

VI.-SIMULACION.

1.-Implementar el circuito de la figura 1.

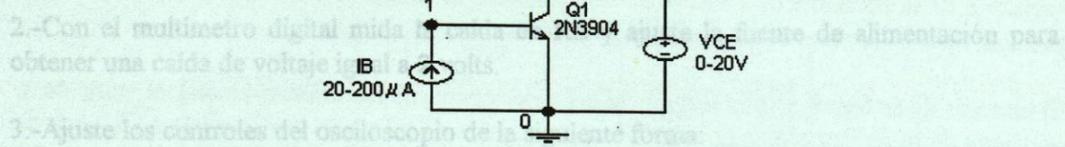


Figura 1. Circuito para obtener curvas características del transistor.

1.-Crear el archivo EXP06.CIR con la descripción del circuito de la figura 1.

```

CURVAS CARACTERISTICAS DEL TRANSISTOR BIPOLAR
*Archivo EXP06.CIR
VCE 2 0 0
IB 0 1 20VA
Q1 2 1 0 Q2N3904
.LIB BIPOLAR.LIB
.DC VCE 0 20 0.1 IB 20VA 200VA 20VA
.PROBE
.END
    
```

2.-En el graficador de alta resolución observar la familia de curvas características del transistor.

Add Trace IC(Q1)

3.-Agregar el trazo de una línea de carga de CD, con los siguientes datos $V_{CC}=15V$, $R_C=1K\Omega$, $R_E=0.5K$

Add Trace (15-VCE)/1.5K

4.-Imprimir la gráfica.

6.-Dibuje una familia de curvas características para los siguientes valores de caída de voltaje en R_B . La curva se observa en el osciloscopio y se debe dibujar en la cuadrícula.

V_{RB}	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	V
I_B	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	μA

Para cambiar el voltaje en R_B , ajuste el valor de la fuente de alimentación E y mida solamente la caída

VII.-REPORTE.

1.-Determine el valor de la ganancia de corriente directa (β_F) del transistor para el punto de operación

dado por:

$$I_{BQ}=60\mu A$$

$$V_{CEQ}=10V$$

Emplear la familia de curvas obtenidas en el paso 6 del procedimiento.

$$I_{CQ} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\beta_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.-Determine el valor de la ganancia de corriente alterna (β) del transistor para el siguiente punto de operación:

$$I_{BQ}=60\mu A$$

$$V_{CEQ}=10V$$

Para ello determine de la misma familia de curvas:

$$i_{C2} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \text{para } i_{B2}=80\mu A$$

$$i_{C1} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \text{para } i_{B1}=40\mu A$$

$$\beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

3.-Con la gráfica impresa en el paso #4 de la simulación, determine los valores de las ganancias de CD y CA del transistor para $V_{CEQ}=10V$, $I_{BQ}=60\mu A$. Alternativamente, puede hacer uso de las facilidades del graficador de alta resolución.

VI-SIMULACION

1.-Determine el valor de la ganancia de corriente directa (β_F) del transistor para el punto de operación dado por:
 $I_{BQ} = 60 \mu A$
 $V_{CEQ} = 10V$
 Emplee la familia de curvas operadas en el paso 6 del procedimiento.



Figura 1. Circuito para obtener curvas características del transistor.

2.-Determine el valor de la ganancia de corriente directa (β_F) del transistor para el siguiente punto de operación:
 $I_{BQ} = 60 \mu A$
 $V_{CEQ} = 10V$
 Para ello determine de la misma familia de curvas $I_{CQ} = \beta_F I_{BQ}$ para $I_{BQ} = 60 \mu A$ y $V_{CEQ} = 10V$.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL TRANSISTOR BIPOLAR	
* Archivo EXP06 CIR	
VCE	0
IB	0
Q1	2
LIB BIPOLAR LIB	
DC VCE	0
PROBE	
END	

3.-Con la gráfica impresa en el paso 4 de la simulación, determine los valores de las ganancias de β_F y β_{DC} para $V_{CEQ} = 10V$, $I_{BQ} = 60 \mu A$.
 Alternativamente, puede hacer uso de las facilidades del graficador de alta resolución.

