

Ayudantía 10 - Semiconductores: Transistores

Pedro Morales Nadal

pedro.morales1@mail.udp.cl

📞 +56 9 30915977

Edicson Solar Salinas

edicson.solar@mail.udp.cl

📞 +56 9 92763279

Shi Hao Zhang

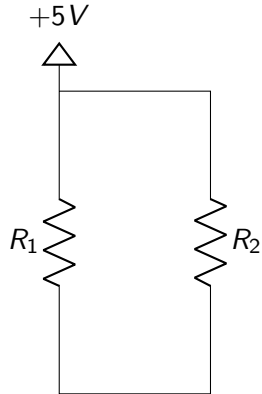
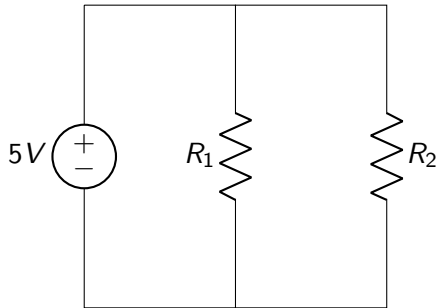
shi.zhang@mail.udp.cl

📞 +56 9 90787770

¿Qué veremos?

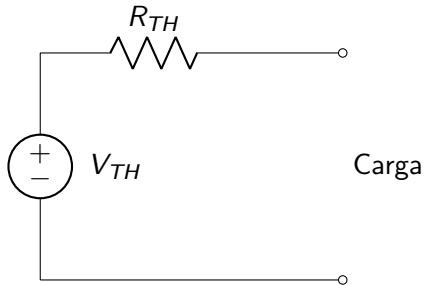
- Recordatorio de Thévenin
- Transistores
 - ▶ ¿Qué son?
 - ▶ ¿Para que se usan?
 - ▶ Tipos
 - ▶ Curvas
- Ejercicios

Leve aclaración



Circuito equivalente de Thévenin

Un circuito se reduce a una fuente de tensión (V_{TH}) en serie con una resistencia equivalente (R_{TH})



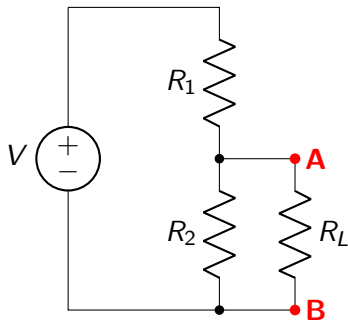
Pasos

- 1 Retirar la carga
- 2 Calcular resistencia equivalente
 - 2.a Si hay fuente de tensión: cortocircuito
 - 2.b Si hay fuente de corriente: circuito abierto
- 3 Calcular voltaje entre terminales abiertas: **Thévenin**
- 4 Calcular corriente entre terminales cortocircuitadas: **Norton**

Recordatorio: Thévenin

Ejemplo

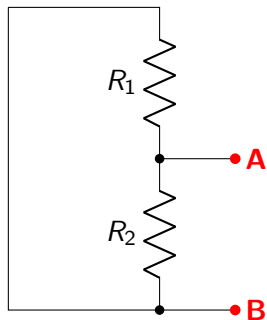
Encontrar el circuito equivalente de Thévenin entre los puntos **A** y **B**



Recordatorio: Thévenin

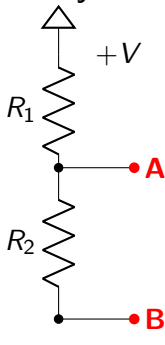
Ejemplo

Chao carga y chao fuente



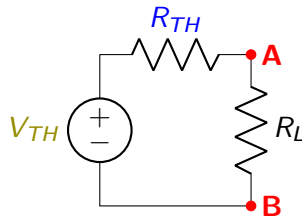
$$R_{TH} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

