

## Laboratorio de Transistores Bipolares

**Duración:** 3 horas.

**Elementos a traer por el alumno:** 1 transistor NPN 2N3904 y un PNP 2N3906,  $R_c = 10\text{ K}\Omega$ ,  $R_b = 390\text{ K}\Omega$ ,  $R_m = 12\text{ K}\Omega$ ,  $C = 10\text{ }\mu\text{F}$  y un potenciómetro de  $50\text{ K}\Omega$  (lineal).

**Objetivo:** El objetivo del laboratorio es que el alumno obtenga las curvas de salida de un transistor bipolar. Además, se busca que entre en contacto con el modelo de pequeña señal y calcule los parámetros de dicho modelo a partir de mediciones experimentales.

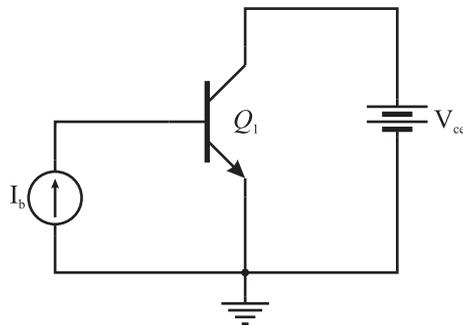
### Ejercicio 1: Curvas Características.

- Utilizando el trazador de curvas, obtenga las curvas de salida  $I_c-V_{ce}$  en directa. Tome los datos necesarios para representar curvas con distintas corrientes de colector teniendo en cuenta  $I_{c_{\text{máx}}} = 5\text{ mA}$ . A partir de estas curvas, estime  $\beta_F$  y  $V_{AF}$  (tensión de Early directa).
- Obtenga también las curvas de salida en inversa. Para esto, intercambie colector y emisor (utilice tensiones  $V_{ce}$  menores que  $3\text{ V}$ ). Estime  $\beta_R$  y  $V_{AR}$ .

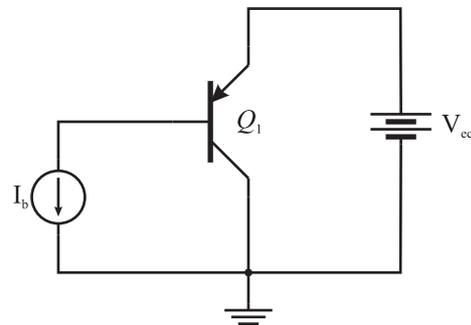
Realice el procedimiento anterior para los transistores NPN y PNP.

Con los datos obtenidos, simule ambos transistores en LTSpice y compare los resultados. Para esto, utilice los circuitos que se muestran a continuación y la definición del modelo del transistor:

.MODEL transistor NPN (VAF=. VAR=. BR=. BF=.)



Transistor NPN



Transistor PNP

### Ejercicio 2: Medición de los parámetros H.

Armar el circuito de que se muestra en la Fig. 1. Antes de comenzar, mida con el multímetro el valor de  $R_c$  y  $R_m$ .

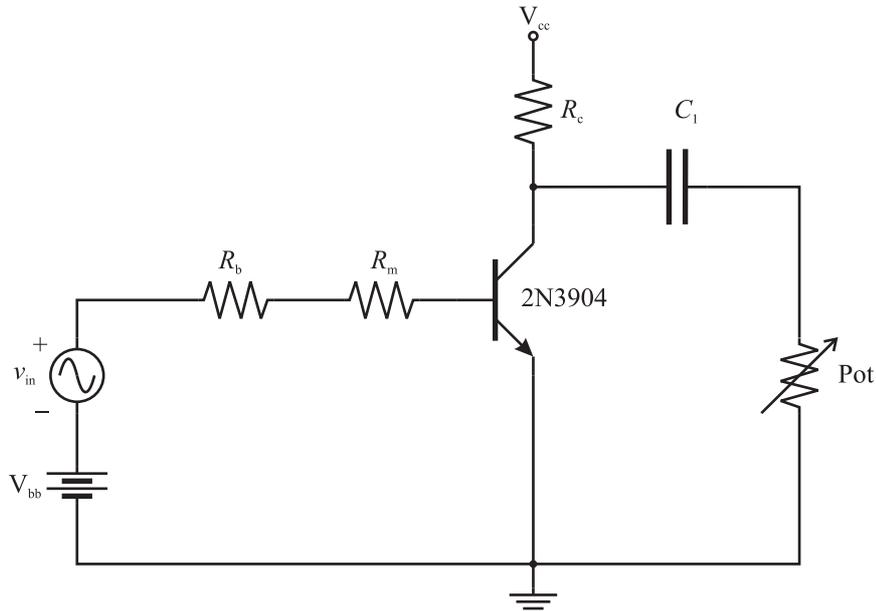
Ajustar  $V_{bb}$  (offset del generador) para obtener  $V_{ceQ} = 10\text{ V}$ . Calcule la corriente  $I_{cQ}$  resultante.

Sobre las curvas obtenidas anteriormente, trazar la recta de carga y marcar el punto de polarización obtenido.

**Medición de  $h_{ie}$ :** En el circuito, sin el capacitor y el potenciómetro de salida, coloque señal de forma que la etapa no recorte a la salida. Mida la corriente  $i_b$  de señal sobre  $R_m$  y la tensión  $v_{be}$ . La impedancia de entrada del transistor es aproximadamente:

$$h_{ie} = \left. \frac{\partial V_{be}}{\partial I_b} \right|_{V_{ce}=V_{ceQ}} \Rightarrow h_{ie} = \frac{v_{be}}{i_b}$$

**Medición de  $h_{oe}$ :** Medir en señal la tensión de salida. Colocar el capacitor y el potenciómetro y ajustar el potenciómetro hasta que la señal a la salida se reduzca a la mitad. Medir con el tester



**Fig. 1:** Circuito para obtener los parámetros H.

el valor del potenciómetro. Despejar el valor de  $h_{oe}$  de la ecuación:

$$R_{pot} = h_{oe}^{-1} // R_c \Rightarrow h_{oe}$$

Comparar con  $\frac{1}{h_{oe}} = \left. \frac{V_A}{I_C} \right|_{I_B = I_{BQ}}$ , calculado a partir de las curvas del Ejercicio 1.

**Medición de  $h_{fe}$ :** Quitando la señal, medir incrementos de  $I_b$  e  $I_c$  en torno a  $I_{CQ}$ . La variación de  $I_c$  no debe exceder el 20% para que  $V_{ce}$  no varíe demasiado.

$$h_{fe} = \left. \frac{\partial I_c}{\partial I_b} \right|_{V_{ce} = V_{ceQ}} \Rightarrow h_{fe} = \frac{\Delta I_c}{\Delta i_b}$$

Comparar todos los valores obtenidos con los datos del fabricante que se encuentran en las hojas de datos de los dispositivos.