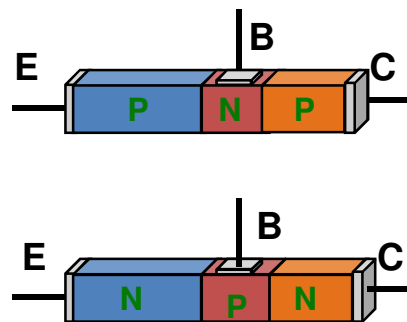


Electrónica

Transistor bipolar – Polarización
Curso 2015

Transistores bipolares

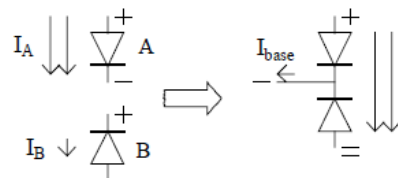
- Los transistores bipolares son dispositivos de **tres** terminales.
- Están constituidos por **dos** semiconductores **P** y uno **N** (transistor PNP) o por **dos** semiconductores **N** y uno **P** (transistor NPN).
- Los terminales reciben el nombre de **emisor**, **base** y **colector**.



Funcionamiento

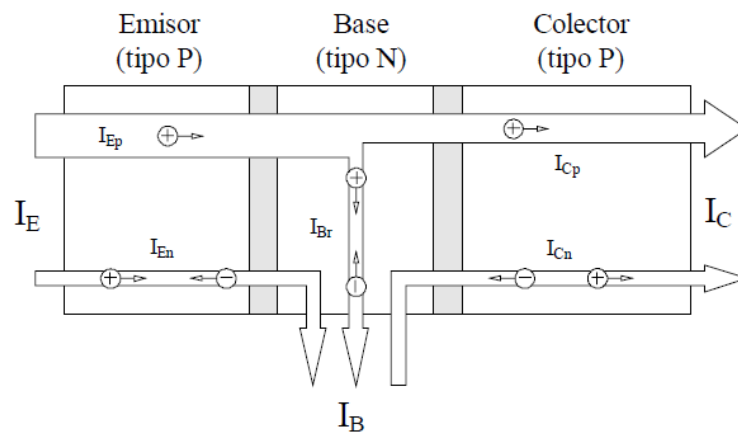
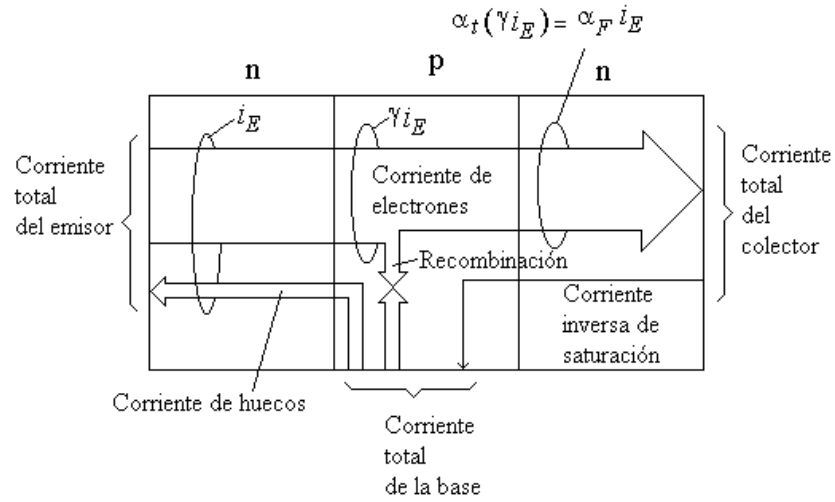
- El transistor bipolar basa su funcionamiento en el control de la corriente que circula entre el emisor y el colector del mismo, mediante la corriente de base.
- En esencia un transistor se puede considerar como un diodo en directa (unión emisor-base) por el que circula una corriente elevada, y un diodo en inversa (unión base-colector), por el que, en principio, no debería circular corriente.
- Pero esta última juntura actúa como una estructura que recoge gran parte de la corriente que circula por emisor-base.

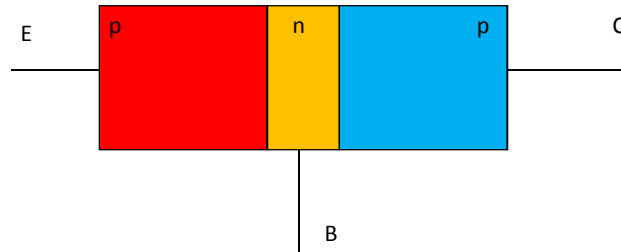
En la figura se puede ver lo que sucede. Se dispone de dos diodos, uno polarizado en directa (diodo A) y otro en inversa (diodo B). Mientras que la corriente por A es elevada (I_A), la corriente por B es muy pequeña (I_B).