Hola fuente y calcular



$$V_{TH} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

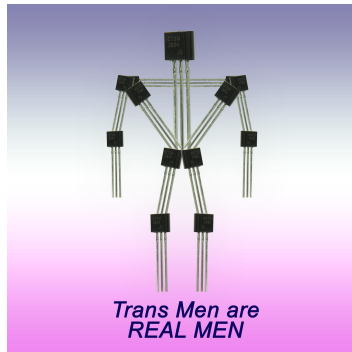
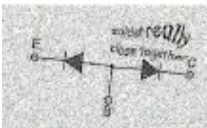
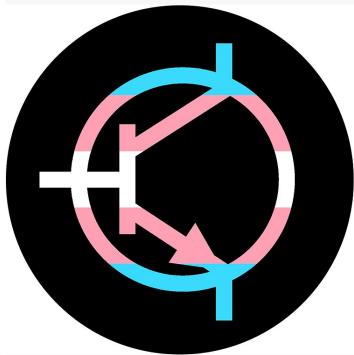
Circuito equivalente de Thévenin



- $V_{TH} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
- $R_{TH} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$

Transistores

¿Qué son?



Transistores

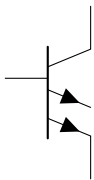
¿Para qué?

- **Como switches**
- **Como amplificadores**
- **Para rajarse en el ramo**

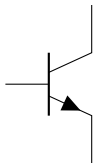
Transistores

Tipos

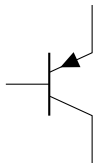
BJT



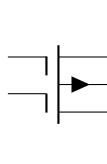
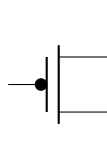
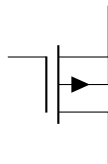
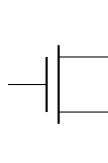
NPN



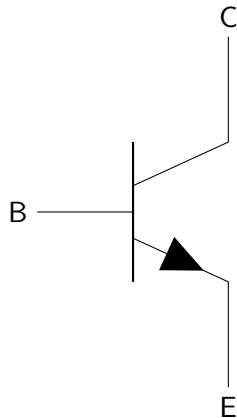
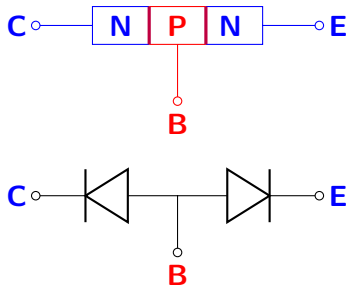
PNP

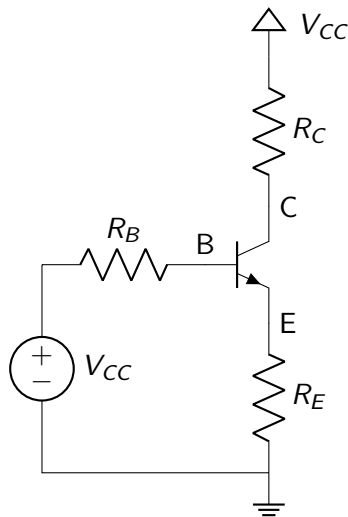
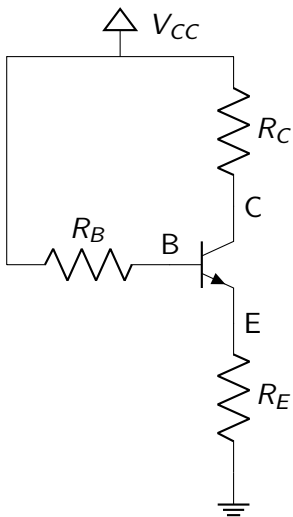
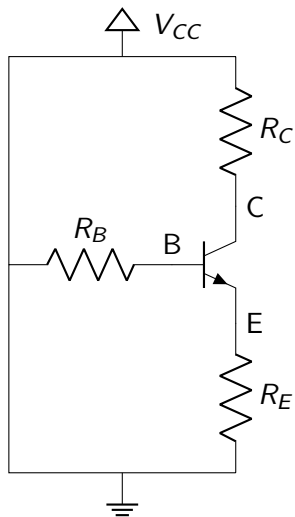