Add Trace IC(Q1)

3.-Agregar el trazo de una línea de carga de CD, con los siguientes datos $V_{CC} = 15V$, $R_C = 1K\Omega$, $R_E = 0.5K\Omega$.

Add Trace (15-VCE)/1.5K

4.-Imprimir la gráfica.

7-EXP107-1
 FIME, Depto de Electrónica

IV.- TEORIA PRELIMINAR:

EXP107

CIRCUITO DE POLARIZACION EMISOR-COMUN

I.- OBJETIVO.

- Diseñar la red de polarización de un amplificador EC, medir el punto de operación, determinar la máxima oscilación del voltaje de salida y medir la ganancia de voltaje.

II.- LISTA DE MATERIAL Y EQUIPO.

- 1 Osciloscopio
- 1 Microcomputadora
- 1 Fuente de poder
- 1 Generador de funciones
- 1 Transistor 2N3904
- 1 Resistencia de $15K\Omega$, $\frac{1}{2}W$
- 1 Resistencia $120K\Omega$, $\frac{1}{2}W$
- 2 Resistencias $10K\Omega$, $\frac{1}{2}W$
- 1 Resistencia $1K\Omega$, $\frac{1}{2}W$
- 1 Resistencia 220Ω , $\frac{1}{2}W$
- 2 Capacitores de $47\mu F$, 50v
- 1 Capacitor $100\mu F$, 50v

PASO 3.- Seleccionar R_B .

$$R_B = \beta R_E / 10$$

$$R_B = 12.2K\Omega$$

PASO 4.- Determinar el voltaje de Thevenin V_{BB} .

$$V_{BB} = (I_{CQ} * R_B) / \beta + V_{BE} + I_{CQ} * R_E + V_{EE}$$

$$V_{BB} = 9.34V$$

PASO 5.- Encontrar los valores de R_1 y R_2 .

$$R_1 = (V_{CC} - V_{BE}) * R_B / (V_{CC} - V_{BB})$$

$$R_2 = (V_{CC} - V_{EE}) * R_B / (V_{BB} - V_{EE})$$

$$R_1 = 13.72K\Omega \quad \text{seleccionar } 15K\Omega$$

$$R_2 = 110K\Omega \quad \text{seleccionar } 120K\Omega$$

III.- CIRCUITO DEL EXPERIMENTO

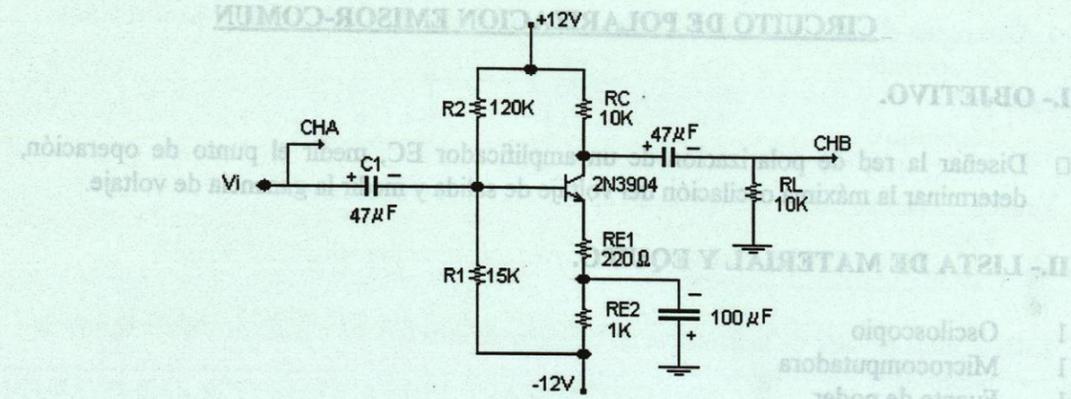


Figura 1. Amplificador Emisor-Común.

IV.- TEORIA PRELIMINAR:

Se procederá a reparar el diseño del circuito de polarización del amplificador EC mostrado en la figura 1. Se seguirá el procedimiento de diseño sugerido en el libro de texto, pero modificado para el caso de dos fuentes de alimentación.

