

CURSO: SEMICONDUCTORES

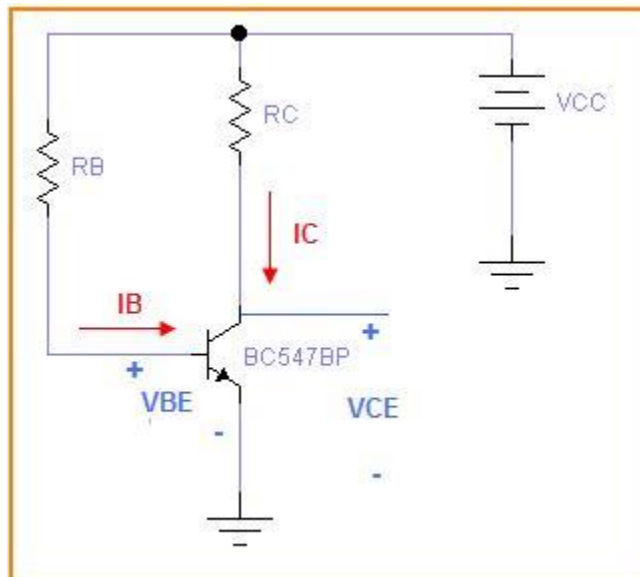
PROFESOR: ING JORGE POLANÍA

UNIDAD 1: POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR- TEORÍA

Hay varias formas de polarizar un transistor, esto es, obtener su punto de operación adecuado (valores de V_{cc} y de I_c). Se tiene la polarización fija, polarización con realimentación de emisor, polarización con realimentación de colector y la autopolarización.

1. POLARIZACIÓN FIJA

La polarización se realiza como se indica en la figura. Fuente de polarización del colector V_{CC} , resistencia de base R_B , resistencia de colector R_C .



Ecuaciones del circuito:

Para encontrar el valor de RC $VCC - VCE = RC * IC$ (1)

Para encontrar el valor de RB $VCC - VBE = RB * IB$ (2)

Generalmente se escoge como polarización $VCE = VCC / 2$

EJEMPLO 1:

Los parámetros de un transistor NPN son:

Para una corriente de colector de 6 mA, $hFE = 100$, $VBE = 0.7V$

Si $VCC = 12V$, entonces se escoge, $VCE = 6V$

si tomamos una corriente de colector de $IC = 6$ mA, tenemos:

de la ecuación (1): $RC = (VCC - VCE) / IC = (12 - 6) / 6 = 1.0 K\Omega$ $RC = 1 K\Omega$

$IB = IC / hFE = 6 / 100 = 0.060$ mA = 60 uA

de la ecuación (2): $RB = (VCC - VBE) / IB = (12 - 0.7) / 0.060 = 188$ K, $RB = 180 K\Omega$

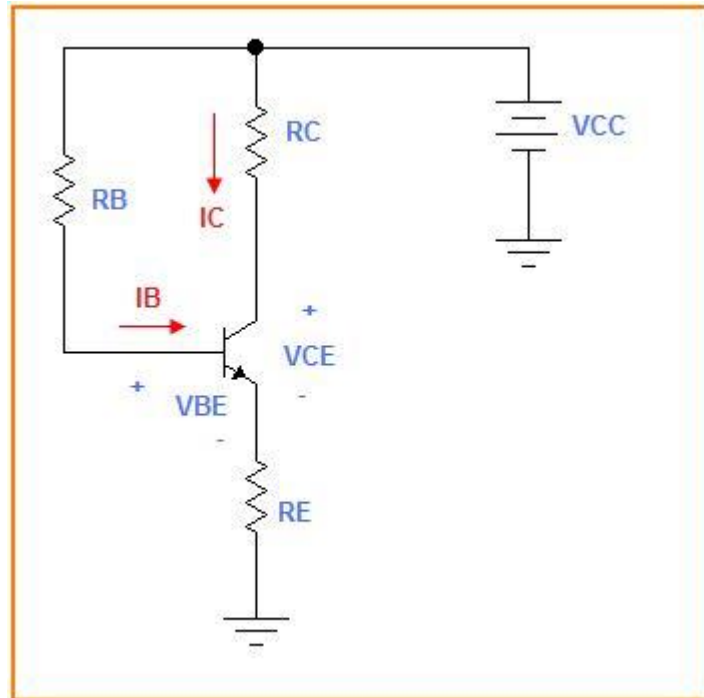
2. POLARIZACIÓN CON REALIMENTACIÓN DE EMISOR

Se adiciona una resistencia en el emisor, para conseguir una polarización que da una excelente estabilidad del punto de operación al cambiar la temperatura. El Factor de estabilidad se nota como S y es aproximadamente igual a:

$$S = RC / RE,$$

generalmente se escoge un valor de estabilidad térmica

$$S = 10$$



Ecuaciones para el análisis (se considera $I_E = I_C$):

$$V_{CC} - V_{CE} = I_C \cdot R_C + I_C \cdot R_E \quad (1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_C \cdot R_E + I_B \cdot R_B \quad (2)$$

