

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Departamento de Ingeniería Electrónica

IC 313 - Materiales y Dispositivos Electrónicos

Práctico Laboratorio: 18-25 -[IC 313] – Transistor BJT - CA

Palabras claves: transistor, BJT, Polarización,

punto de trabajo, punto de trabajo, Punto Q, Zona activa.

**Objetivos:**

Estudiar el transistor bipolar como amplificador de estado sólido, en la zona activa como amplificador de corriente alterna.

Polarizar el transistor en distintos puntos de funcionamiento por distintos métodos.

Análisis teórico y práctico de la polarización y estabilización térmica de transistores bipolares.

Comparar las deducciones teóricas de polarización, los criterios prácticos de cálculos con las simulaciones y experiencias de laboratorio, en circuitos con transistores polarizados.

**Introducción:**

Polarizar un transistor bipolar de juntura (BJT) significa fijar las tensiones y las corrientes de modo que tomen un determinado valor, al cual le corresponde en el plano de las características un punto  $Q$  bien definido, denominado punto "de reposo" o "de trabajo" del circuito.

La red de polarización consta de un conjunto de elementos circuitales a situarse en torno al dispositivo activo para asegurar que el funcionamiento de este último se realice en el punto de reposo deseado. El punto de trabajo  $Q$  deseado, puede situarse en cualquiera de las zonas de trabajo del transistor (corte, activa o saturación), Fig. 1. Cuando el transistor se polariza en la zona activa o lineal, el BJT trabaja como amplificador lineal, debe evitarse que durante su operación alcance las zonas de corte o de saturación. Para una configuración en emisor común (EC) del BJT, que trabaja como interruptor (en conmutación), generalmente se utilizan dos fuentes de alimentación, una en la malla de entrada o de mando  $V_{BB}$  y otra en la malla de salida  $V_{CC}$ .

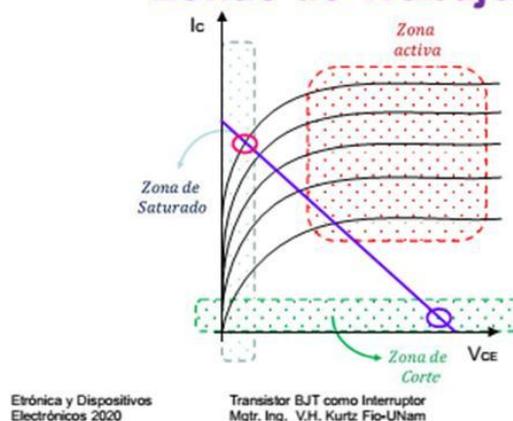
Cuando el BJT debe trabajar en la zona activa puede sustituirse  $V_{BB}$  por una única fuente  $V_{CC}$ , polarizando nuevamente la malla de entrada al punto  $Q$  deseado. Una de las aplicaciones del BJT en la zona lineal es como amplificador en CA y uno de sus objetivos es obtener la máxima señal de salida sin distorsión apreciable, comúnmente llamada máxima excursión simétrica (MES).

**Tarea obligatoria:**

Ver las presentaciones animadas: **20 Transistor EC con fuente única (Egral21)**, **21 Transistor (amplif de Alterna) VHK (Egen21)** y comprenderlas.

**Mirar los videos explicativos: a) Principio de Amplificación con Transistores Bipolares y b) Polarización de transistores por Divisor de Tensión.**

### Recta de Carga del Transistor Zonas de Trabajo



Electrónica y Dispositivos  
Electrónicos 2020

Transistor BJT como Interruptor  
Mgtr. Ing. V.H. Kurtz Fio-UNam

9

Fig. 1: Zonas de trabajo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Departamento de Ingeniería Electrónica

IC 313 - Materiales y Dispositivos Electrónicos

Práctico Laboratorio: 18-25 -[IC 313] – Transistor BJT - CA

Palabras claves: transistor, BJT, Polarización,

punto de trabajo, punto de trabajo, Punto Q, Zona activa.

Consultar el capítulo 4 del libro **BOYLESTAD**, material que será necesario para comprender y resolver las actividades

También se recomienda como material de repaso el video anterior (**TRANSISTOR BJT: RECTA DE CARGA Y PUNTO DE OPERACIÓN**) y como material alternativo el capítulo 4 y 5 del libro FLOYD.

