



Universidad  
Carlos III de Madrid  
[www.uc3m.es](http://www.uc3m.es)

# Sesión 12

## Introducción al transistor bipolar (BJT)

Componentes y Circuitos Electrónicos

José A. Garcia Souto

[www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto\\_tecnologia\\_electronica/Personal/JoseAntonioGarcia](http://www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto_tecnologia_electronica/Personal/JoseAntonioGarcia)

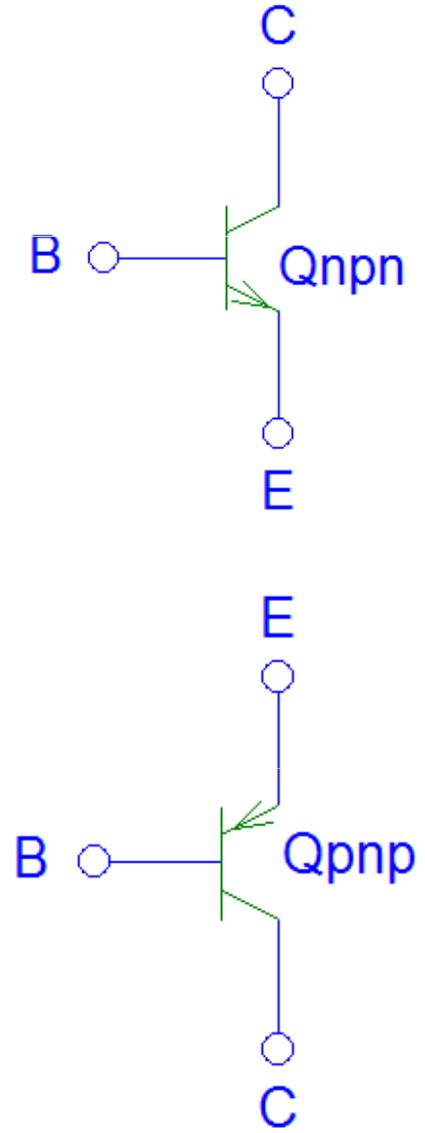
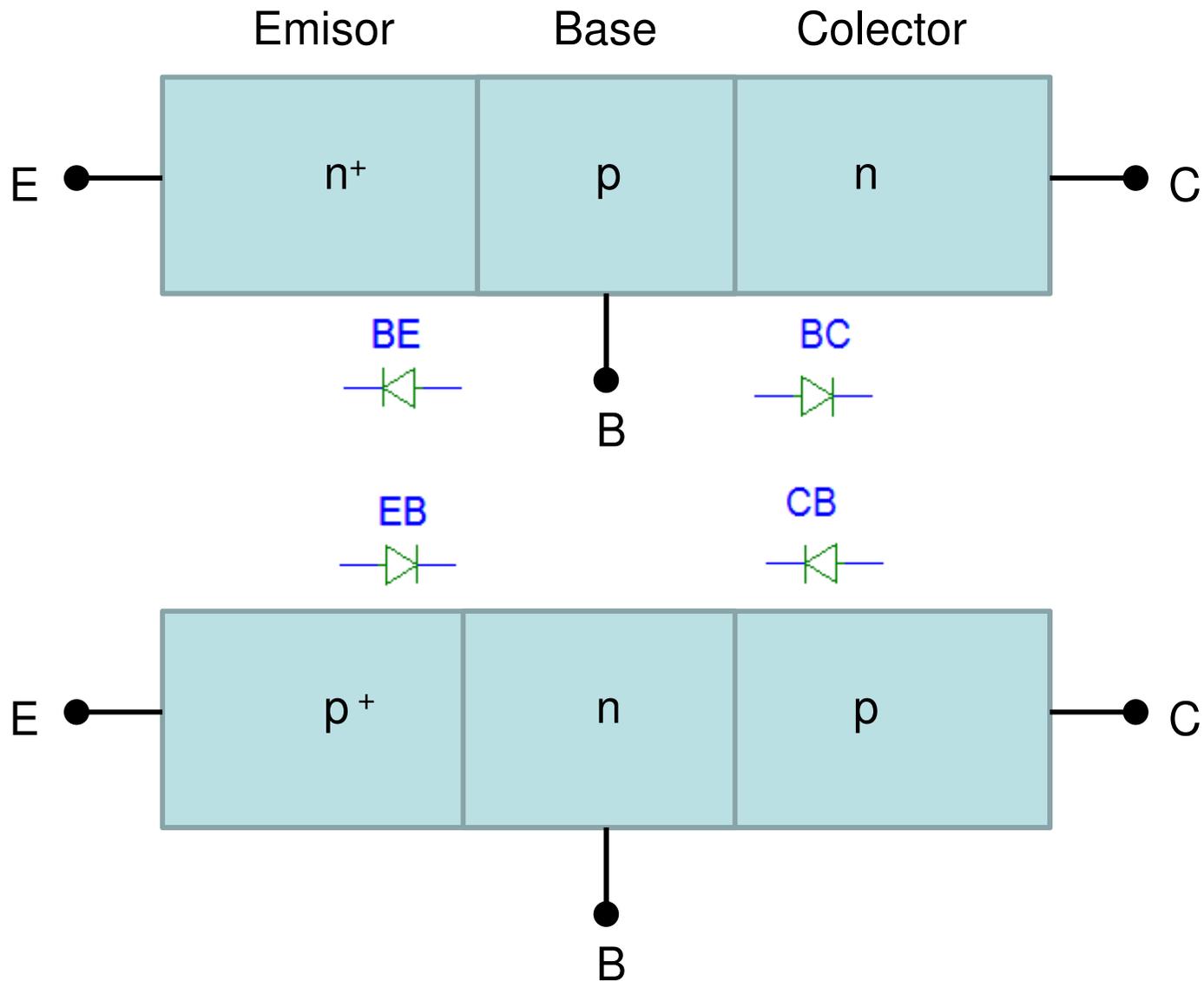
# Transistor de unión bipolar BJT