FET

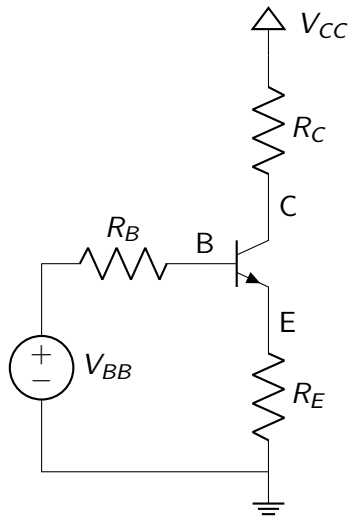


Transistor NPN

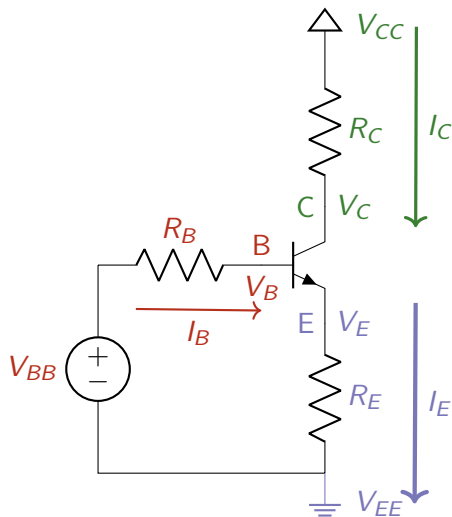




Circuito que nos gusta



Circuito que nos gusta



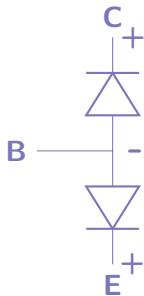
Voltajes

- V_{CC} : Fuente del colector
- V_{BB} : Fuente de la base
- V_{EE} : Fuente del emisor (tierra)
- $V_{CB} = V_C - V_B$
- $V_{BE} = V_B - V_E$ (Aprox. 0.7 V)
- $V_{CE} = V_C - V_E$

Corrientes

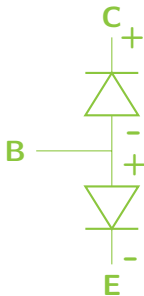
- I_C : C. colectora = βI_B **Z. ACTIVA**
- I_B : C. basal, tiene que ser chica
- I_E : C. emisora = $I_B + I_C$

CORTE



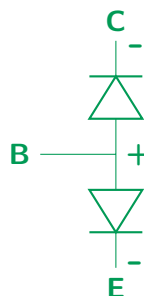
- $I_C = 0$
- $V_{CE} = V_{CC}$
- $V_B < V_E$

ACTIVA



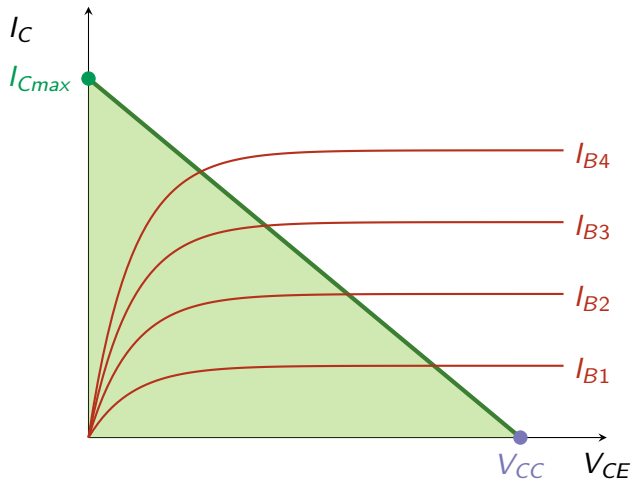
- $0 < I_C < I_{Cmax}$
- $0 < V_{CE} < V_{CC}$
- $V_B \geq V_E$