EJEMPLO 2:

Para el transistor del ejemplo anterior, se quiere como punto de polarización $V_{CE} = 6V$, $I_C = 6 \text{ mA}$, se plantean las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1:

para un Factor de estabilización $S = 10$,

$$10 = R_C / R_E, \text{ o sea, } R_C = 10 R_E, \text{ despejando, } R_E = 0.1 R_C$$

$$12 - 6 = I_C \cdot (R_C + R_E), \text{ como } I_C = 6 \text{ mA},$$

$$6 = 6 \cdot (R_C + 0.1 R_C) = 6 \cdot 1.1 R_C$$

$$6 = 6.6 R_C, \text{ despejando } R_C = 6 / 6.6 = 0.91 \text{ K}\Omega \quad R_C = 1 \text{ K}\Omega,$$

$$R_E = 0.1 R_C = 0.1 * 1 \text{ K}\Omega = 100 \Omega, R_E = 100 \Omega$$

como $h_{FE} = 100$,

$$I_B = I_C / h_{FE} = 6 / 100 = 0.060 \text{ mA} = 60 \mu\text{A}$$

Ecuación 2:

$$V_{CC} - V_{BE} = I_C R_E + I_B R_B$$

$$12 - 0.7 = 6 * 0.1 \text{ K} + 0.060 R_B = 0.6 + 0.060 R_B$$

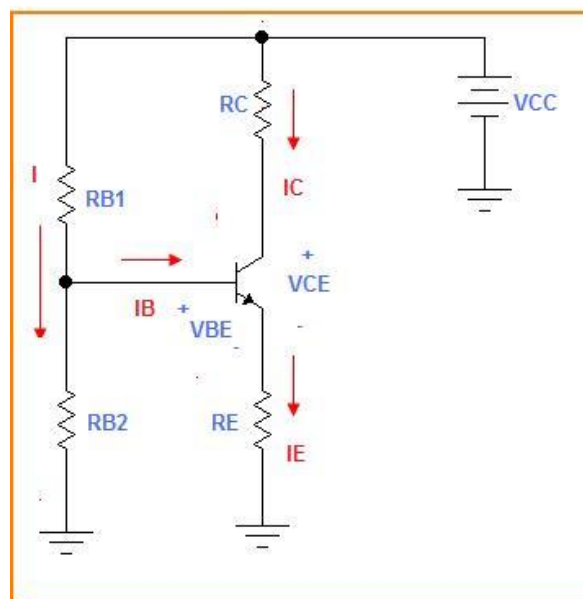
$$11.3 = 0.6 + 0.06 R_B, \text{ o sea, } 11.3 - 0.6 = 0.06 R_B,$$

$$10.7 = 0.06 R_B, \text{ despejando } R_B$$

$$R_B = 10.7 / 0.06 = 178 \text{ K}\Omega, \quad R_B = 180 \text{ K}\Omega$$

3. POLARIZACIÓN POR DIVISIÓN DE VOLTAJE O AUTOPOLARIZACIÓN

Es la polarización más utilizada para fijar la corriente de base requerida, donde el voltaje de base corresponde a la división de voltaje definida por dos resistencias R_{B1} y R_{B2} , como se indica en la figura.