## *(Bipolar Junction Transistor)*

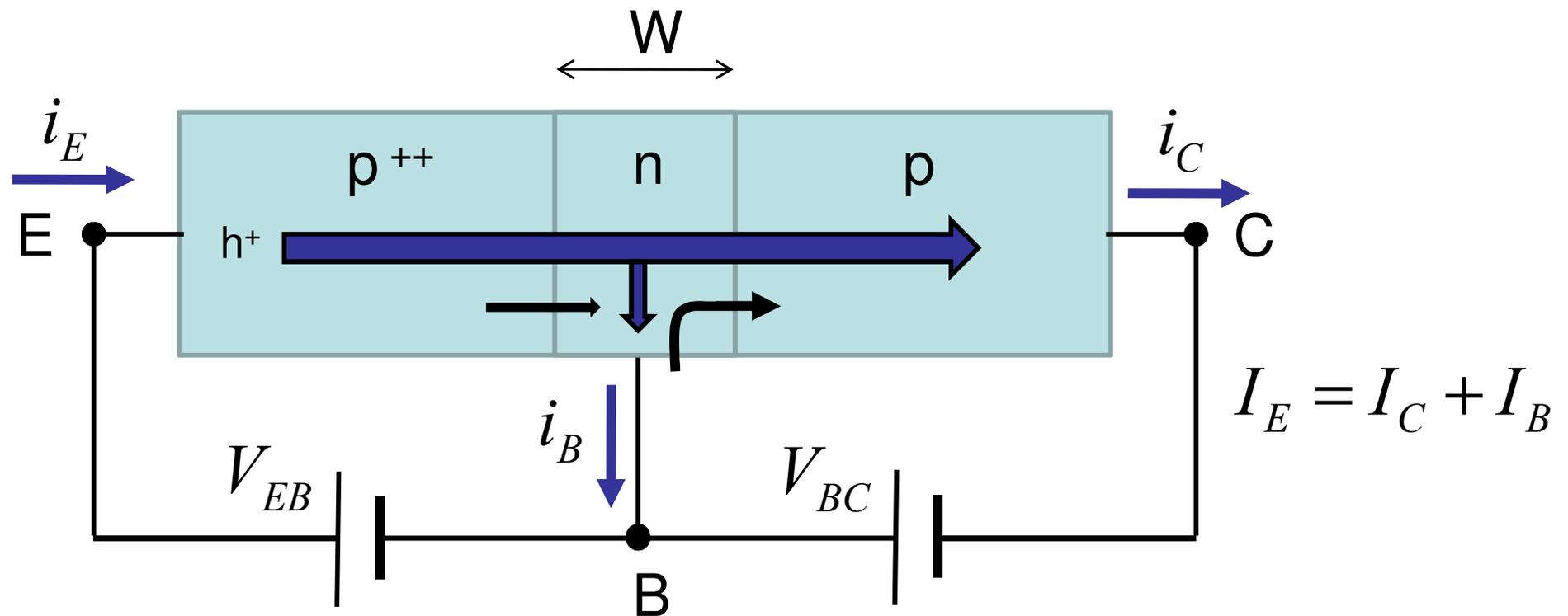
### OBJETIVOS

- Conocer la estructura del dispositivo y el efecto transistor
- Conocer y distinguir parámetros básicos asociados a transistores BJT:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $h_{FB}$ ,  $h_{FE}$ ,  $I_{CBO}$ ,  $V_{BE(on)}$ ,  $V_{CE(sat)}$
- Interpretar las curvas características corriente/tensión del dispositivo
- Identificar las regiones de funcionamiento  
Activa, Corte, Saturación, Activa inversa
- Analizar casos básicos en continua de circuitos con BJT

