



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES

LABORATORIO DE ELEMENTOS ACTIVOS

Experimento 8: Curvas características de componentes de tres terminales (transistores), caso BJT

Estudiantes:

Arturo CHINCHILLA S.
Gustavo SEGURA U.

Profesor:

Ing. José DÍAZ

8 de marzo de 2019

Índice

1. Introducción	2
1.1. Configuraciones para el transistor BJT	2
1.2. Curva característica de la salida Colector - Emisor	2
1.3. Circuito de medición	2
1.3.1. Función de la resistencia R_M	2
1.3.2. Función del diodo D1	2
1.4. Resistencias internas del diodo Base - Emisor	2
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Equipo y materiales	3
4. Mediciones y tablas	3
4.0.1. Curvas del Transistor	4
5. Análisis de resultados	5
5.1. Cálculo de resistencia estática:	5
5.2. Cálculo de resistencia dinámica:	5
5.3. Cálculo de ganancia de corriente estática:	5
5.4. Cálculo de resistencia estática colector-emisor:	5
5.5. Dependencia de los parámetros del transistor con respecto a la temperatura	5
5.6. Modelos del BJT para pequeña señal.	6
5.6.1. Modelo de dos puertos	6
5.6.2. Modelo r_e	7
5.6.3. Modelo π	7
6. Conclusiones	7
7. Recomendaciones	7
8. Apéndices y anexos	8

Índice de figuras

1. Curva característica de un transistor BJT NPN	2
2. Curva BJT para $V_{CE}=0V$	4
3. Curva BJT para $V_{CE}=2V$	4
4. Curva BJT para $V_{CE}=5V$	5
5. Parámetros h	6
6. BJT en emisor común	6
7. Modelo BJT de parámetros h	6
8. Modelo BJT r_e	7
9. Modelo BJT π	7
10. Circuito de medición	8

Índice de cuadros

1. TablaMateriales	3
2. Valores reales de la resistencias utilizadas	3

1. Introducción

1.1. Configuraciones para el transistor BJT

- Emisor común: Terminal del emisor conectada a tierra
- Base común: Terminal de la base conectada a tierra
- Colector común: Terminal del colector conectada a tierra

1.2. Curva característica de la salida Colector - Emisor

Esta determina las regiones de funcionamiento del transistor. Sus ejes son:

- V_{CE}
- I_C

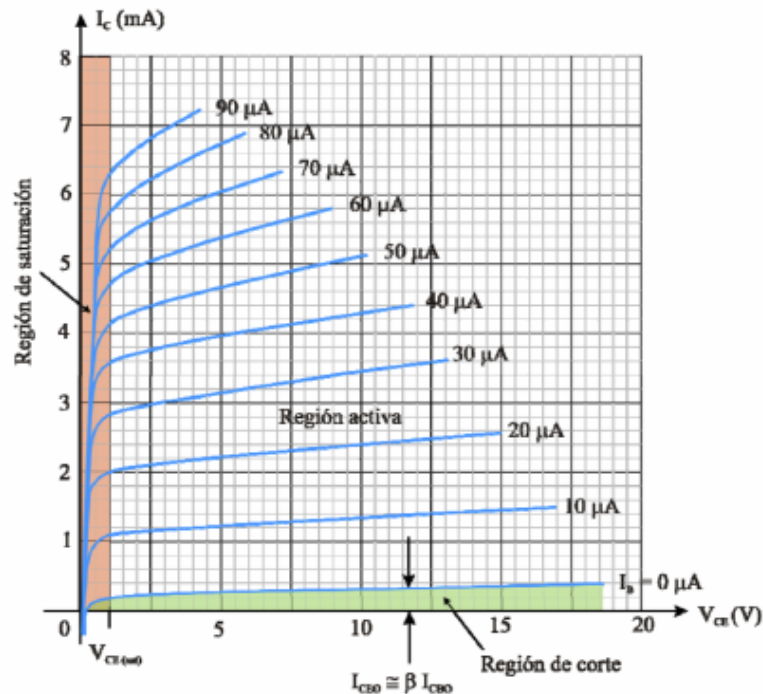


Figura 1: Curva característica de un transistor BJT NPN

1.3. Circuito de medición

1.3.1. Función de la resistencia RM

Protege al diodo de un exceso de corriente en la base, en este se da una caída de tensión correspondiente a la resta de V_{BE} al voltaje de la fuente.