La corriente I que pasa por las resistencias R_{B1} y R_{B2} se escoge de un valor que sea por lo menos 10 veces mayor que la corriente de base I_B , de esta forma que $V_B = I * R_{B2}$

Ecuaciones para el análisis:

Ecuación 1: $V_B = V_{BE} + I_C * R_E$

Ecuación 2: $R_{B2} = V_B / 10 I_B$,

Ecuación 3: $R_{B1} = (V_{CC} - V_B) / (10 I_B + I_B) = (V_{CC} - V_B) / 11 I_B$

EJEMPLO 4:

Tomando valores del ejemplo de polarización del ejemplo anterior:

$R_C = 1 \text{ K}\Omega$, $R_E = 100 \text{ ohm}$, $I_C = 6 \text{ mA}$, $I_B = 0.060 \text{ mA}$

Ecuación 1: $V_B = 0.7 + 6 * 0.1 = 0.7 + 0.6 = 1.3$

Ecuación 2: $R_{B2} = 1.3 / (10 * 0.06) = 1.3 / 0.6 = 2.16 \text{ Kohm}$, $R_{B2} = 2.2 \text{ K}\Omega$

Ecuación 3: $R_{B1} = (12 - 1.3) / (11 * 0.06) = 10.7 / 0.66 = 16 \text{ K}$, $R_{B1} = 15 \text{ K}\Omega$

5. FUENTE DE VOLTAJE

En los circuitos que se han implementado en las unidades anteriores han utilizado como fuente de voltaje de corriente continua una batería que fácilmente se puede descargar con el tiempo. El uso de fuentes de alimentación conectadas directamente a la red de 110V de corriente alterna es lo más indicado. En esta unidad se presentan dos tipos de fuentes, una con elementos discretos y otra con circuito integrado.

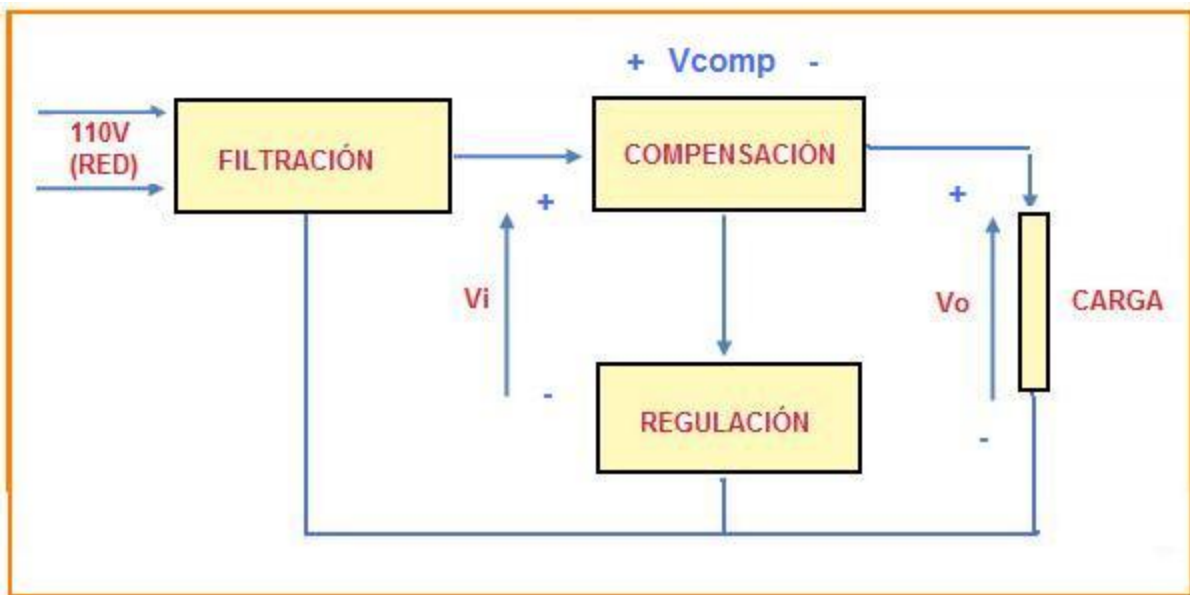
Las fuentes de alimentación tienen los siguientes parámetros:

- Voltaje de entrada
- Voltaje nominal de salida a una corriente determinada
- Corriente nominal de salida
- Regulación, que es la variación del voltaje de salida en porcentaje

$$R (\%) = (V_o \text{ sin carga} - V_o \text{ con carga}) / (V_o \text{ con carga})$$

- Factor de estabilidad, que es la variación del voltaje de salida respecto a la variación del voltaje de entrada

A continuación se presenta la fuente en diagramas en bloque:

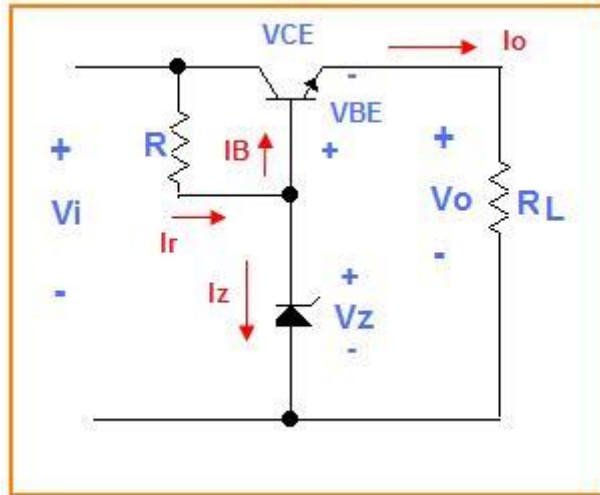


V_{comp} = voltaje de compensación

$$V_{comp} = V_i - V_o$$

Cualquier variación de V_i es compensado con V_{comp} para que V_o permanezca constante.

En el siguiente circuito se tiene una Fuente regulada discreta en donde el transistor NPN hace de compensador y el diodo zener de regulador.



Ecuaciones:

$$V_o = V_z - V_{BE}$$

$$V_{CE} = V_i - V_o$$

$$I_r = I_B + I_z$$

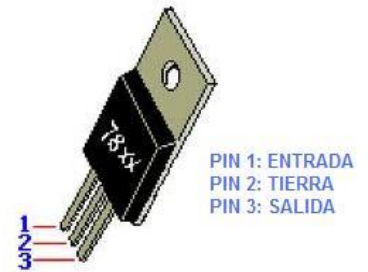
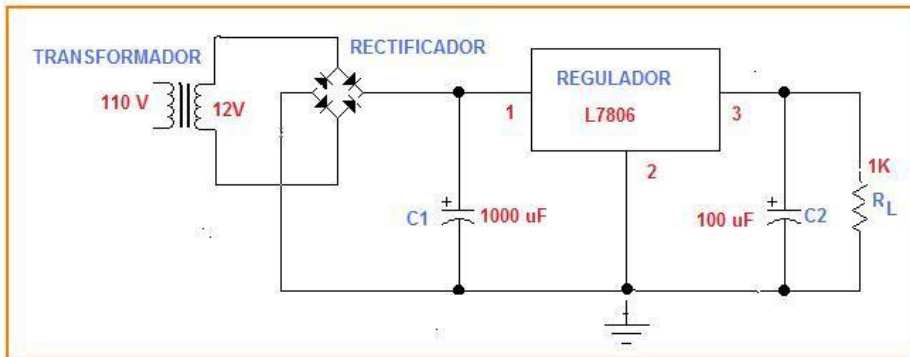
$$V_i - V_z = I_r \cdot R$$

Los circuitos integrados son circuitos que integran en un solo componente varios elementos como resistencias, condensadores, diodos y transistores. Existe en el comercio circuitos integrados que internamente tienen el compensador y regulador integrados y además otros circuitos como protección de estos elementos a sobrecarga de corriente y protección térmica. Estos circuitos son de la familia L78XX, donde XX corresponde al valor del voltaje regulado a la salida. Con estos circuitos se puede diseñar una Fuente de voltaje integrada.

Existen entonces, los circuitos integrados L7805, L7812, etc. reguladores para voltajes de 5, 6, 8, 12, 15, 18, 20, 24V, estos integrados son para máximo de 1 A

EJEMPLO 5:

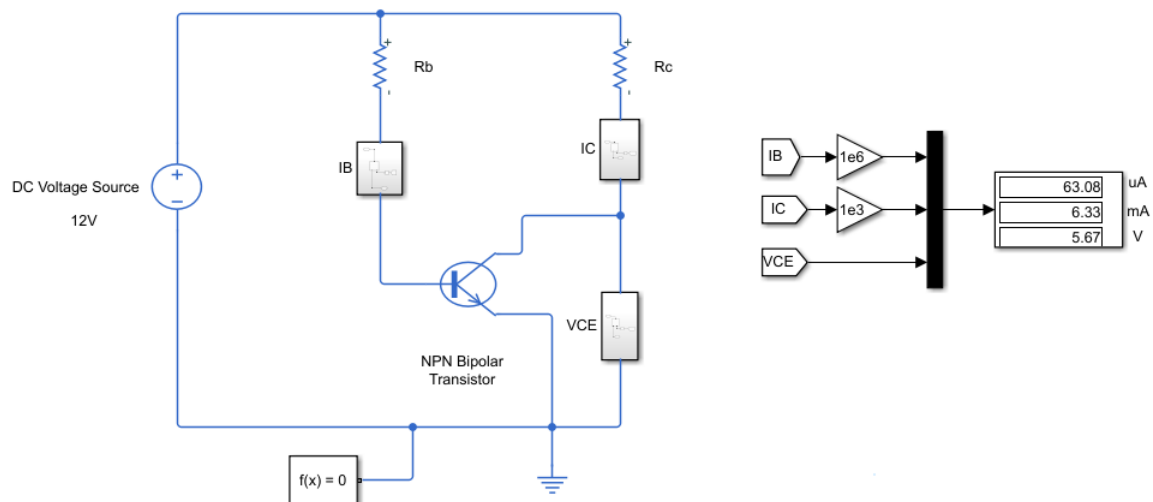
En el siguiente circuito se tiene una fuente regulada para 6V.