# Estructura del Transistor Bipolar



# Funcionamiento: Efecto transistor



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

$$I_B = (1 - \alpha) \cdot I_E - I_{CBO} \quad I_C \approx I_E$$

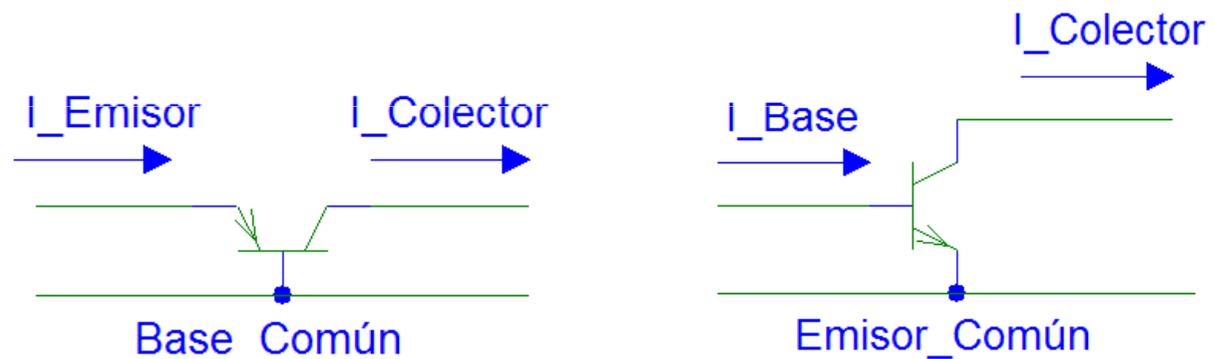
# Parámetros característicos

- Físicos

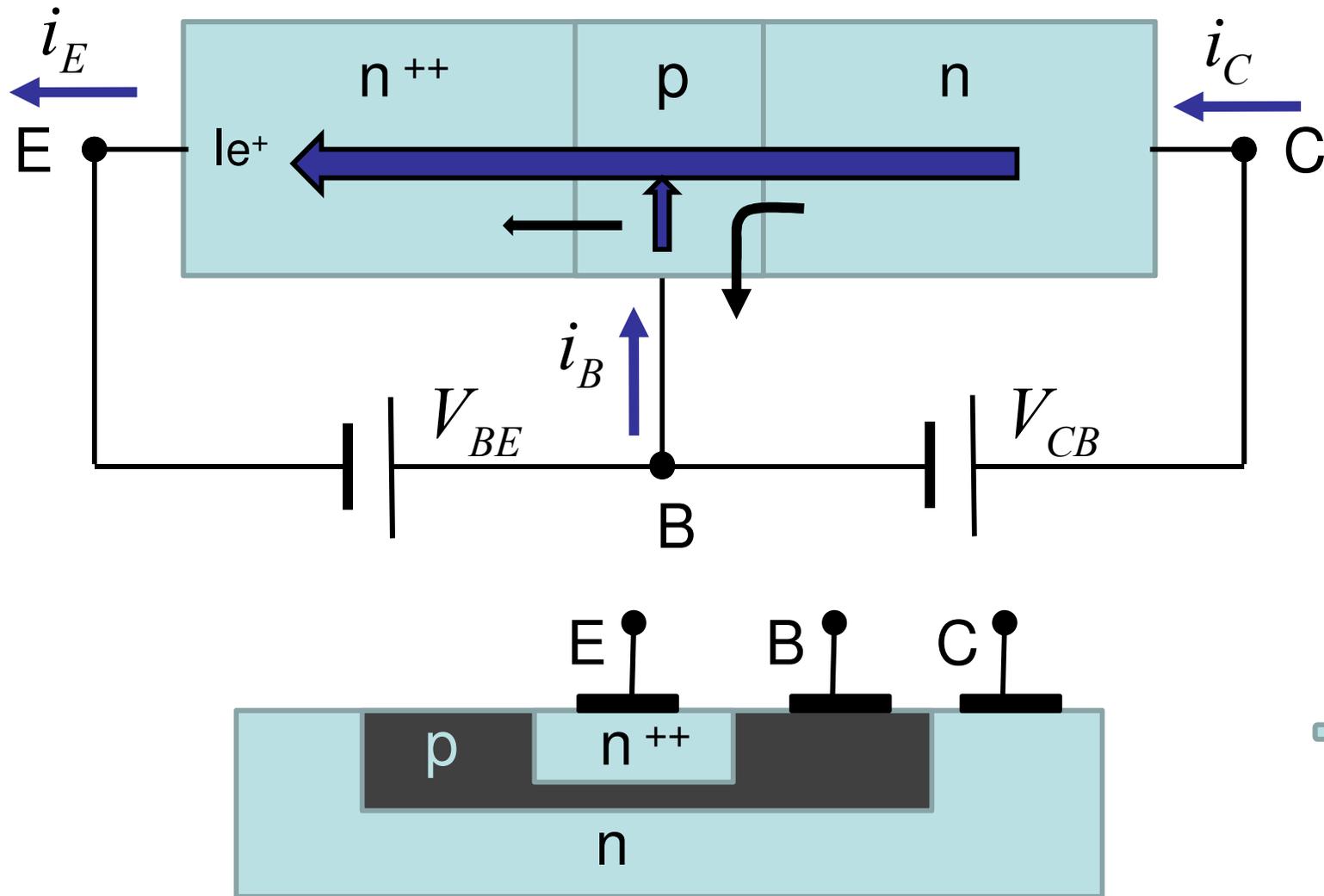
- $\alpha$        $I_C \approx \alpha \cdot I_E$        $\alpha \approx 1$        $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$
- $\beta$        $I_C \approx \beta \cdot I_B$        $\beta \gg 1$
- $I_{CBO}$        $I_C = \alpha \cdot I_E + I_{CBO}$        $I_C = \beta \cdot I_B + I_{CBO}$