### Complemento teórico:

[2] BOYLESTAD - *Electrónica-Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos-10ma-edición.*

[1] FLOYD - *Dispositivos Electrónicos - 8va ed.*

### Definiciones:

**Punto Q:** Punto de reposo, punto de trabajo o "Punto de trabajo del amplificador en DC (corriente continua)" [2].

**Zona activa u Operación lineal:** "La región a lo largo de la recta de carga que incluye todos los puntos entre los estados de saturación y corte en general se conoce como región lineal de la operación del transistor. En tanto el transistor opere en esta región, el voltaje de salida es idealmente una reproducción lineal de la entrada" [1].

**Distorsión de la forma de onda:** Apartamiento de la forma de onda original obtenida a la salida de un circuito amplificador.

**Máxima Excursión simétrica MES:** máximo valor de la tensión pico a pico (Vpp) que puede obtenerse a la salida del amplificador sin distorsión.

### Consideraciones prácticas para el cálculo:

Tensión base emisor: se puede obtener de la hoja de datos o considerar  $U_{BE} \approx 0,7V$

La ganancia:  $h_{FE} = \beta$ , es conveniente obtenerla de la hoja de datos, y tomar su valor **Típico**, cuando el transistor se polariza en la zona activa o lineal, el BJT trabaja como amplificador lineal, se puede utilizar el valor obtenido por ensayo.

La ganancia:  $h_{FE} = \beta$ , es conveniente obtenerla de la hoja de datos, y tomar su valor **Mínimo** para asegurar la saturación, cuando el BJT trabaja como interruptor (zona de corte y zona de saturación).

La corriente de colector  $I_C \approx I_E$ , despreciando  $I_B$ . Excepto en la polarización por realimentación de colector.

La potencia de colector  $P_C \approx U_{CE} \cdot I_C$ , despreciando  $P_B$ .

Se desprecia la resistencia entre colector y emisor en corte  $I_{CE0} = 0$ .

Cuando el BJT maneja cargas inductivas debe tener protección a sobretensiones transitorias.

Se considera que un BJT de baja potencia está saturado cuando la  $U_{CEsat.} \leq U_{BEsat.}$

Aplicar los factores de seguridad correspondientes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Departamento de Ingeniería Electrónica

IC 313 - Materiales y Dispositivos Electrónicos

Práctico Laboratorio: 18-25 -[IC 313] – Transistor BJT - CA  
punto de trabajo, punto de trabajo, Punto Q, Zona activa.

Palabras claves: transistor, BJT, Polarización,

**Actividad: Teóricos – Prácticos - de Laboratorio****Polarización fija**

1. Utilizando un transistor bipolar (BJT) BC548B en configuración emisor común, con polarización fija y sin estabilización térmica (sin RE). Se lo pretende utilizar como amplificador en señales de alterna (p. ej. amplificador de audio frecuencias). Se pide:

1.1. Dibujar el circuito correspondiente, conforme a lo visto en clase teórica (Manuscrito).

1.2. Calcular los valores teóricos de los componentes para que un punto Q de trabajo estático del transistor sea  $V_{CEQ}$  para MES,  $I_{CQ}=20\text{ mA}$ , para una alimentación única  $V_{CC}=20\text{ V}$ . Para los cálculos el parámetro  $\beta$  obtenerlo de la hoja de datos del AVM ( $\beta\sim h_{fe}$ )

1.3. Graficar la recta de Carga con sus valores característicos teóricos. Indicar el punto  $Q_{te}$  de trabajo. Indicar sobre la gráfica la MES ideal y estimar la MES real teniendo en cuenta las Zonas de corte y saturación. ¿Cuál es la MES ideal?

1.4. Calcular la potencia disipada por el transistor en el punto Q.

1.5. Adoptar valores comerciales de la serie E12

2. Ídem anterior con BJT BC338, fuente única  $V_{CC}=12\text{ V}$ ,  $I_{CQ}=50\text{ mA}$ .