1.3.2. Función del diodo D1

Al limitar el paso de la corriente en dirección opuesta a la del colector, evita que el transistor pierda su polarización.

1.4. Resistencias internas del diodo Base - Emisor

- Resistencia estática: Se define como la razón entre V_{BE} e I_B en un momento determinado
- Resistencia dinámica: Está definida como el inverso de la derivada de la corriente respecto al voltaje en el punto de operación.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Al finalizar el experimento y su análisis, el estudiante estará en capacidad de obtener las curvas características de salida de transistores bipolares (BJT) y sus parámetros más importantes.

2.2. Objetivos Específicos

1. Obtener las curvas características del transistor BJT.
2. Explicar el funcionamiento del transistor BJT.
3. Determinar los parámetros más importantes del transistor BJT a partir de sus curvas características en emisor común.
4. Representar transistores BJT mediante modelos adecuados para el análisis de circuitos.

3. Equipo y materiales

Cuadro 1: Tabla Materiales

Cantidad	Componente
1	Generador de señales
1	Osciloscopio de Rayos catódicos (ORC)
1	Aislador de tierras (tapón aislador)
1	Multímetro digital
	Regleta de cables
1	Placa para prototipos
	alambre aislado 26/24AWG, alicates de punta, cortadora de cable
1	resistencias de 100 Ω , 19k Ω y 100k Ω
1	Transistor BJT 2N3904 / KN2904 o equivalente
1	Diodo rectificador de Si 1N4001