- Catálogo: Buscar BC547 en <http://www.fairchildsemi.com/>

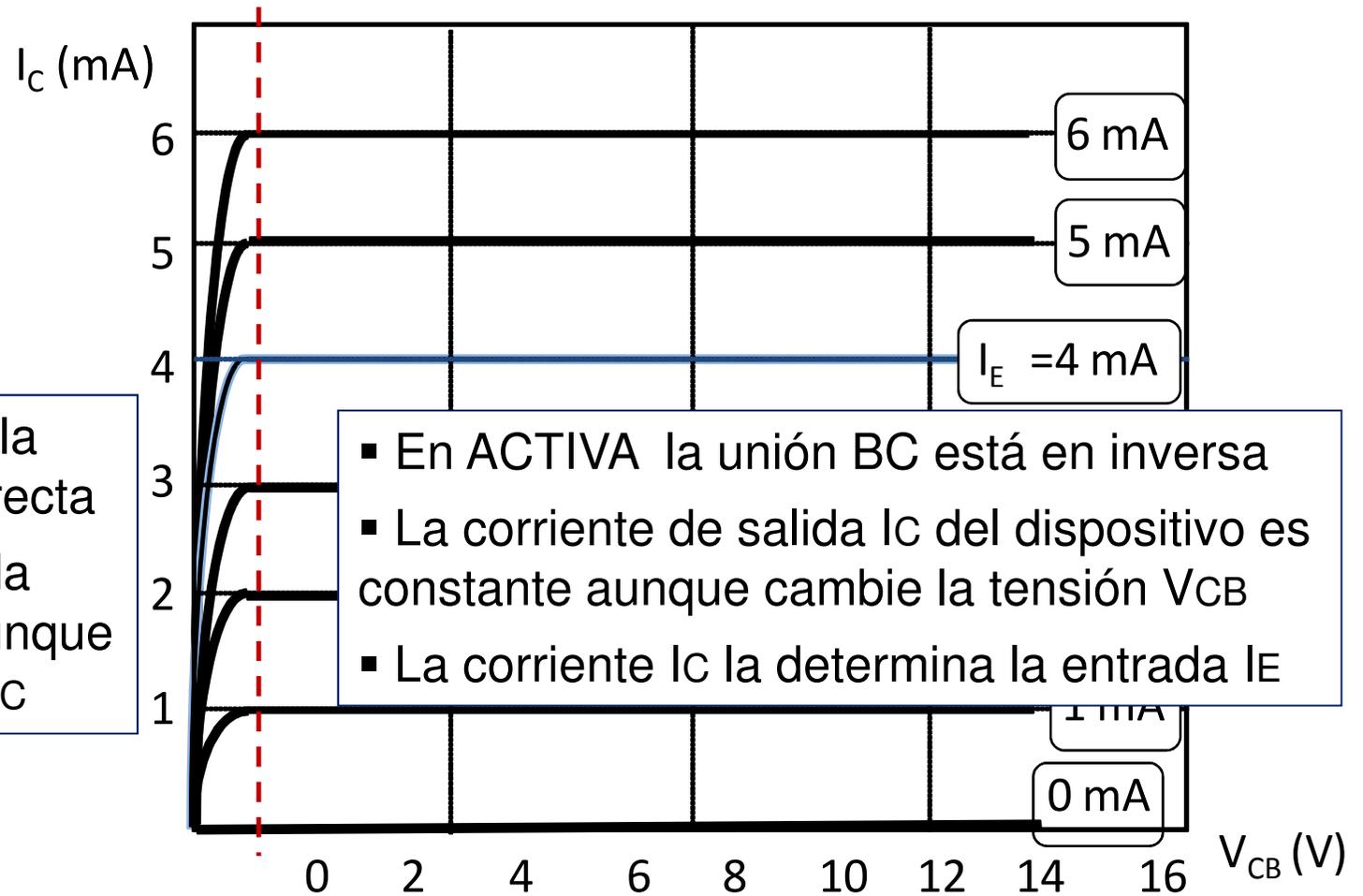
- $h_{FB}$
- $h_{FE}$
- $I_{CBO}$



# Caso dual: Transistor NPN



# Interpretación: Curva corriente-tensión



- En SATURACIÓN la unión BC está en directa
- La tensión de salida  $V_{CB}$  es constante aunque cambie la corriente  $I_c$

- En ACTIVA la unión BC está en inversa
- La corriente de salida  $I_c$  del dispositivo es constante aunque cambie la tensión  $V_{CB}$
- La corriente  $I_c$  la determina la entrada  $I_E$

- Hay una curva para cada valor de entrada  $I_E$

# Regiones de funcionamiento

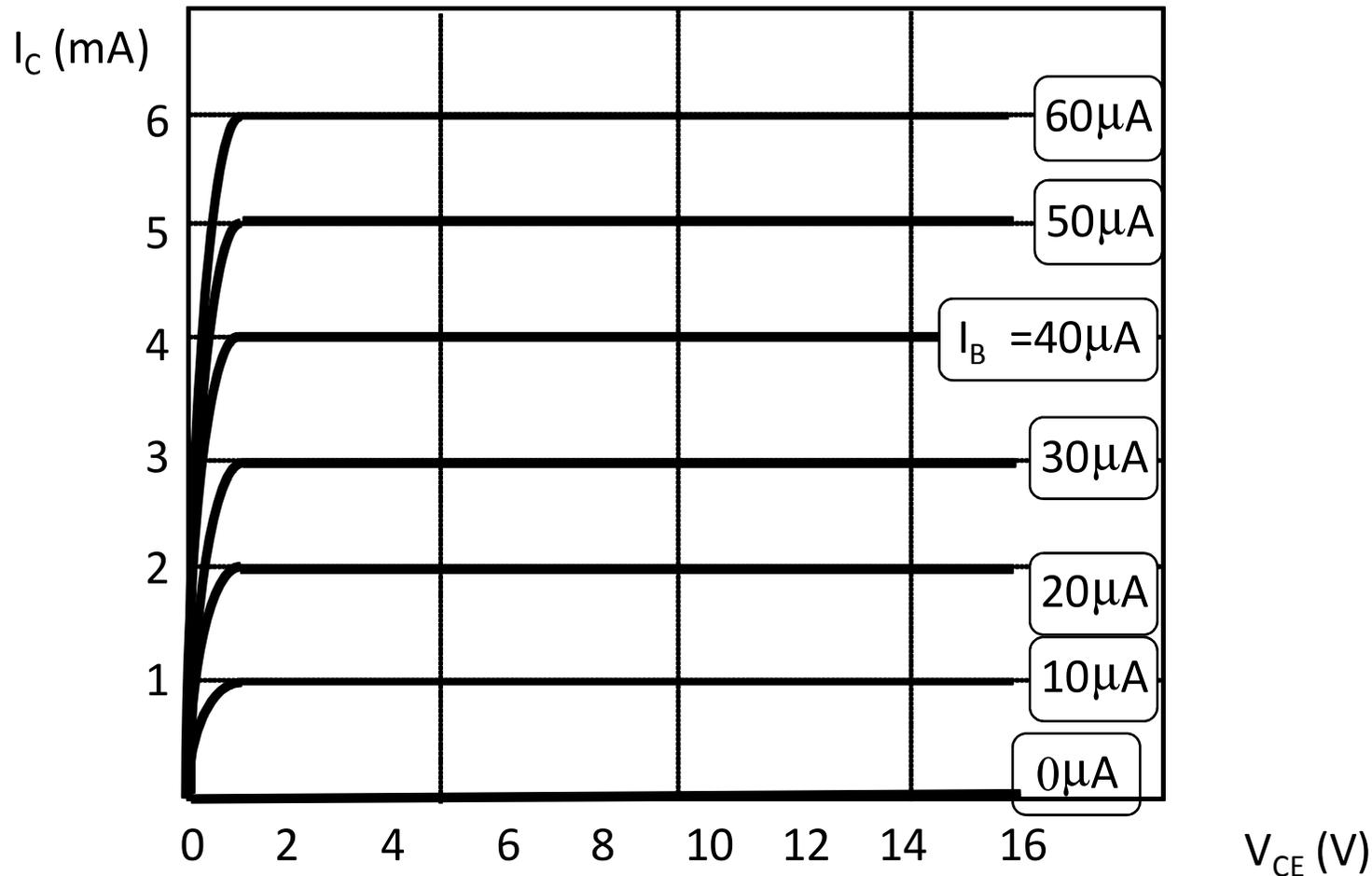
Región	Unión Base-Emisor	Unión Base-Colector
<b>Corte</b>	<b>Inversa (OFF)</b>	Inversa
<b>Activa</b>	<b>Directa (ON)</b>	<b>Inversa (Efecto transistor)</b>
<b>Saturación</b>	<b>Directa (ON)</b>	<b>Directa (Saturado)</b>
<i>Activa Inversa</i>	Inversa	Directa