UNIDAD 2: POLARIZACIÓN - SIMULACIÓN

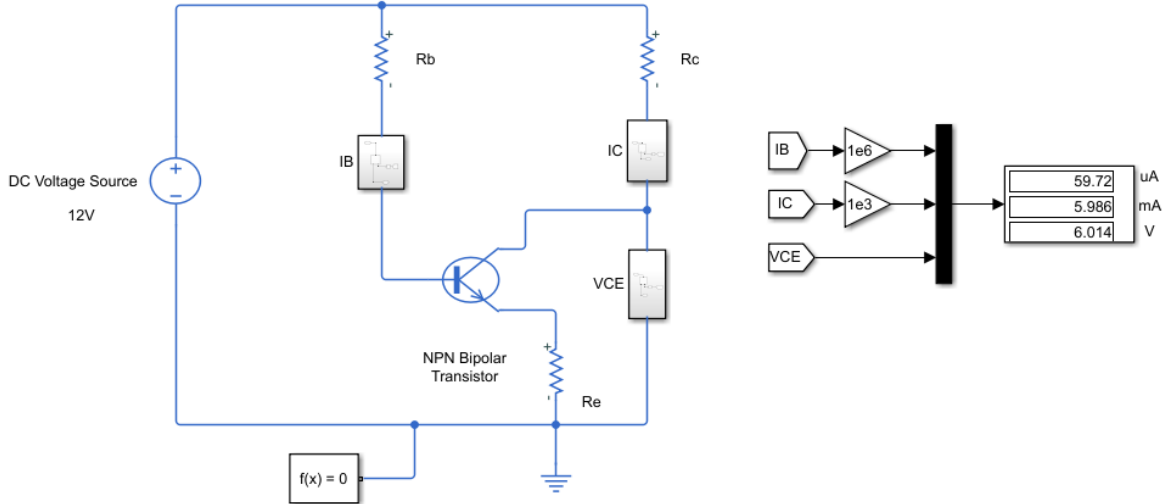
PASO 1: POLARIZACIÓN FIJA

Simule el circuito en Matlab con $h_{fe}=100$, $V_{be}=0.7V$, $R_b=180K$, $R_c=1K$, $V_{cc}=12V$, $V_{ce}=6V$



