel semilogaritmico. Usted debe de idear el método de medida para los puntos de la gráfica de respuesta a la frecuencia.
- 4.- De la curva trazada en el punto anterior determine:
  - a) La frecuencia de corte en altas.
  - b) La frecuencia de corte en bajas.
  - c) El ancho de banda.
- 5- Proponga un método para medir el tiempo de subida y regístrelo.
- 6.- Organice en una tabla los cálculos teóricos de las variables y la medida de estas variables. Comente las diferencias que existen entre los valores calculados y los valores medidos.