Región	Condiciones NPN	Funcionamiento NPN	
Corte	$V_{BE} < V_{BE-ON}$ o $I_B = 0$	$I_B=0, I_C=I_E=0$	
Activa	$V_{BE-ON}$ y $V_{CE} > V_{CE-SAT}$	$I_C \approx h_{FE} \cdot I_B$	$[V_{BE}=V_{BE-ON}]$
Saturación	$V_{BE-ON}$ y $V_{CE-SAT}$	$V_{CE} = V_{CE-SAT}$	$[V_{BE}=V_{BE-SAT}]$

- [Catálogo](#)  $V_{BE(on)}$   $V_{CE(sat)}$   $h_{FE}$   $V_{BE(sat)}$

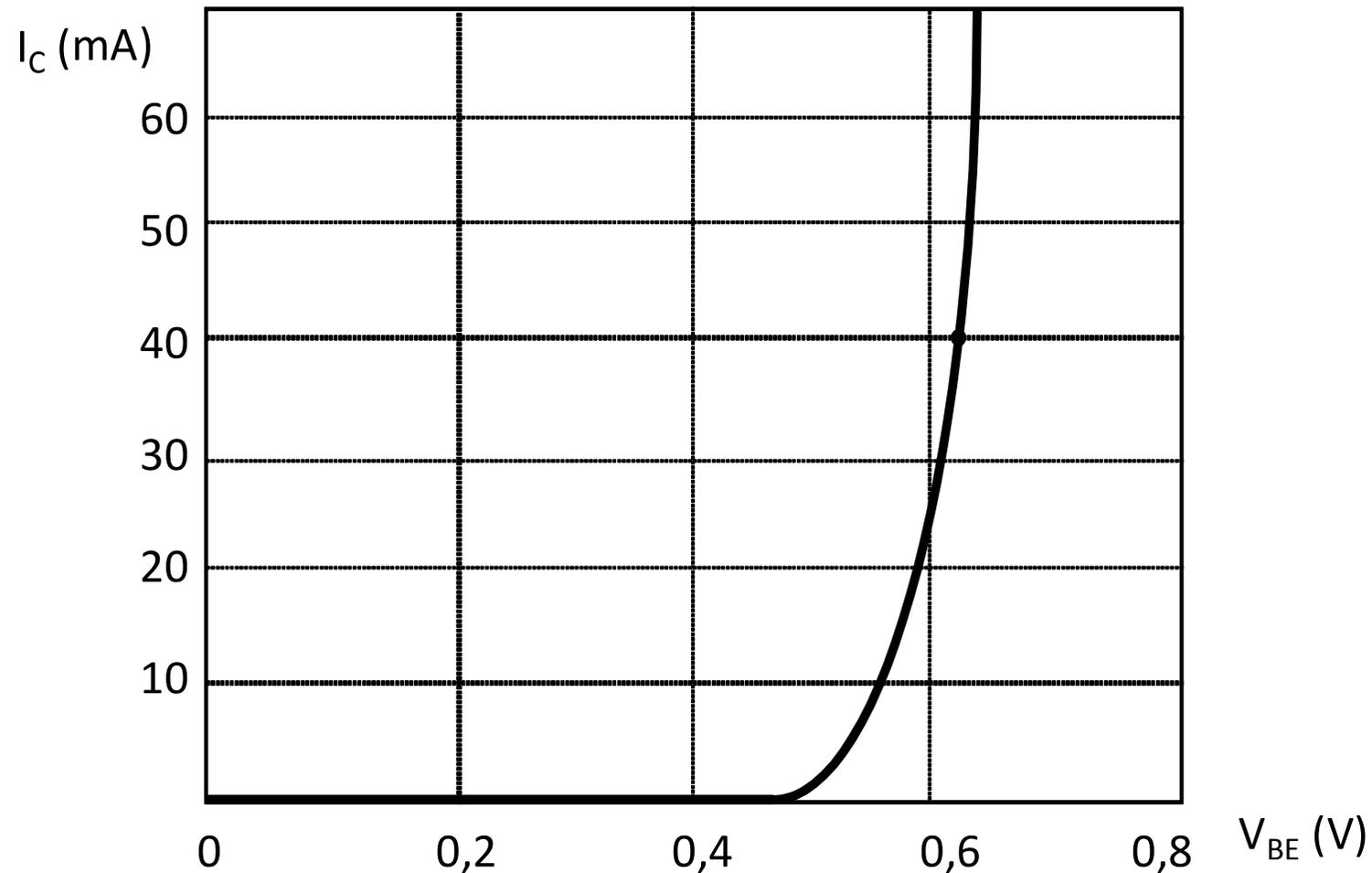
Buscar BC547 en <http://www.fairchildsemi.com/>

# Curvas características de salida (Emisor Común)



¿Qué representarán las curvas características de entrada?