Si se unen ambos diodos, y se consigue que la zona de unión (base del transistor) sea muy delgada, entonces toda esa corriente que circulaba por A (I_A), va a quedar absorbida por el campo existente en el diodo B. De esta forma entre el emisor y el colector circula una gran corriente, mientras que por la base una corriente muy pequeña. El control se produce mediante este terminal de base porque, si se corta la corriente por la base ya no existe polarización de un diodo en inversa y otro en directa, y por tanto no circula corriente.

Corrientes en el transistor

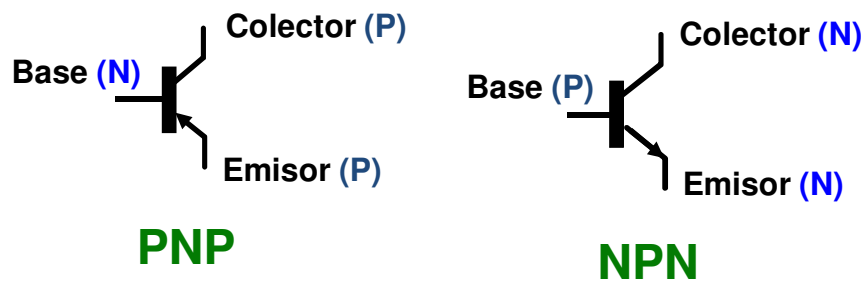




- Tiene dos uniones: Emisor-Base y Colector-Base
- Tiene 3 zonas de trabajo: corte, saturación y activa.

Zona	Unión E-B	Unión C-B
Corte	Inversa	Inversa
Activa	Directa	Inversa
Saturación	Directa	Directa

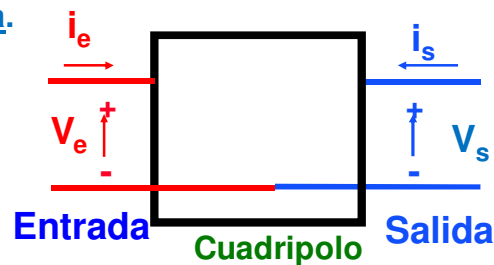
Transistores bipolares.



SÍMBOLOS

Transistores bipolares. Configuraciones

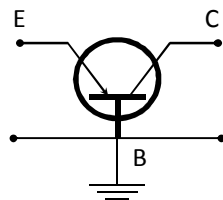
- Un terminal es **común a entrada y salida**.
- De los tres terminales que tiene un transistor, dos actúan como **terminales de entrada** (control).
- Dos de los tres terminales actúan como **terminales de salida**.



Configuraciones del transistor

Hay 4 variables que dependen el tipo de conexión:

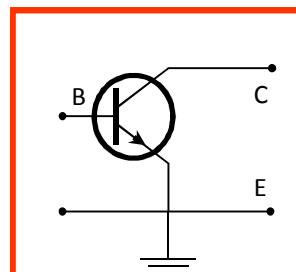
V_{salida} , $V_{entrada}$, I_{salida} , $I_{entrada}$.



Base común

Variables:

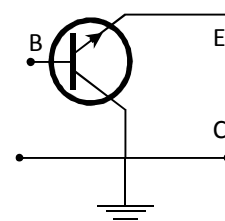
V_{BE} , V_{CB} , I_E , I_C



Emisor común

Variables:

V_{BE} , V_{CE} , I_B , I_C



Colector común

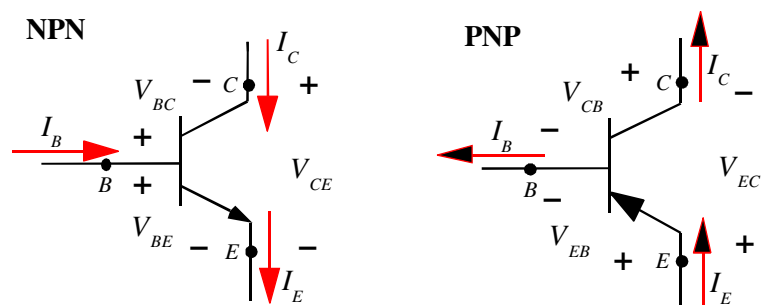
Variables:

V_{CB} , V_{CE} , I_B , I_E

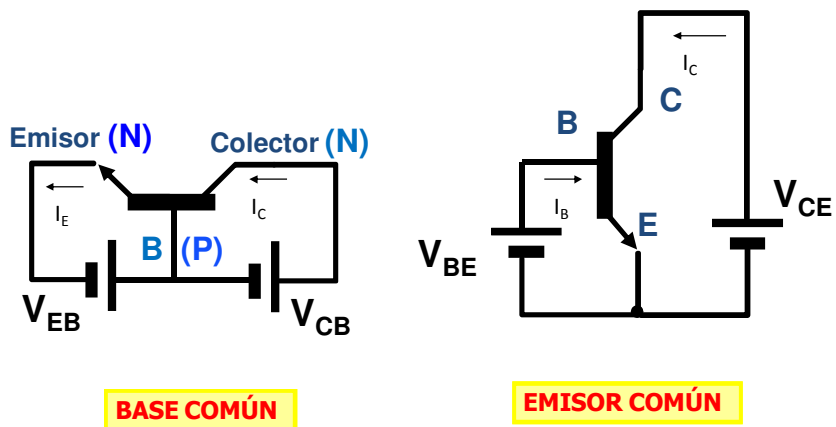
Curvas características	Tipo	Variables que se representan
En emisor común	de entrada	V_{BE} , I_B y V_{CE}
	de salida	I_C , V_{CE} e I_B
En base común	de entrada	V_{BE} , I_E y V_{CB}
	de salida	I_C , V_{CB} e I_E
En colector común	de entrada	V_{BE} , I_B y V_{CE}
	de salida	I_C , V_{CE} e I_B

Tensiones y corrientes

- Corriente en cada terminal: I_C , I_B , I_E
- Diferencias potencial entre terminales: V_{BE} , V_{BC} , V_{CE}
- Dos ecuaciones de comportamiento
- Convenio para el sentido de las corrientes y signo de las tensiones



Transistores bipolares. Configuraciones



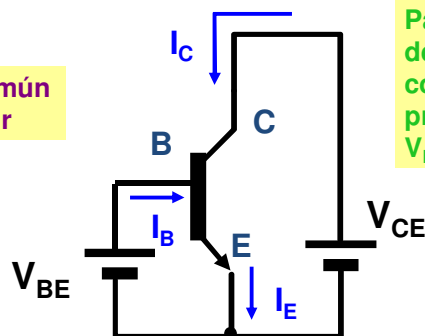
Tecnología Electrónica

Transistores bipolares Configuración en emisor común

El terminal común es el emisor

La corriente de entrada es I_B (controla la corriente de salida I_C)

La tensión de entrada es V_{BE}



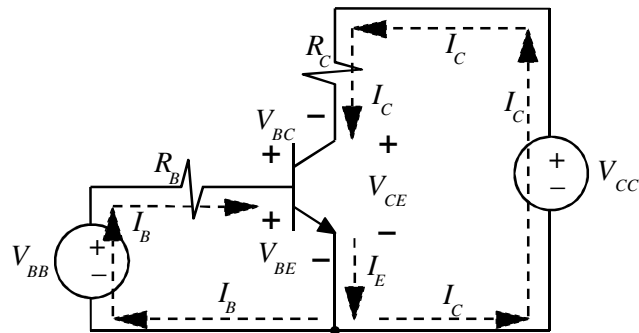
Para controlar I_C , debemos tener una corriente I_B que será proporcionada por V_{BE}

La corriente de salida es I_C

La tensión de salida es V_{CE}

Configuración "emisor común" en activa

Tensiones y corrientes



Tensiones y corrientes

$$I_E = I_B + I_C$$

$$V_{BC} = V_{BE} - V_{CE}$$

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

Zona activa

- La región activa es la zona normal de funcionamiento del transistor.
- Existen corrientes en todos sus terminales y se cumple que la unión base-emisor se encuentra polarizada en directa y la colector-base en inversa.
- Se debe verificar que:

$$V_{BE} = V_{\gamma} = 0,6 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

Zona de corte

- Cuando el transistor se encuentra en corte no circula corriente por sus terminales. Concretamente, decimos que el transistor se encuentra en corte cuando se cumple la condición:

$$I_E = 0 \quad \text{ó} \quad I_E < 0$$

- Esta última condición indica que la corriente por el emisor lleva sentido contrario al que llevaría en funcionamiento normal.
- Para polarizar el transistor en corte basta con no polarizar en directa la unión base-emisor del mismo, es decir, basta con que $V_{BE}=0$.