SATURACIÓN



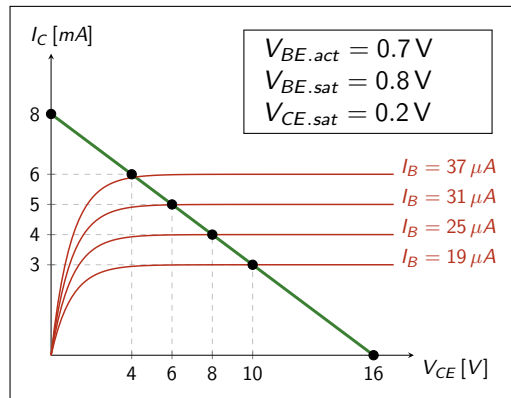
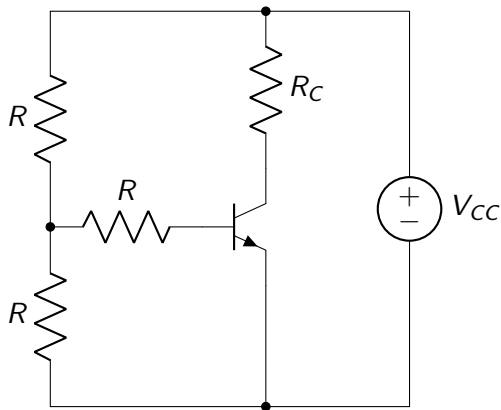
- $I_C = I_{Cmax}$
- $V_{CE} = 0$
- $V_B \gg V_E$

Gráfico



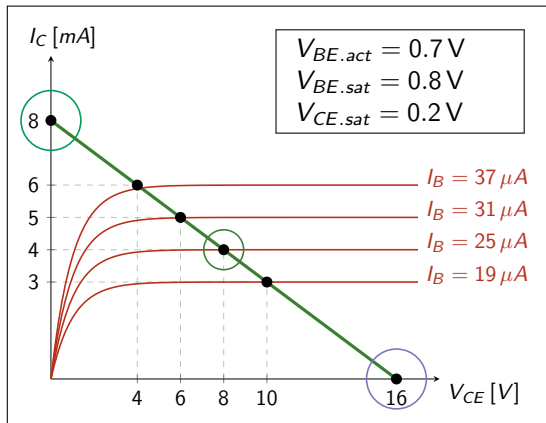
Ejercicio 1

Sabiendo que para el circuito de la figura $V_{CC} = 2V_{CE}$, determine y calcule V_{CC} , R_C , β y R . Tome como referencia la curva característica de salida, su recta de carga y punto de operación.



Ejercicio 1: Desarrollo

Gráfico



En corte:

- $I_C = 0 \text{ A} \wedge V_{CE} = V_{CC} = 16 \text{ V}$

En saturación:

- $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = I_{Cmax} = 8 \text{ mA} = \frac{V_{CC}}{R_C}$
- $\frac{V_{CC}}{R_C} \Leftrightarrow R_C = \frac{V_{CC}}{I_{Cmax}} = \frac{16}{8 \times 10^{-3}} = 2 \text{ k}\Omega$

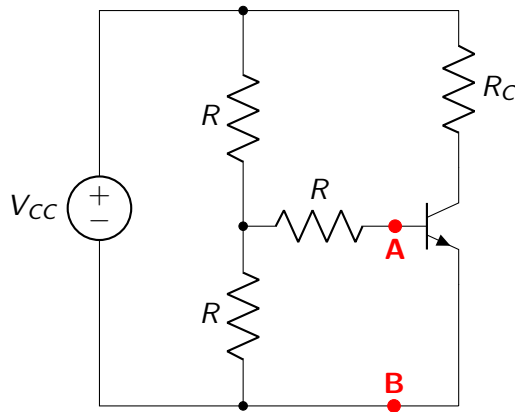
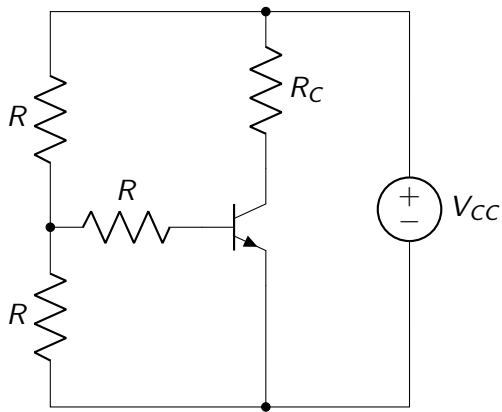
En zona activa:

- $V_{CC} = 2V_{CE} \Leftrightarrow V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ V}$
- $I_B = 25 \mu\text{A} \wedge I_C = 4 \text{ mA}$
- $I_C = \beta I_B \Leftrightarrow \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 160$