4. Mediciones y tablas

Cuadro 2: Valores reales de la resistencias utilizadas

Valor teórico (Ω)	Valor real (Ω)
100	100
10k	9.77K
100k	98.5K

4.0.1. Curvas del Transistor

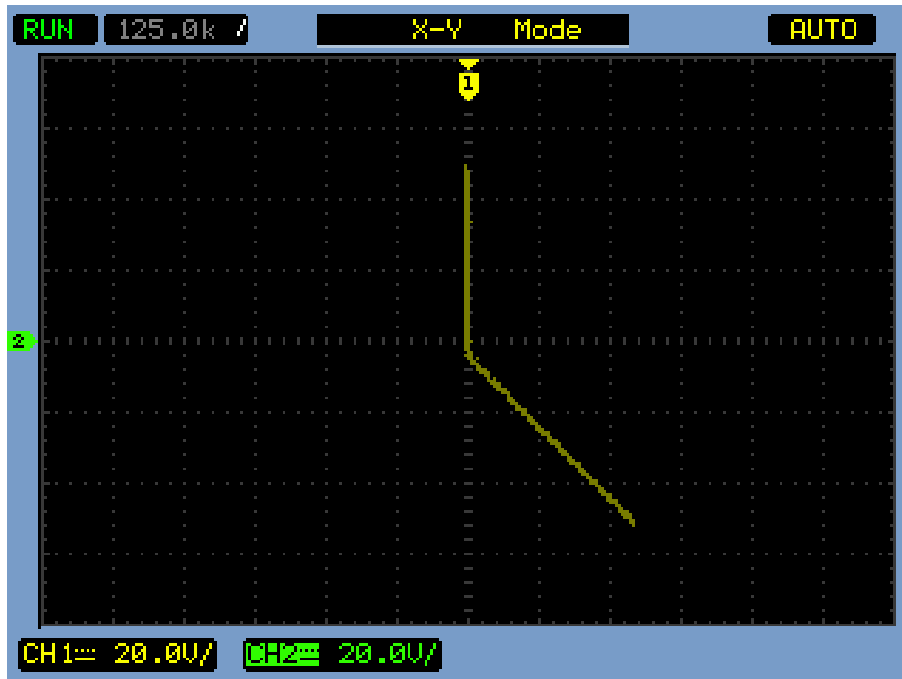


Figura 2: Curva BJT para $V_{CE}=0V$

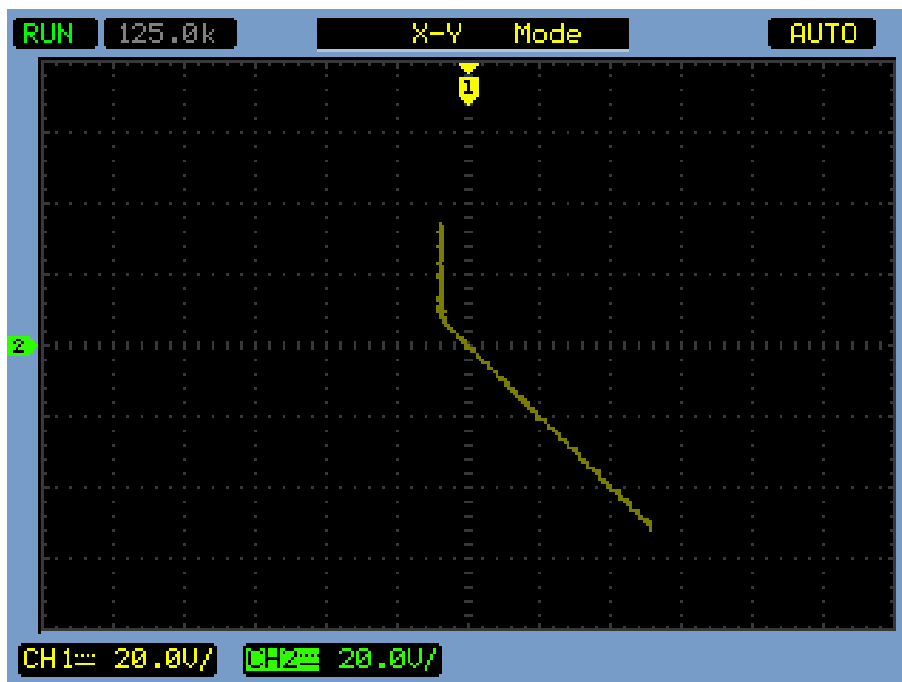


Figura 3: Curva BJT para $V_{CE}=2V$

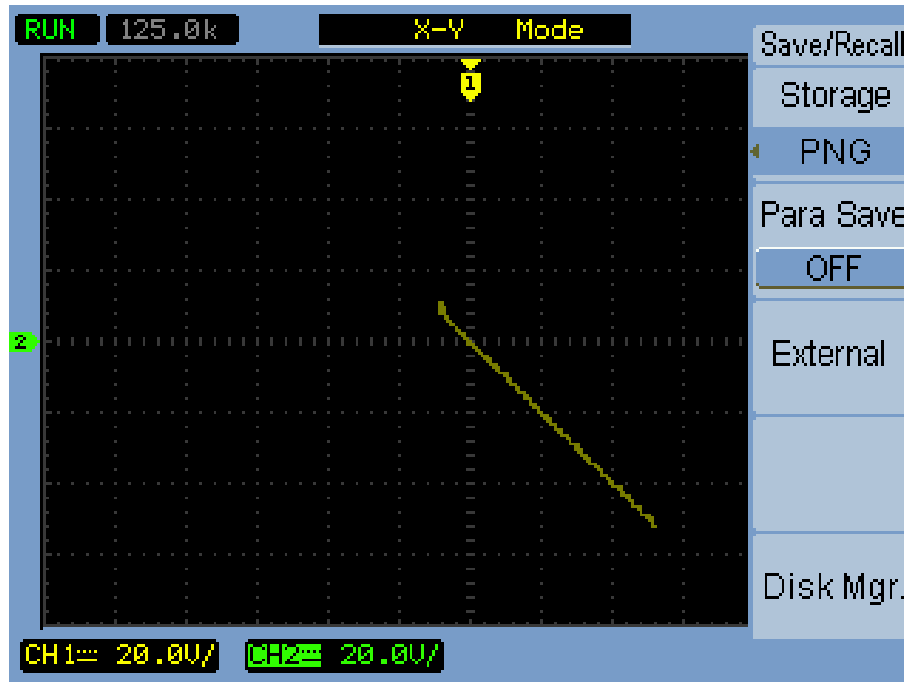


Figura 4: Curva BJT para $V_{CE}=5V$

5. Análisis de resultados

Para el punto de operación (PO) $I_B = 200\mu A$ y $U_{CE} = 2V$.

