



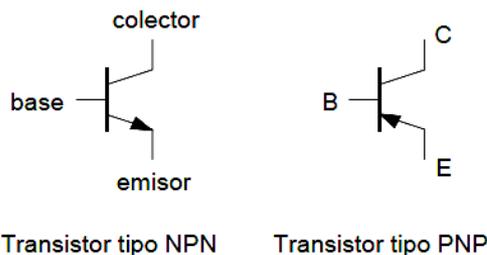
TRABAJO PRÁCTICO Nº 6

EL TRANSISTOR BIPOLAR – CURVAS CARACTERÍSTICAS

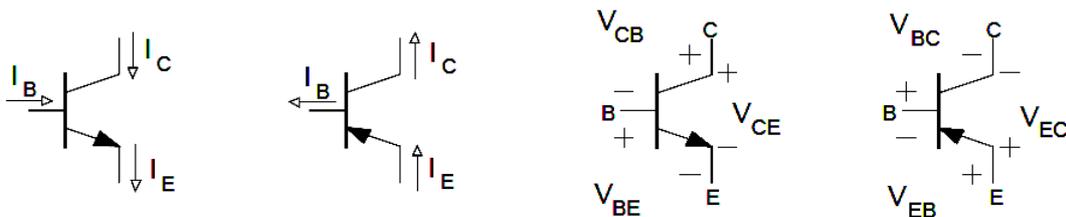
1) Introducción Teórica

a) Generalidades

El transistor bipolar es un dispositivo de tres terminales (*emisor, base y colector*), que, atendiendo a su fabricación, puede ser de dos tipos: NPN y PNP. En la figura siguiente, se encuentran los símbolos de circuito y nomenclatura de sus terminales. La forma de distinguir un transistor de tipo NPN de un PNP es observando la flecha del terminal de emisor. En un NPN esta flecha apunta hacia fuera del transistor; en un PNP la flecha apunta hacia dentro. Además, en funcionamiento normal, dicha flecha indica el sentido de la corriente que circula por el emisor del transistor.

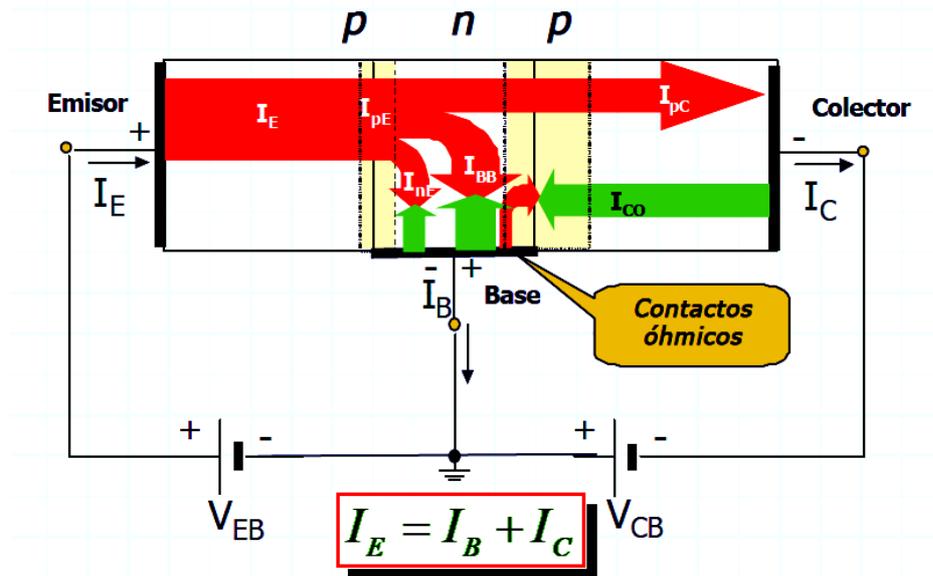


A continuación, se definen corrientes y tensiones en el transistor.



b) Efecto Transistor

El transistor es un dispositivo cuya resistencia interna puede variar en función de la señal de entrada. Esta variación de resistencia provoca que sea capaz de regular la corriente que circula por el circuito al que está conectado. (**Transfer Resistor**).