Ejercicio 1: Desarrollo

Circuito

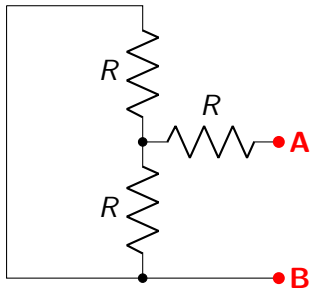
Reescribiendo el circuito



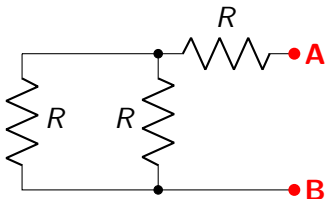
Ejercicio 1: Desarrollo

Thévenin - Resistencia

Chao fuente y carga

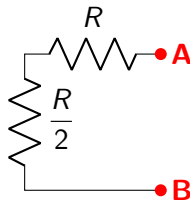


Reescribir y en paralelo

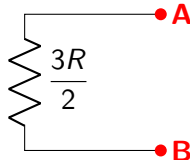


$$R // R = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \frac{R}{2}$$

En serie



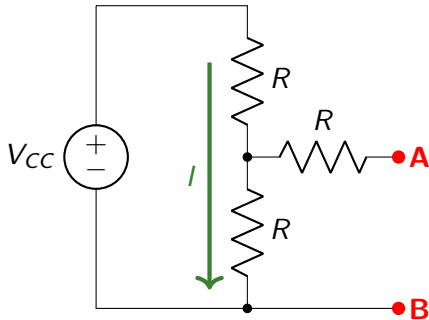
Rth



Ejercicio 1: Desarrollo

Thévenin - Voltaje

Hola fuente y calcular voltaje



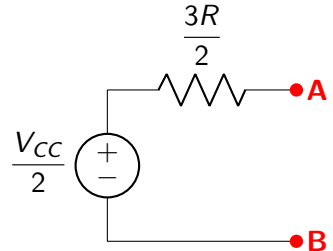
Por KVL:

$$V_{CC} - 2I \cdot R = 0 \Leftrightarrow V_{CC} = 2IR$$
$$\Leftrightarrow \frac{V_{CC}}{2R} = I$$

Por ley de Ohm:

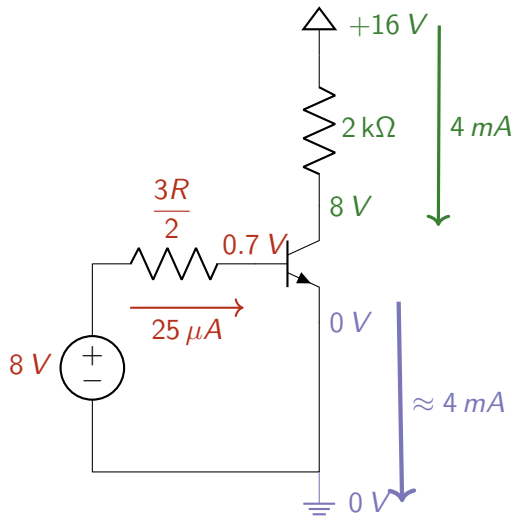
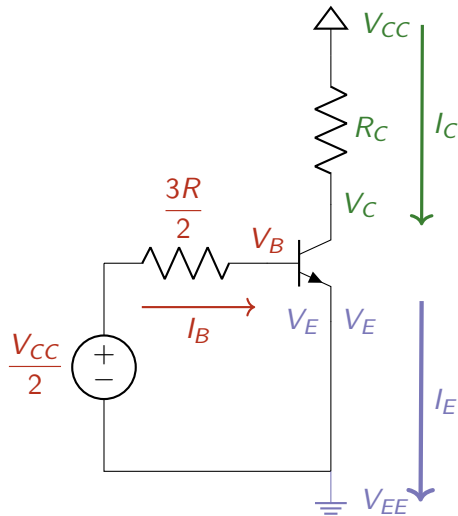
$$V_{TH} = I \cdot R$$
$$= \frac{V_{CC}}{2R} \cdot R$$
$$= \frac{V_{CC}}{2}$$