5.1. Cálculo de resistencia estática:

$$\begin{aligned} R_{BE} &= U_{BE}/I_B \\ R_{BE} &= 0,7V/200\mu A \\ R_{BE} &= 3,5k\Omega \end{aligned}$$

5.2. Cálculo de resistencia dinámica:

$$r_{BE} = \Delta U_{BE} / \Delta I_B \quad r_{BE} = 2\mu A / 200\mu A \quad r_{BE} = 2\mu A / 200\mu A$$

5.3. Cálculo de ganancia de corriente estática:

$$\begin{aligned} hfe(\beta) &= 200\mu A / 2\mu A \\ hfe(\beta) &= 100 \end{aligned}$$

5.4. Cálculo de resistencia estática colector-emisor:

$$\begin{aligned} R_{CE} &= U_{CE}/I_C \\ R_{CE} &= 2V/200\mu A \\ R_{CE} &= 10k\Omega \end{aligned}$$

5.5. Dependencia de los parámetros del transistor con respecto a la temperatura

Con respecto a la temperatura, los parámetros del transistor se pueden ver afectados. Por ejemplo, la disminución de la resistividad debido al aumento de este valor, ya que la misma es dependiente de la temperatura [2]. Las características que se ven afectadas de manera más importante son: la tensión base-emisor (disminuye al aumentar la temperatura), y la corriente inversa de la unión colector-base (El valor de este parámetro se duplica aproximadamente por cada 10 grados de incremento de la temperatura) [3].

5.6. Modelos del BJT para pequeña señal.

5.6.1. Modelo de dos puertos

Es considerada una red de dos puertos, con variables independientes la corriente de entrada y el voltaje de salida, de acuerdo con la ecuaciones 1 y 2 que representan la red de la figura 5.

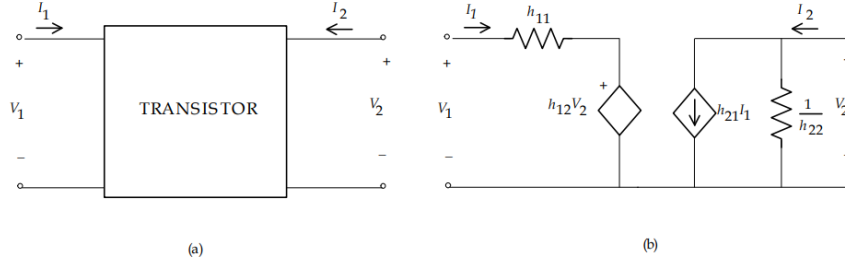


Figura 5: (a) Red de dos puertos. (b) Parámetros h

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \quad (1)$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \quad (2)$$

De acuerdo con lo anterior, se considera el transistor BJT en emisor común (Figura 6) en parámetros h como el mostrado en la Figura