Como puede observarse en la figura anterior, para este transistor, se tiene una juntura (*base-emisor*) polarizada en directa, y una juntura (*colector-base*) polarizada en inversa. Debido a esto, el emisor inyectará huecos al material N de la base; la mayor parte de éstos la atraviesan debido a que es muy delgada), también atraviesan la juntura colector base y finalmente llegan al colector que está polarizado en forma inversa. Una pequeña porción de estos huecos se recombinan en la base, la que entrega al emisor una cantidad igual de electrones. La corriente que llega al colector depende casi exclusivamente de la corriente de emisor, son de esta manera prácticamente iguales; siendo la constante que las iguala α o h_{FB} .

Otra corriente que llega al colector, (aunque muy pequeña) es la corriente de saturación inversa de la juntura *colector-base*, cuando el emisor está abierto y se denomina I_{CBO} , equivalente a la I_S del diodo.

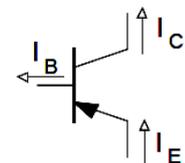
Con la suma de estas dos corrientes, podemos lograr la corriente de colector, en esta forma de polarizar al transistor (base común).

$$I_C = \alpha \cdot I_E + I_{CBO} \quad (1)$$

Si aplicamos Kirchhoff: $I_E = I_B + I_C \quad (2)$

Operando matemáticamente:

$$I_C = \alpha \cdot (I_B + I_C) + I_{CBO} \rightarrow I_C = \alpha \cdot I_B + \alpha \cdot I_C + I_{CBO}$$



Agrupando:

$$I_C - \alpha \cdot I_C = \alpha \cdot I_B + I_{CBO} \rightarrow I_C(1 - \alpha) = \alpha \cdot I_B + I_{CBO}$$

Finalmente:

$$I_C = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \cdot I_B + \frac{1}{(1-\alpha)} I_{CBO} \quad \beta = h_{FE} = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \quad \text{y} \quad \frac{1}{(1-\alpha)} = \beta + 1$$



Tenemos entonces:

$$I_c = \beta \cdot I_B + I_{CBO} \cdot (\beta + 1) \quad (3)$$

Las ecuaciones (1) y (3), muestran el funcionamiento del transistor en dos configuraciones distintas. El primer caso, se denomina *base común* ya que el parámetro de entrada es la I_E y el de salida es la I_C , siendo entonces la base del transistor el terminal común a las dos mallas.

La segunda muestra el funcionamiento del transistor en la disposición *emisor común*, ya que en este sentido el parámetro de entrada es la corriente de base y el de salida es la corriente de colector.

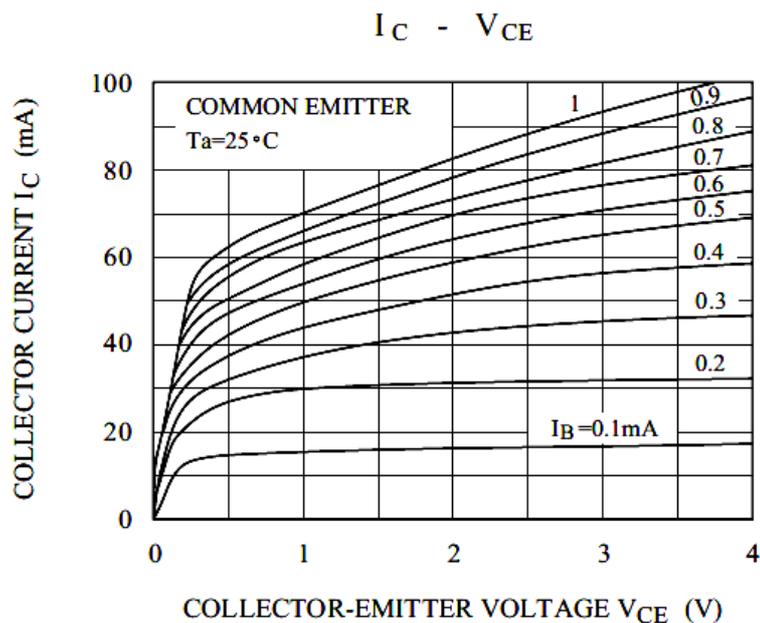
Es importante comparar α con β

α : se denomina ganancia estática de corriente en base común y es un parámetro que varía con la construcción del transistor, oscilando su valor entre 0,90 y 0,99.