Equivalente de Thévenin



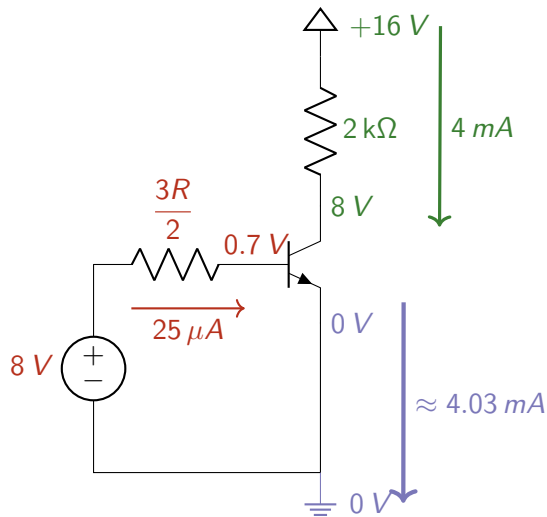
Ejercicio 1: Desarrollo

Crcuito lindo - Reemplazar valores

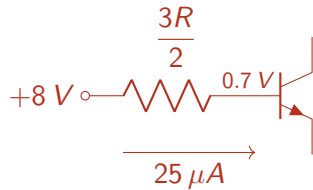


Ejercicio 1: Desarrollo

Circuitito lindo - Calcular R



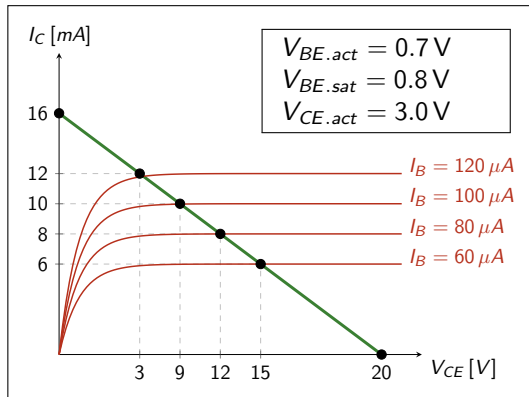
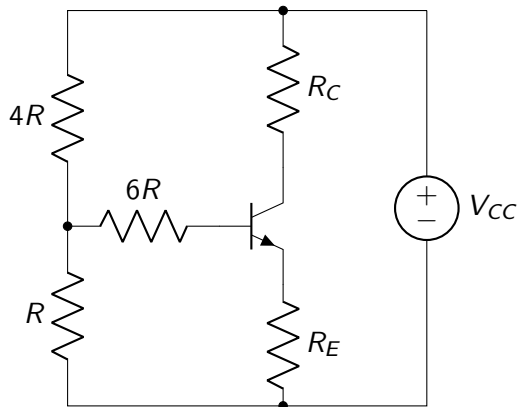
Analizando:



$$\begin{aligned} \frac{8 - 0.7}{\frac{3R}{2}} &= 25 \times 10^{-6} \Leftrightarrow \frac{7.3}{25 \times 10^{-6}} = \frac{3R}{2} \\ \Leftrightarrow \frac{2 \cdot 7.3}{3 \cdot 25 \times 10^{-6}} &= R \\ \Rightarrow R &\approx 195 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

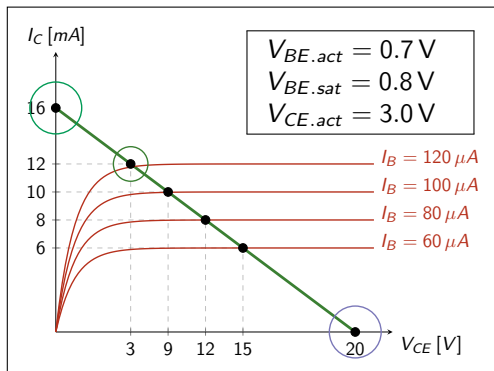
Ejercicio 2

Dado un setup (bastante) similar al del ejercicio anterior, encuentre los valores de R , R_C y R_E , sabiendo que $V_E = 1.5\text{ V}$