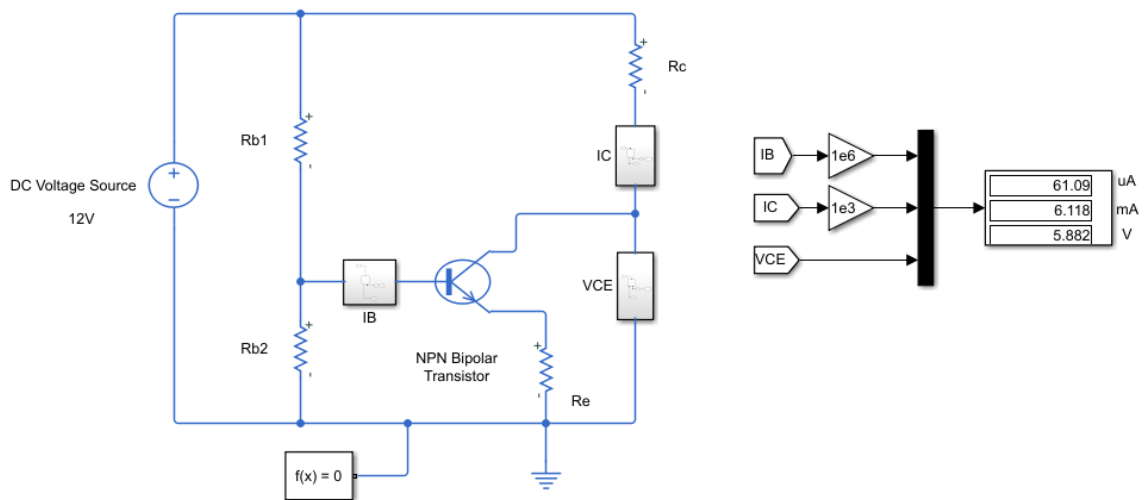
2. POLARIZACIÓN CON RESISTENCIA DE EMISOR

Varíe el circuito anterior colocando una resistencia de emisor $R_e=100\ \Omega$, $R_c = 1\text{K}\Omega$, $R_B = 180\ \text{K}\Omega$



3. AUTOPOLARIZACIÓN

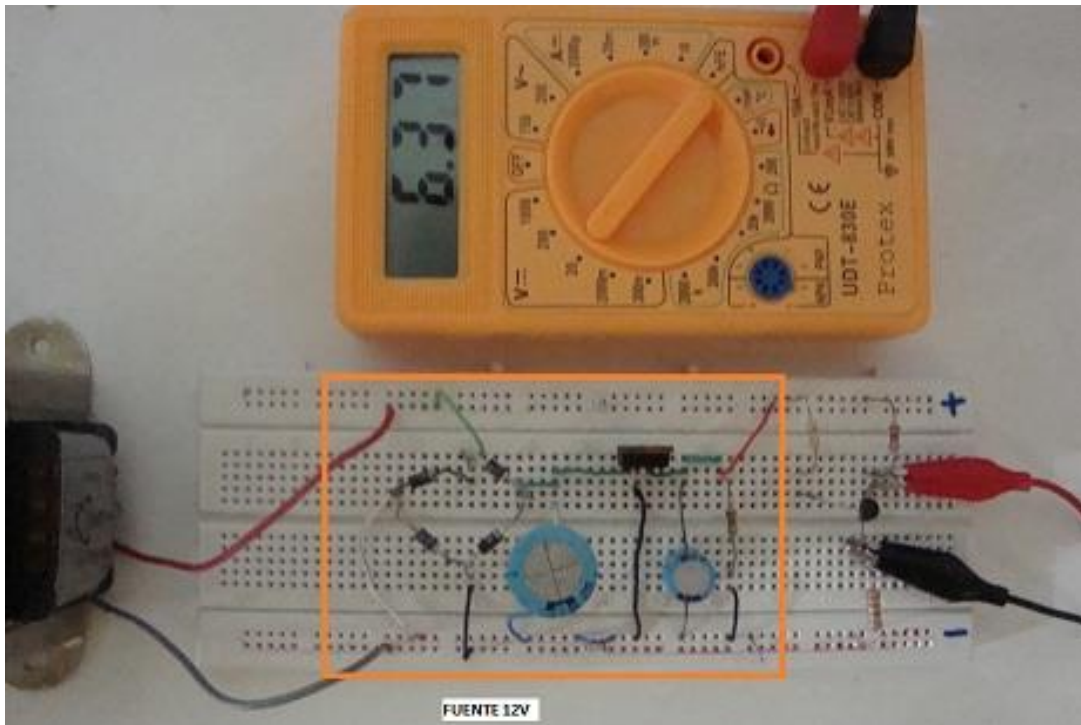
Realice la simulación del circuito con $R_c = 1\ \text{K}\Omega$, $R_e= 100\ \Omega$, $R_{b2} = 16\ \text{K}\Omega$ y $R_{b1} = 2.2\ \text{K}\Omega$



UNIDAD 3: POLARIZACIÓN - LABORATORIO

PASO 1. POLARIZACIÓN CON RESISTENCIA DE EMISOR

El circuito del laboratorio anterior tenía una polarización fija, varíe esta polarización colocando una resistencia de emisor R_E de 220Ω , $R_c = 1 \text{ K}\Omega$, $R_B = 470 \text{ K}\Omega$.



PASO 2. AUTOPOLARIZACIÓN

Realice el montaje del circuito con $R_c = 1 \text{ K}\Omega$, $R_E = 220 \Omega$, $R_{B2} = 39 \text{ K}\Omega$ y $R_{B1} = 6.8 \text{ K}\Omega$. Compruebe los valores de la polarización dados por el simulador. En la figura se muestra la medición de V_{CE} . Coloque el multímetro para medir el valor de la I_C , I_B .Cuál es el valor práctico de h_{FE} ?