3. Utilizando un transistor bipolar (BJT) BC548B en configuración emisor común, con polarización fija y estabilización térmica (con RE). Se lo pretende utilizar como amplificador en señales de alterna (p. ej. amplificador de audio frecuencias). Se pide:

3.1. Dibujar el circuito correspondiente, conforme a lo visto en clase teórica (manuscrito).

3.2. Calcular los valores teóricos de los componentes para que un punto Q de trabajo estático del transistor sea  $V_{CEQ}$  para MES,  $I_{CQ}=20\text{ mA}$ , para una alimentación única  $V_{CC}=20\text{ V}$ . Para los cálculos el parámetro  $\beta$  obtenerlo de la hoja de datos del AVM ( $\beta\sim h_{fe}$ )

3.3. Graficar la recta de Carga con sus valores característicos teóricos. Indicar el punto  $Q_{te}$  de trabajo. Indicar sobre la gráfica la MES ideal y estimar la MES real teniendo en cuenta las Zonas de corte y saturación. ¿Cuál es la MES ideal?

3.4. Calcular la potencia disipada por el transistor en el punto Q.

3.5. Adoptar valores comerciales de la serie E12

**Polarización por divisor de tensión - Polarización Universal**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Departamento de Ingeniería Electrónica

IC 313 - Materiales y Dispositivos Electrónicos

Práctico Laboratorio: 18-25 -[IC 313] – Transistor BJT - CA

Palabras claves: transistor, BJT, Polarización,

punto de trabajo, punto de trabajo, Punto Q, Zona activa.

4. Utilizando un transistor bipolar (BJT) BC548B en configuración emisor común, con polarización por divisor de tensión (Polarización Universal) y sin estabilización térmica por realimentación de emisor, se pide:

4.1. Dibujar el circuito correspondiente, conforme a lo visto en clase teórica (manuscrito).

4.2. A partir del circuito correspondiente, calcular los valores teóricos de los componentes para que el punto  $Q$  de trabajo estático del transistor sea  $V_{CEQ}$  para MES,  $I_{CQ}=10mA$ , para una alimentación con fuente única  $V_{CC}=20V$ , aplicando el criterio de divisor ideal (1° aproximación).

4.3. Calcular los valores teóricos de los componentes para que el punto  $Q$  de trabajo estático del transistor sea  $V_{CEQ}$  para MES,  $I_{CQ}=10mA$ , para una alimentación  $V_{CC}=20V$ .  $V_{BB}=12V$ , Aplicar el criterio de divisor ideal (1° aproximación).

4.5. Adoptar valores comerciales de la serie E12.

5. Dibujar el circuito correspondiente, conforme a lo visto en clase teórica (manuscrito), para una polarización universal con compensación térmica (con RE).

### Actividad de laboratorio

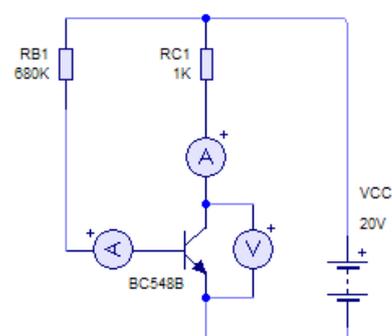
6. obtener la ganancia estática de corriente  $\beta$  de un BJT BC548B, por ensayo de laboratorio (simulación)

6.1. Implementar en el simulador el circuito de la figura

6.2. Correr la simulación.

6.3. A partir de las lecturas de los instrumentos obtener por cálculo el parámetro del BJT.

6.4. Comparar el dato obtenido con el ensayo, con los de la hoja de datos del BJT del AVM



7. Simular el circuito obtenido en el punto 1. con los valores comerciales adoptados.

7.1. Implementar el circuito en el simulador.

7.2. Correr la simulación y obtener  $V_{CEQ}$  e  $I_{CQ}$ .

7.3. Conectar un capacitor de acoplo de corriente alterna a la base del circuito.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Departamento de Ingeniería Electrónica

IC 313 - Materiales y Dispositivos Electrónicos

Práctico Laboratorio: 18-25 -[IC 313] – Transistor BJT - CA  
punto de trabajo, punto de trabajo, Punto Q, Zona activa.

Palabras claves: transistor, BJT, Polarización,

---

7.4. Conectar a la entrada del circuito un generador de corriente alterna senoidal de 1kHz.

7.5. Ajustar la base de tiempo del simulador para 1kHz.

7.6. Conectar un osciloscopio en la señal de entrada y otro en la señal de salida.

7.7. Aumentar paulatinamente la señal de entrada hasta obtener la MES.

7.8. Obtener la ganancia del circuito  $G_U$ .

8. Ídem 7. Para el punto 3.