Los datos para el diseño son:

$$\begin{aligned} VCC &= 12V & RE1 &= 220\Omega \\ VEE &= -12V & RE2 &= 1K\Omega \\ RC &= 10K\Omega & BJT &= 2N3904 \\ RL &= 10K\Omega & \beta F &= 100 \end{aligned}$$

PASO 1.- Determinar ICQ para máxima oscilación simétrica.

$$\begin{aligned} RE &= RE1 + RE2 & RCD &= RC + RE \\ RE &= 1.22 K\Omega & RCD &= 11.22K\Omega \end{aligned}$$

$$RCA = RE1 + (RC \cdot RL) / (RC + RL)$$

$$RCA = 5.22K\Omega$$

$$ICQ = \frac{VCC - VEC}{RCA + RCD} = 1.46mA$$

PASO 2.- Determinar el valor de $VCEQ$.

$$VCEQ = ICQ \cdot RCA$$

$$VCEQ = VCC - VEE - ICQ \cdot RCD$$

$$VCEQ = 7.6V.$$

PASO 3.- Seleccionar RB .

$$RB = \beta RE / 10$$

$$RB = 12.2K\Omega.$$

PASO 4.- Determinar el voltaje de Thevenin VBB .

$$VBB = (ICQ \cdot RB) / \beta + VBE + ICQ \cdot RE + VEE$$

$$VBB = -9.34V$$

PASO 5.- Encontrar los valores de $R1$ y $R2$.

$$R1 = (VCC - VEE) \cdot RB / (VCC - VBB)$$

$$R2 = (VCC - VEE) \cdot RB / (VBB - VEE)$$

$$R1 = 13.72K\Omega \quad \text{seleccionar } 15K\Omega$$

$$R2 = 110K\Omega \quad \text{seleccionar } 120K\Omega.$$

PASO 6.- Determinar el voltaje máximo de salida.

$$V_{CEM} = V_{CEQ}$$

V_{CEM} = Voltaje máximo entre colector-emisor.

V_{LM} = Voltaje máximo en la carga.

$$V_{LM} = V_{CEM} \left[\frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} \right] / [R_{E1} + (R_C \cdot R_L) / (R_C + R_L)]$$

$$V_{LM} = 7.3 \text{ V.}$$

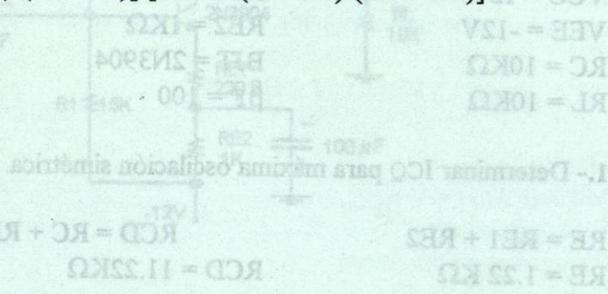


Figura 1. Amplificador Emisor-Común

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{R_C + R_{CD}} = 1.46 \text{ mA}$$

PASO 2.- Determinar el valor de V_{CEQ} .

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_C$$

$$V_{CEQ} = 12 \text{ V} - 1.46 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 7.6 \text{ V}$$

PASO 3.- Seleccionar R_B .

$$R_B = 98 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 12 \text{ k}\Omega$$

PASO 4.- Determinar el voltaje de Thevenin V_{BB} .

$$V_{BB} = (I_{CQ} \cdot R_B) / R_B + V_{BE} + I_{CQ} \cdot R_E + V_{BE}$$

$$V_{BB} = 0.34 \text{ V}$$

PASO 5.- Encontrar los valores de R_1 y R_2 .

$$R_1 = (V_{CC} - V_{BE}) \cdot R_B / (V_{CC} - V_{BB})$$

$$R_2 = (V_{CC} - V_{BE}) \cdot R_B / (V_{BB} - V_{BE})$$

$$R_1 = 13.72 \text{ k}\Omega$$

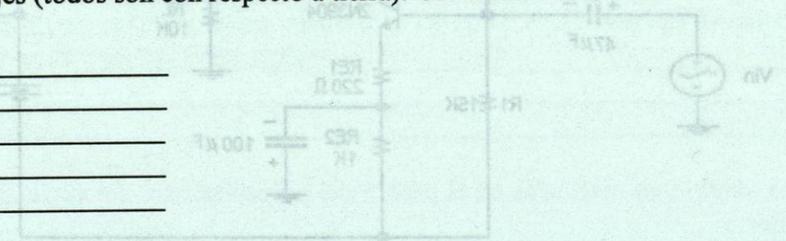
$$R_2 = 110 \text{ k}\Omega$$

V.- PROCEDIMIENTO.