Zona de saturación

- En la región de saturación se verifica que tanto la unión base-emisor como la base-colector se encuentran en directa.
- Se dejan de cumplir las relaciones de activa, y se verifica sólo lo siguiente:

$$V_{BE} = V_{BESAT} = 0,7 V$$

$$V_{CE} = V_{CESAT} = 0,2 V$$

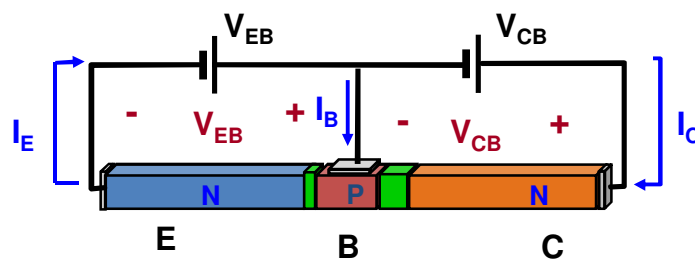
- Cuando el transistor se encuentra en saturación circula también corriente por sus tres terminales, pero ya **no se cumple la relación y ahora** :

$$I_C < \beta I_B$$

Transistores bipolares.

NPN en zona activa. Corrientes.

- Sea un transistor npn, al que polarizamos de la siguiente forma:
- Unión emisor-base en directa, unión colector-base en inversa.



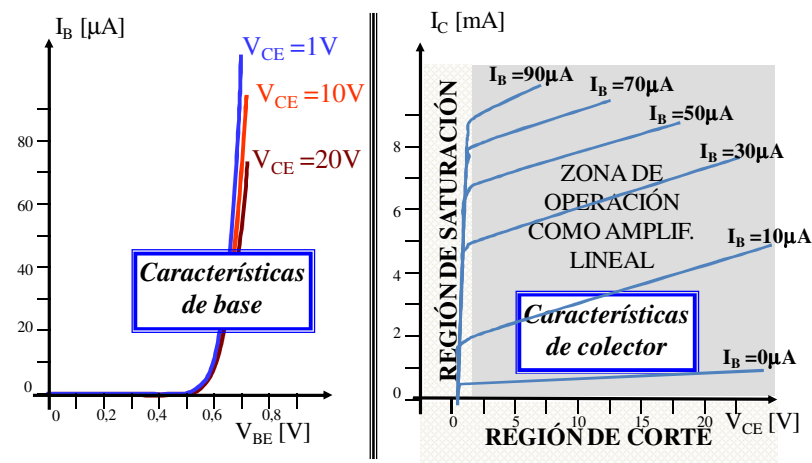
Transistores bipolares. NPN en zona activa. Corrientes.

- Existen tres corrientes: I_E , I_C e I_B .
- Se debe cumplir la 1ª ley de Kirchhoff:

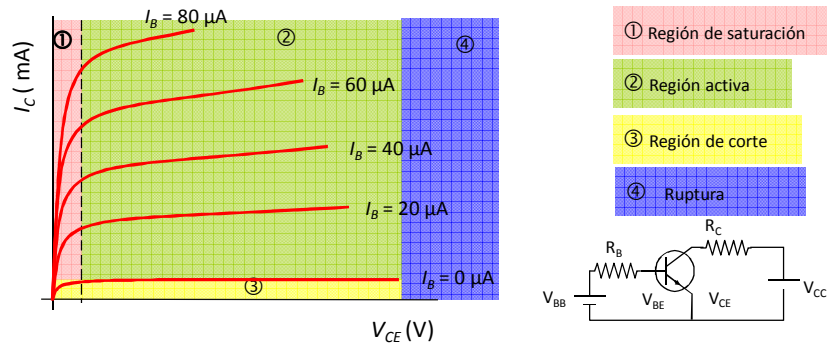
$$I_E + I_B + I_C = 0$$

- $I_B \ll I_C$ $I_C \approx I_E$

Curvas características en EC

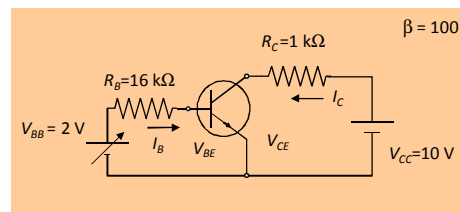


Curvas características del transistor en EC



- En **región activa**: unión EB con polarización directa, BC con polarización inversa. Aplicación en amplificación.
- En **región de corte**: las dos uniones polarizadas inversamente: **circuito abierto**.
- En **región de saturación**: las dos uniones polarizadas directamente: **cortocircuito**.