Ejercicio 2: Desarrollo

Gráfico



En corte:

- $I_C = 0 \text{ A} \wedge V_{CE} = V_{CC} = 20 \text{ V}$

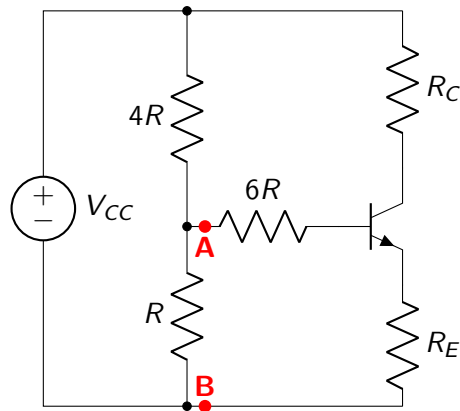
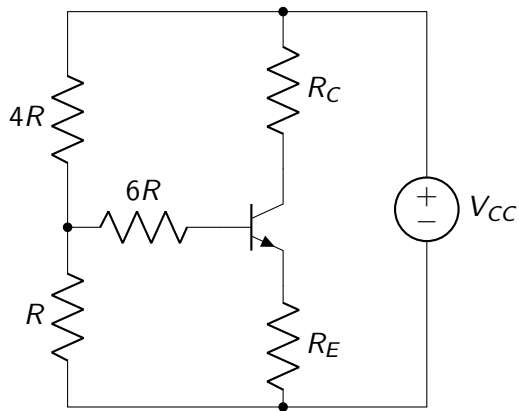
En zona activa:

- $V_{CE} = 3 \text{ V}, I_B = 120 \mu\text{A}, I_C = 12 \text{ mA}$
- $V_{CE} = 3 \text{ V} \wedge V_E = 1.5 \text{ V} \Rightarrow V_C = 4.5 \text{ V}$
- $V_{BE} = 0.7 \text{ V} \wedge V_E = 1.5 \text{ V} \Rightarrow V_B = 2.2 \text{ V}$
- $I_E = I_B + I_C = 12 + 0.12 = 12.12 \text{ mA}$
- $I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} \Rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} \approx 1292 \text{ k}\Omega$
- $I_E = \frac{V_E - V_{EE}}{R_E} \Rightarrow R_E = \frac{V_E - V_{EE}}{I_E} \approx 124 \Omega$

Ejercicio 2: Desarrollo

Circuito

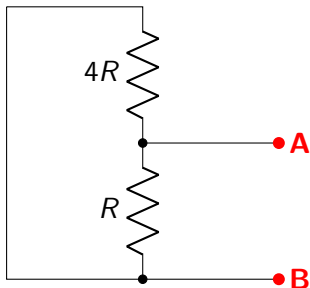
Reescribiendo el circuito



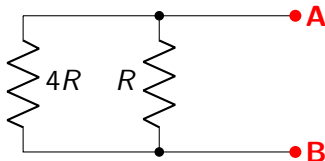
Ejercicio 2: Desarrollo

Thévenin - Resistencia

Chao fuente y carga

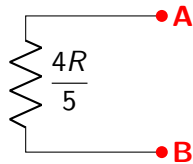


Reescribir y en paralelo



$$4R // R = \left(\frac{1}{4R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \frac{4R}{5}$$

Rth



Ejercicio 2: Desarrollo

Thévenin - Voltaje

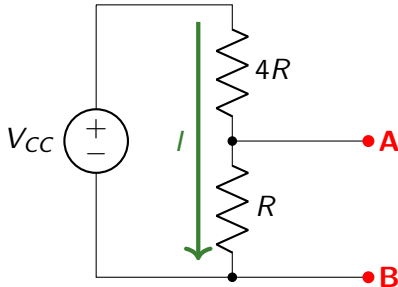
Por KVL:

$$V_{CC} - 5I \cdot R = 0 \Leftrightarrow V_{CC} = 5IR$$
$$\Leftrightarrow \frac{V_{CC}}{5R} = I$$