β : se denomina ganancia estática de corriente en emisor común, si $\alpha=0,99$, tendremos entonces $\beta = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} = \frac{0,99}{(1-0,99)} = \frac{0,99}{0,01} = 99$

c) Datos de un transistor

Los transistores se diseñan con características específicas para responder a ciertas necesidades de aplicación. El fabricante proporciona hojas de especificaciones para estas características. Los datos se presentan en forma de tabla y en forma gráfica. Es importante entender estas tablas y gráficas. A continuación se presenta la gráfica de las curvas de salida del transistor 2N3904, propuesto para esta práctica.



KEC - SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



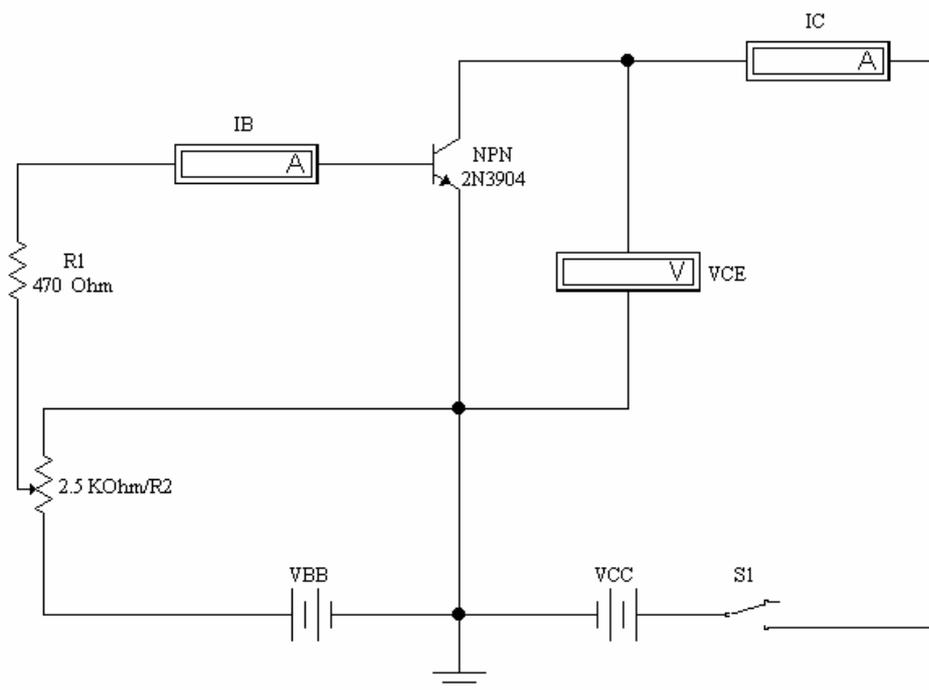
2) Objetivos de la Experiencia

- Familiarizar al alumno con los datos de los manuales de transistores.
- Determinar y graficar la familia de curvas características del colector o curvas de salida (I_C en función de V_{CE} para la configuración Emisor Común).
- Estudiar el principio de funcionamiento del transistor, analizando las curvas características obtenidas.

3) Elementos a utilizar

- 2 Fuentes variables de corriente continua
- 3 Multímetros digitales
- 1 Transistor 2N3904
- 1 Resistencia de $470 \Omega \times \frac{1}{4} W$
- 1 Potenciómetro de $2,5 K\Omega$
- 1 Interruptor

4) Desarrollo de la experiencia



- 4.1. Armar el circuito de la figura anterior. Establecer V_{BB} en 1.4 V y V_{CC} en 0 V; S_1 permanecerá abierto. Determinar R_1 para que V_E sea de 0 V. Los amperímetros I_B e I_C deben estar en la escala mayor de mA, a fin de proteger los medidores. La amplitud se elige después de conectar la alimentación. Revisar las conexiones del circuito antes de conectar la alimentación.
- 4.2. Cerrar S_1 y ajustar R_1 de manera que I_{B1} sea de $10 \mu A$. Ajustar de nuevo R_1 , cuando sea necesario en los pasos 4.3 y 4.4, para mantener $I_{B1} = 10 \mu A$. La lectura del voltímetro deberá ser 0 ($V_{CE} = 0$). Leer el valor de I_C y anotarlo en la tabla.
- 4.3. Poco a poco ajustar V_{CC} por cada valor de V_{CE} que incluye la tabla. Observar el valor de I_C para cada valor de V_{CE} y anotarlo en la tabla.