# Curva de Transferencia

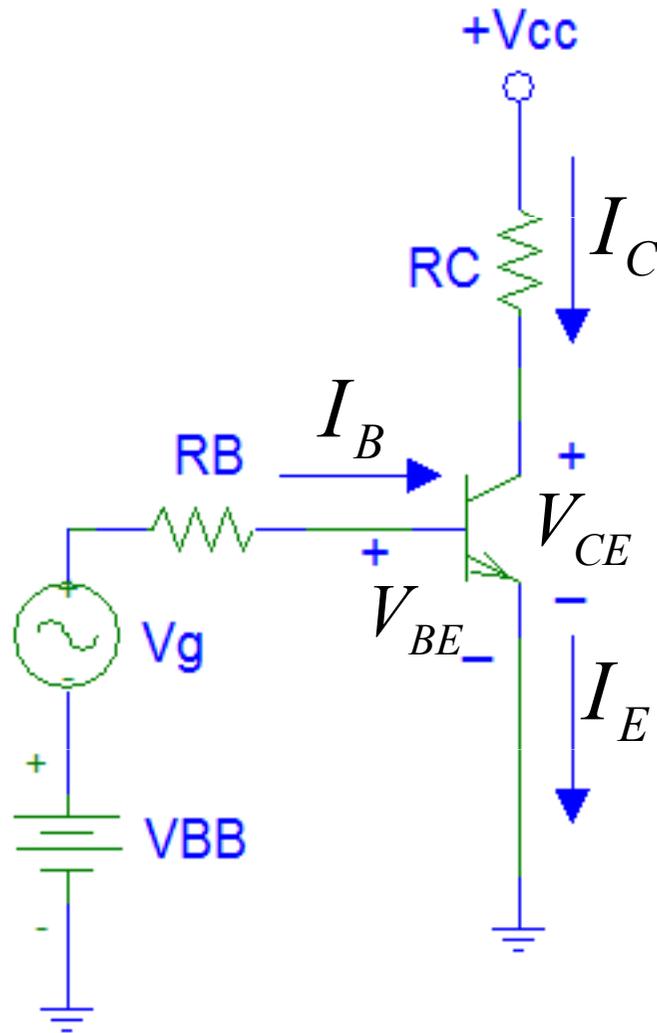


¿Qué regiones de funcionamiento se pueden identificar?

# Análisis en continua

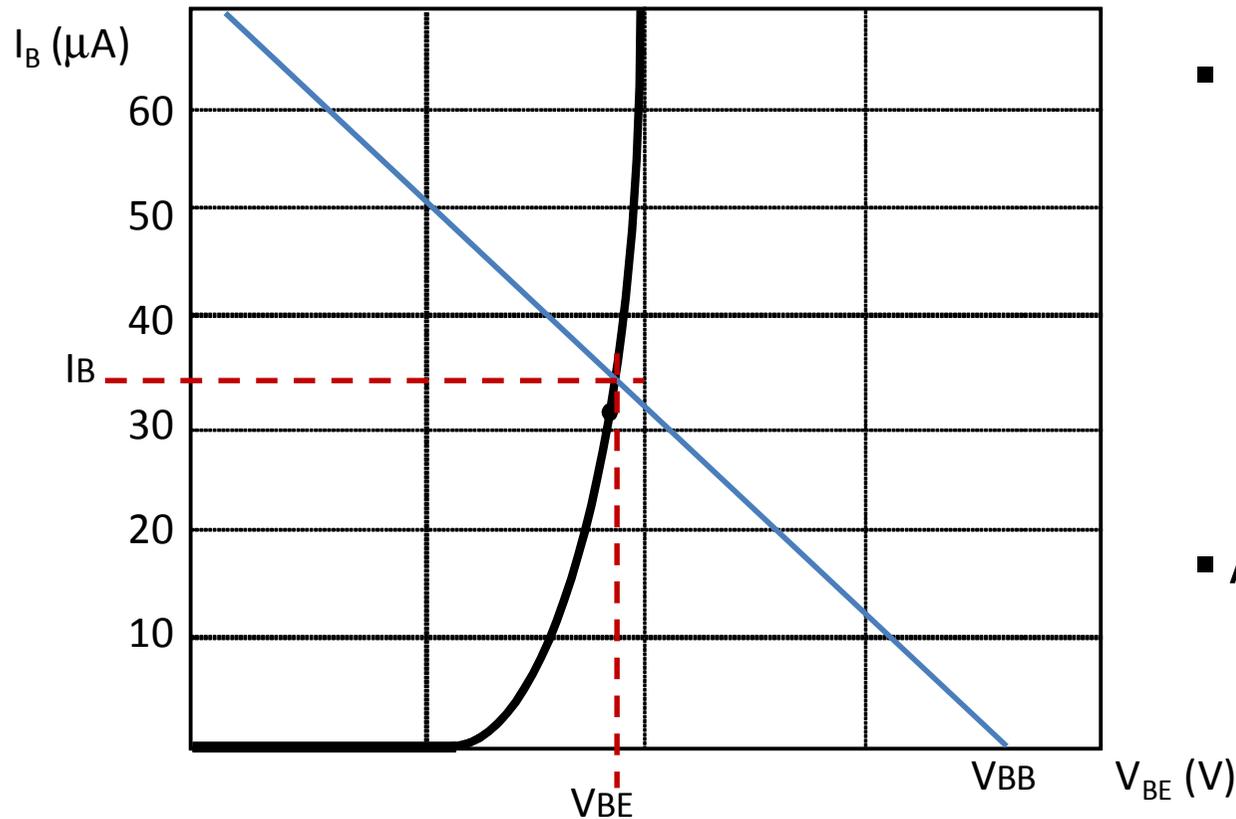
## EJEMPLO

- $R_C = 100 \Omega$
- $R_B = 10 \text{ k}\Omega$
- $V_{CC} = 10 \text{ V}$
- $V_{BB} = 10 \text{ V}$
- $V_{BE(\text{on})} = 0,7 \text{ V}$
- $V_{CE(\text{sat})} = 0,2 \text{ V}$
- $h_{FE} = 100$



- Anular la señal (superposición)  
 $v_g = 0$
- Analizar la malla de entrada
  - Ecuación del dispositivo  
(Curva característica de entrada)
  - Ecuación circuital  
(Recta de carga)
- Analizar la malla de salida
  - Ecuación del dispositivo  
(Curva característica de salida)
  - Ecuación circuital  
(Recta de carga)

# Característica de entrada y Recta de Carga (I)



- Gráficamente

- Curva característica

$$i_B = i_B(v_{BE}, v_{CE})$$

- Recta de carga:

$$i_B = \frac{V_{BB} - v_{BE}}{R_B}$$

- Analíticamente

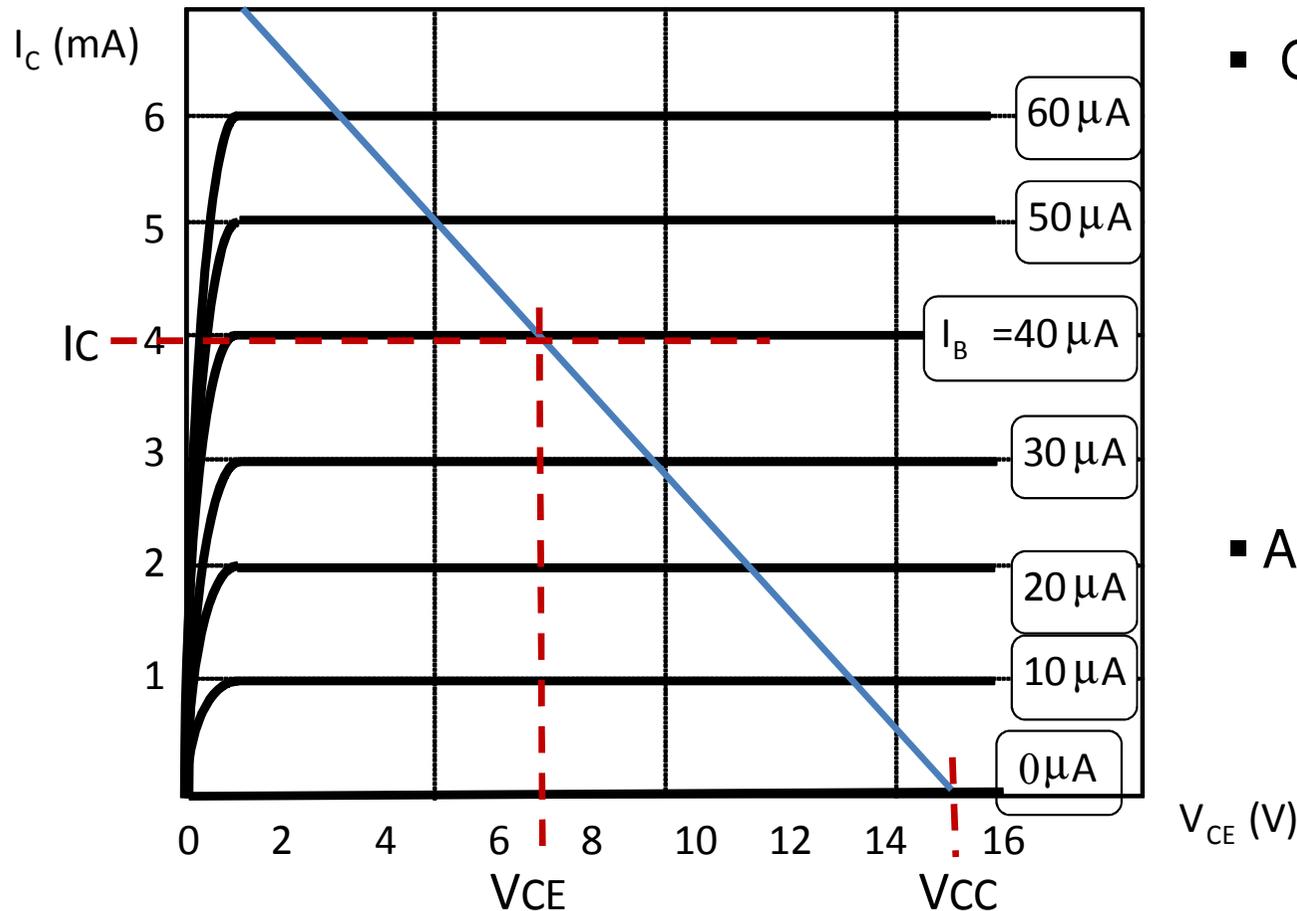
- $V_{BB} > V_{BE(on)}$

$$v_{BE} = V_{BE(on)}$$

$$V_{BB} = v_{BE} + i_B \cdot R_B$$

$$V_{BE} \approx V_{BE(on)} \quad I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE(on)}}{R_B}$$

# Característica de salida y Recta de Carga (II)



- Gráficamente
  - Curva característica
  - Recta de carga:

$$i_C = i_C(v_{CE}, i_B)$$

$$i_C = \frac{V_{CC} - v_{CE}}{R_C}$$

- Analíticamente
  - $V_{CE} > V_{CE}(\text{sat})$

$$i_C = h_{FE} \cdot i_B$$

$$V_{CC} = v_{CE} + i_C \cdot R_C$$

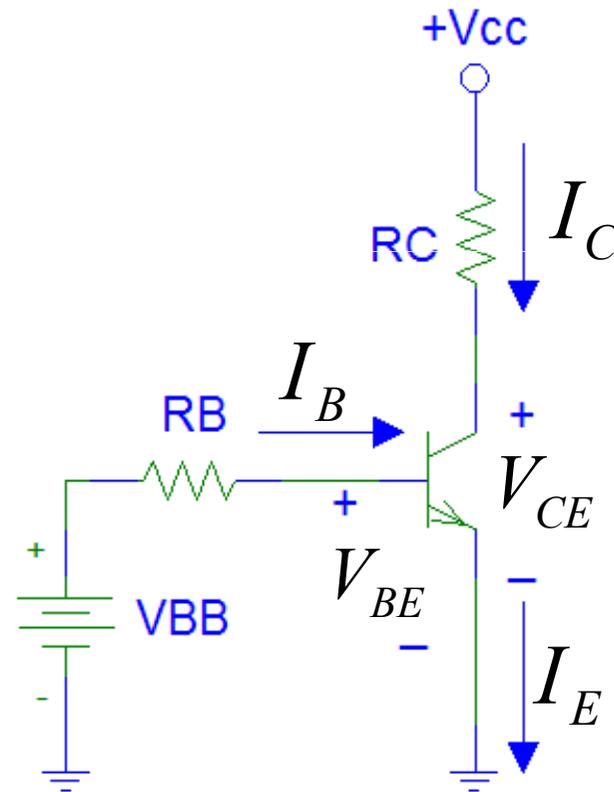
$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