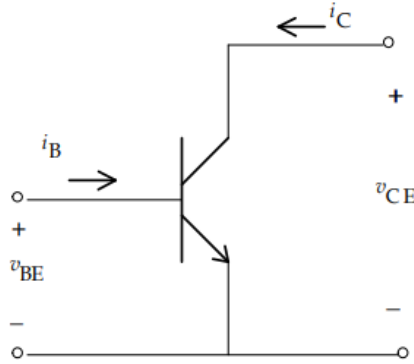


Figura 6: BJT en emisor común

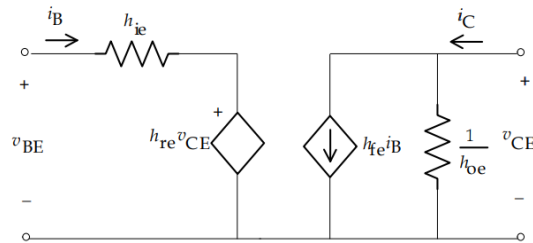


Figura 7: Modelo BJT de parámetros h

5.6.2. Modelo r_e

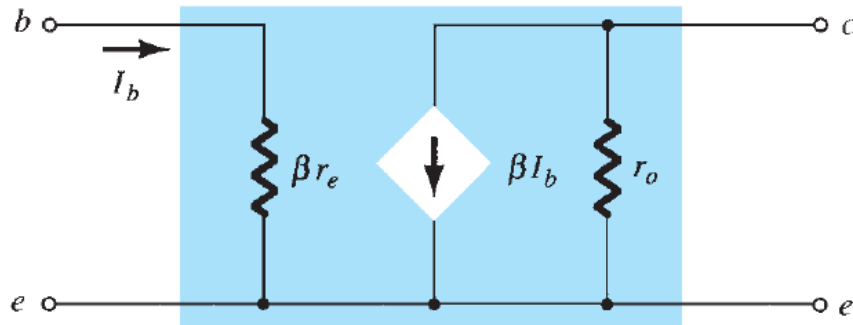


Figura 8: Modelo r_e para el transistor BJT

5.6.3. Modelo π

según [1], este modelo incluye parámetros que no aparecen en los otros dos modelos, ante todo para proporcionar un modelo más preciso de los efectos de alta frecuencia. Para frecuencias más bajas pueden efectuarse las aproximaciones con los resultados del modelo r_e previamente presentado.

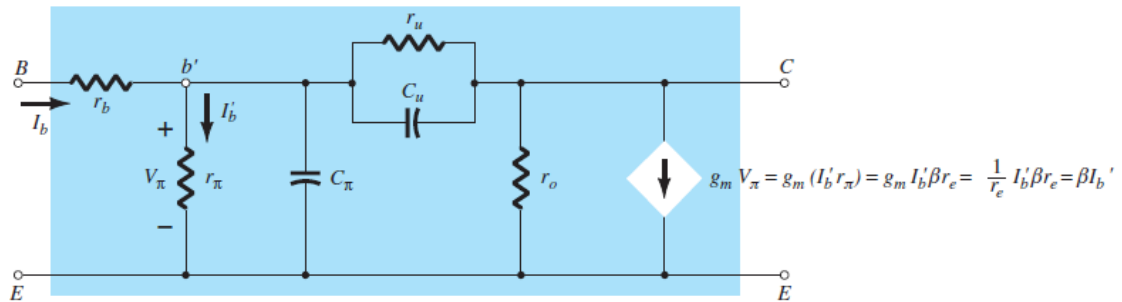


Figura 9: Circuito equivalente de ca de señal pequeña de transistor Giaccolito (o π híbrido) de alta frecuencia

6. Conclusiones

Fue posible determinar las zonas de operación y valores característicos del transistor utilizado. Comparando ademas su comportamiento con los modelos de pequeña señal.

7. Recomendaciones

- Al querer obtener la curva característica de un componente, es necesario utilizar valores de voltaje que nos permitan apreciar sus diferentes zonas de operación.
- La temperatura es un factor relevante en el funcionamiento de estos componentes, es importante tomarla en cuenta durante la etapa de diseño en caso de que el sistema sea expuesto a temperaturas extremas.

8. Apéndices y anexos

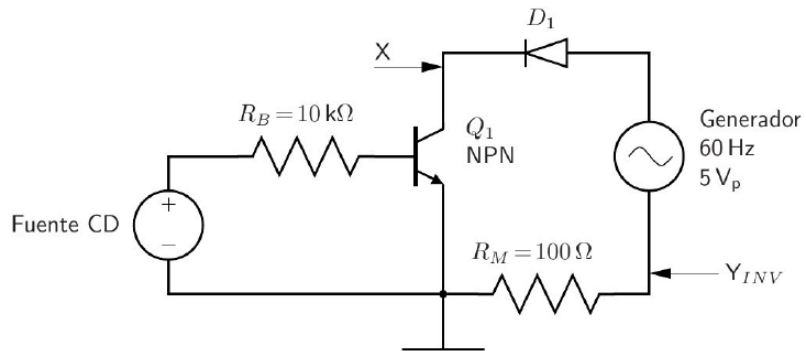


Figura 10: Circuito de medición

Referencias

- [1] R. Boylestad, L. Nashelsky, R. Navarro and F. Rodríguez *Electrónica*. México: Pearson Prentice Hall, 2009.
- [2] R. Serway and J. Faughn, *Física*. México DF, México: Pearson educación, 2001.
- [3] M. A. Domínguez. (2011, Enero 18). *Tema 6 estabilidad en el punto de trabajo*. [Online]. Available: <http://mdgomez.webs.uvigo.es/DEI/Guias/tema6.pdf>