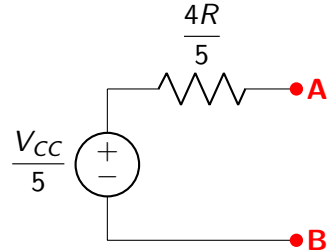
Por ley de Ohm:

$$V_{TH} = I \cdot R$$
$$= \frac{V_{CC}}{5R} \cdot R$$
$$= \frac{V_{CC}}{5}$$

Hola fuente y calcular voltaje

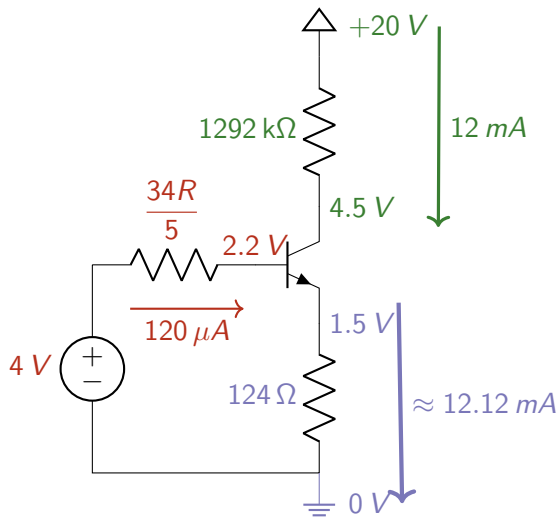
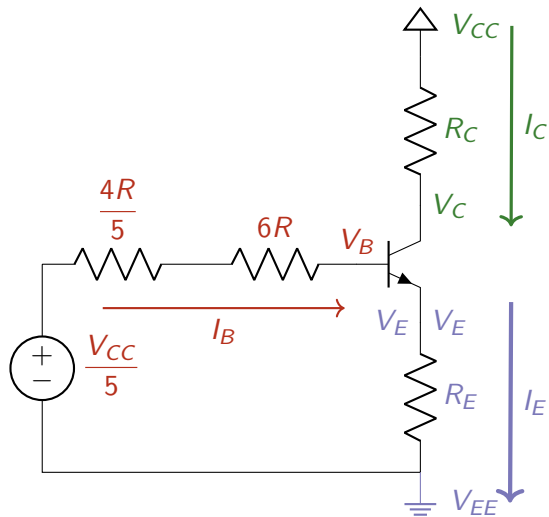


Equivalente de Thévenin



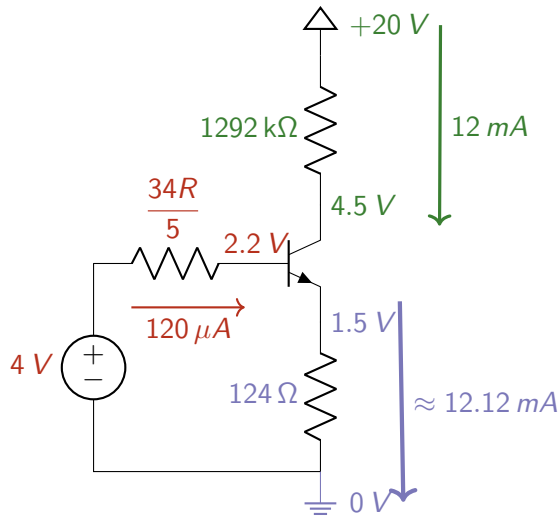
Ejercicio 2: Desarrollo

Crcuito lindo - Reemplazar valores

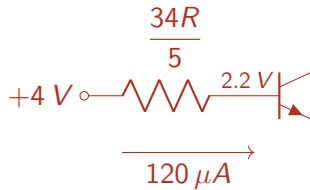


Ejercicio 2: Desarrollo

Circuitlo lindo - Calcular R



Analizando:



$$\begin{aligned}\frac{4 - 2.2}{\frac{34R}{5}} &= 120 \times 10^{-6} \Leftrightarrow \frac{1.8}{120 \times 10^{-6}} = \frac{34R}{5} \\ \Leftrightarrow \frac{5 \cdot 1.8}{34 \cdot 120 \times 10^{-6}} &= R \\ \Rightarrow R &\approx 2.21 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

¿DUDAS?



CHAO GENTE