# Ejemplo: Regiones de funcionamiento

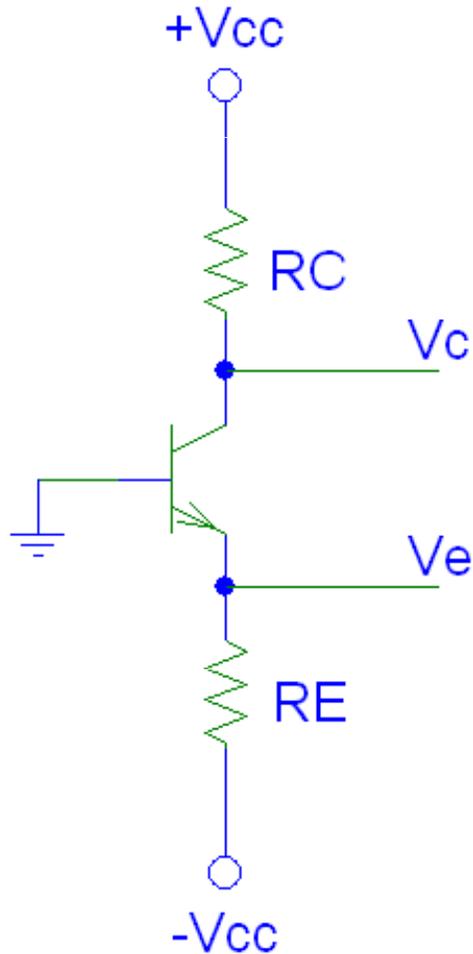
## EJEMPLO

- $R_C = 100 \Omega$
- $R_B = \dots$
- $V_{CC} = 10 \text{ V}$
- $V_{BB} = \dots$
- $V_{BE(\text{on})} = 0,7 \text{ V}$
- $V_{CE(\text{sat})} = 0,2 \text{ V}$
- $h_{FE} = 100$



Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
$V_{BB} = 0 \text{ V}$	$I_B = 0$	$V_{BB} = 10 \text{ V}$	$V_{BB} = 10 \text{ V}$
$R_B = 10 \text{ k}\Omega$	$R_B = 10 \text{ k}\Omega$	$R_B = 10 \text{ k}\Omega$	$R_B = 1 \text{ k}\Omega$

# Ejercicio de clase



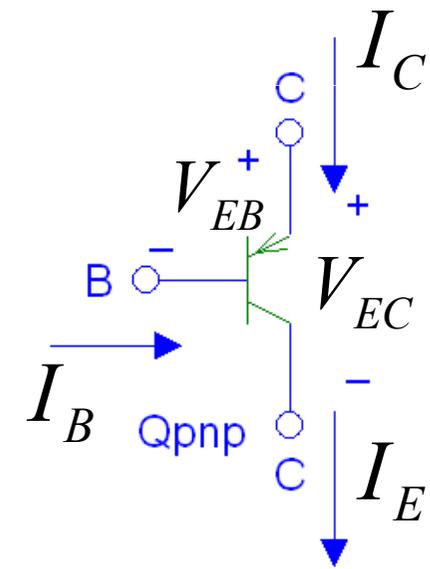
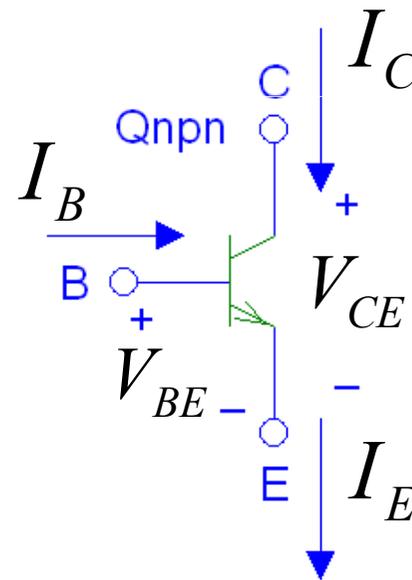
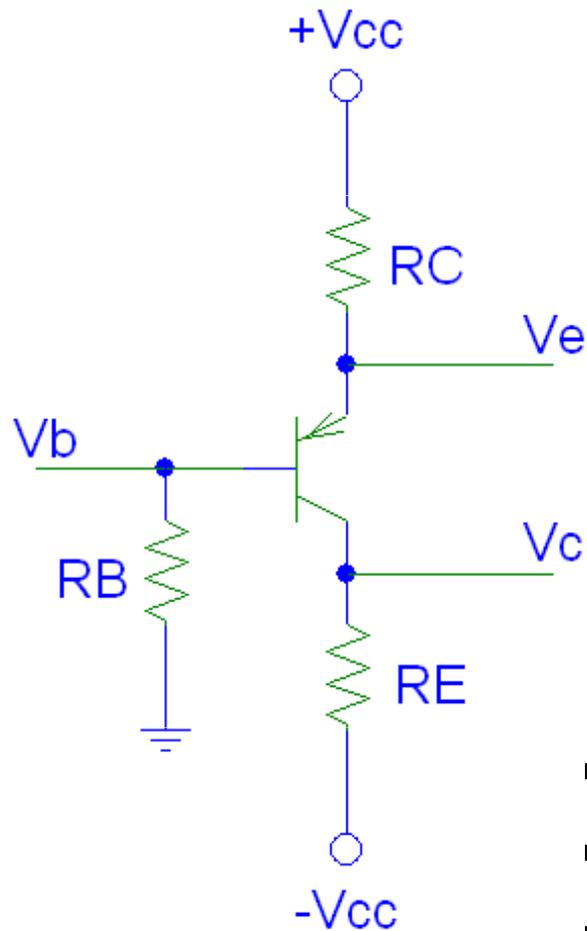
- Razonar la región de funcionamiento
- Calcular la tensión  $V_E$
- Calcular la corriente  $I_E$
- Deducir la relación entre  $I_E$ ,  $I_B$  e  $I_C$
- Calcular las corrientes  $I_C$  e  $I_B$
- Calcular la tensión  $V_C$

## DATOS

- $V_{CC} = 12 \text{ V}$
- $R_C = R_E = 10 \text{ k}\Omega$
- $V_{BE(\text{on})} = 0,7 \text{ V}$
- $V_{CE(\text{sat})} = 0,2 \text{ V}$
- $h_{FE} = 100$

# Ejercicio propuesto

Tensiones y corrientes en NPN y PNP



- Indicar qué tipo de transistor es
- Razonar la región de funcionamiento
- Relacionar  $V_B$  con  $V_E$ ,  $V_B$  con  $I_B$ ,  $V_E$  con  $I_E$  e  $I_E$  con  $I_B$ .
- Relacionar  $V_C$  con  $I_C$