1.- Implementar el circuito mostrado en la figura 1. Observe que los valores corresponden a los resultados del diseño realizado en la teoría preliminar.

2.- Medir el punto de operación con la ayuda del multímetro digital. Tome lectura de los siguientes voltajes (todos son con respecto a tierra). Use escalas adecuadas.

- VCC = _____
- VEE = _____
- VC = _____
- VB = _____
- VE = _____



3.- Una forma de saber si el circuito está funcionando bien es tomar en cuenta lo siguiente:

- El voltaje de la base V_B debe de ser aproximadamente 0.7V mayor que el voltaje del emisor V_E .
- El voltaje del colector V_C debe de ser mayor que el voltaje de la base V_B .
- El voltaje del colector V_C es mayor que el voltaje del emisor V_E .
- El voltaje del colector V_C debe de ser menor que el voltaje de alimentación V_{CC} .
- Si lo anterior no se cumple revisar las conexiones del circuito, checar el transistor y repetir los pasos 2 y 3.

4.- Aplique en la entrada del amplificador una señal senoidal de 5KHz y 200mV aproximadamente. Observe en el osciloscopio las señales de entrada y salida simultáneamente.

5.- Tomar lectura de las amplitudes de los voltajes de entrada y de salida.

- $V_o =$ _____
- $V_i =$ _____

*Observe que la señal de salida está invertida con respecto a la señal de entrada.

6.- Incremente la amplitud de la señal de entrada hasta observar que la salida empieza a distorsionarse.

7.- Tomar lectura de la máxima oscilación del voltaje de salida.

$$V_{LM} = \text{_____} V_{pp}$$

VI.- SIMULACION.

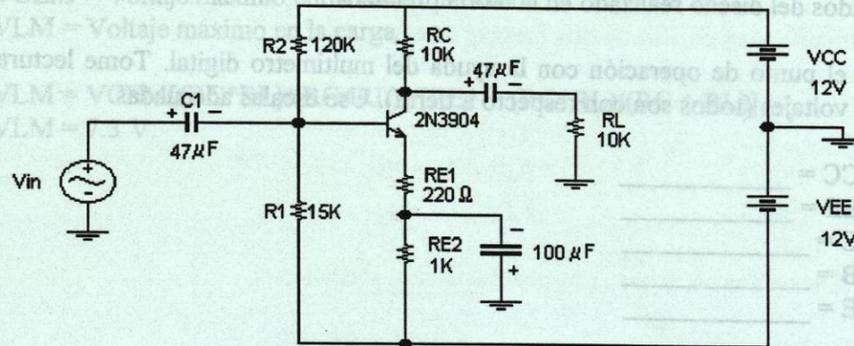


Figura 1. Amplificador Emisor Común.

1.- Crear el archivo EXP07.CIR con la información del amplificador emisor-común de la figura 1.

```

AMPLIFICADOR EMISOR-COMUN
VIN 1 0 SIN(0, .1, 5K)
VCC 3 0 12V
VEE 0 4 12V
C1 1 2 47uF
R1 2 4 15K
R2 2 3 120K
Q1 5 2 6 Q2N3904
RC 3 5 10K RE1 6 7 220
RE2 7 4 1K CE 0 7 100uF
C2 8 5 47uF
RL 8 0 10K
.LIB BIPOLAR.LIB
.TRAN .1m .5mS .005mS
.END
    
```

2.- Observar en el graficador de alta resolución, la forma de onda de los voltajes de entrada y de salida.

Add-Trace 10*V(1) V(8)

3.- Use las facilidades del graficador para medir la amplitud del voltaje de salida.

Vo = _____

4.- Editar el archivo para modificar la amplitud de Vin a 0.32 o un valor cercano con el propósito de determinar la máxima oscilación posible del voltaje de salida. Repita los pasos 2 y 3.

Vo = _____

2.- Explique el porqué de la pequeña diferencia entre la ICQ de diseño y la ICQ real.

- 1. Osciloscopio
- 1. Microcomputador 386
- 3.- Con las mediciones realizadas en el paso 2 del procedimiento, determine la ganancia del amplificador.
- 1. Generador de funciones
- 1. Transistor 2N3904
- 1. Resistencia de 22KΩ, 1/4W
- 1. Resistencia de 120KΩ, 1/4W
- 2. Resistencia de 10KΩ, 1/4W
- 4.- Efectúe una comparación entre el valor teórico y práctico del voltaje máximo de salida.
- 1. Resistencia de 15KΩ, 1/4W
- 2. Capacitor de 47μF, 50V
- 1. Capacitor de 100μF, 50V

5.- Determine la ganancia de voltaje con los resultados obtenidos en los pasos 2 y 3 de la simulación.

6.- Compare los valores teórico y práctico de la simulación del voltaje máximo de oscilación en la salida.

VII.- REPORTE.

1.- Con las mediciones realizadas en el paso 2 del procedimiento determinar indirectamente:

ICQ = _____
 VCEQ = _____

2.- Explique el porqué de la pequeña diferencia entre la ICQ de diseño y la ICQ:

3.- Con las mediciones realizadas en el paso 5 del procedimiento, determine la ganancia del amplificador:

4.- Efectúe una comparación entre el valor teórico y práctico del voltaje máximo de salida. Revise la sección de teoría preliminar y el resultado del paso 7 del procedimiento.

5.- Determine la ganancia de voltaje con los resultados obtenidos en los pasos 2 y 3 de la simulación.

6.- Compare los valores teórico y práctico de la simulación del voltaje máximo de oscilación en la salida.

```
VIN 1 0 SIN(0 1.5K)
VCC 3 0 12V
VBE 0 4 12V
Q1 5 2 4 2N3904
RC 3 3 10K
RE2 7 4 10K
END
```

2.- Observar en el graficador de alta resolución, la forma de onda de los voltajes de entrada y de salida.

Adj-Trace 10*V(1) V(8)

3.- Use las facilidades del graficador para medir la amplitud del voltaje de salida.

Vo = _____

EXP108

IV.- TEORIA PRELIMINAR

DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR EMISOR COMUN

I.- OBJETIVOS.

- Diseñar un amplificador EC; medir los parámetros de funcionamiento del amplificador.

II.- LISTA DE MATERIAL Y EQUIPO.

- 1 Osciloscopio
- 1 Microcomputadora 386
- 1 Fuente de poder
- 1 Generador de funciones
- 1 Transistor 2N3904
- 1 Resistencia de 22KΩ, ½W
- 1 Resistencia 120KΩ, ½W
- 2 Resistencias 10KΩ, ½W
- 1 Resistencia 1.2KΩ, ½W
- 1 Resistencia 330Ω, ½W
- 2 Capacitores de 47µf, 50V
- 1 Capacitor 100µf, 50V

$ICQ = 12 / (5 + RE1 + 10 + RE)$
 $RE = 1.2 / ICQ$

PASO 3.- Valores de ICQ, RE Y RE1

Se determinan resolviendo las ultimas tres ecuaciones del paso anterior:

$ICQ = 0.599mA$
 $RE = 1.72KΩ$
 $RE1 = 0.363KΩ$ Seleccionar 330Ω
 $RE2 = 1.72 - 363 = 1.357KΩ$ Seleccionar 1.2KΩ

PASO 4.- Calcular RB

$RB = \beta RE / 10$
 $RB = 17.2KΩ$

PASO 5.- Calcular el voltaje de Thevenin VBB

$VBB = ICQ * RB / \beta + VBE + ICQRE$
 $VBB = 1.82V$

PASO 6.- Calcular las resistencias R1 Y R2

$R1 = VCC * RB / (VCC - VBB)$
 $R1 = 20.17KΩ$ Seleccionar 22KΩ