Línea de carga y punto de funcionamiento



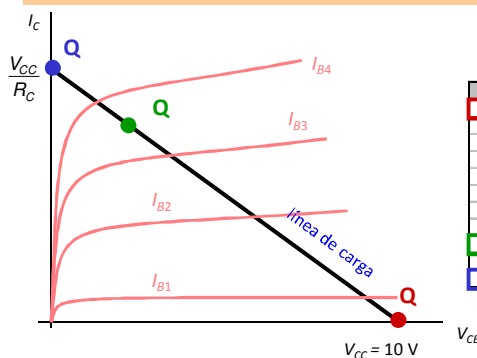
$$V_{BE} \approx 0,7\text{ V}$$

$$V_{BE} = -I_B R_B + V_{BB}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

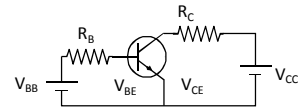
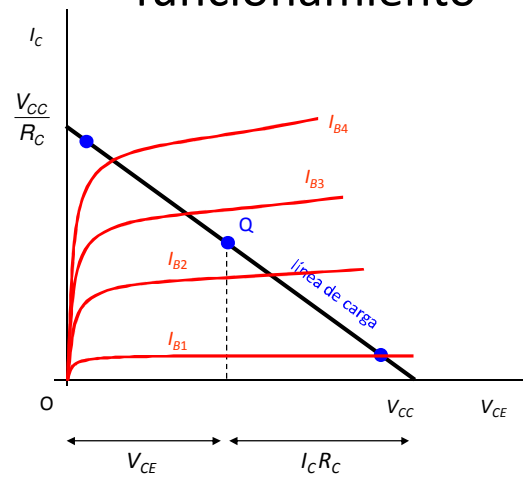
$$I_C = \beta I_B$$

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



$V_{BB}\text{ (V)}$	$V_{CE}\text{ (V)}$	$I_C\text{ (mA)}$	$I_B\text{ (}\mu\text{A)}$	
0,7	10	0	0	Corte
0,8	9,375	0,625	6,25	
0,9	8,75	1,25	12,5	
1	8,125	1,875	18,75	
1,2	6,875	3,125	31,25	
1,4	5,625	4,375	43,75	
1,6	4,375	5,625	56,25	
1,8	3,125	6,875	68,75	
2	1,875	8,125	81,25	
2,2	0,625	9,375	93,75	
2,3	0	10	100	Saturación

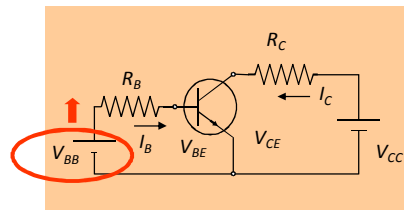
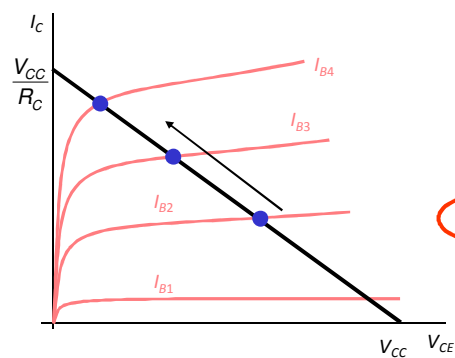
Línea de carga y punto de funcionamiento



$$V_{CE} = -I_C R_C + V_{CC}$$

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

Punto de funcionamiento: I_B



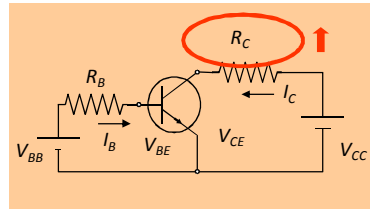
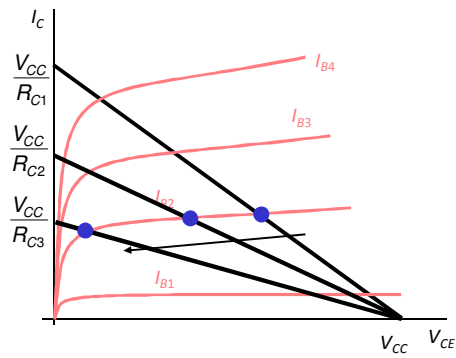
➤ Si cambiamos (aumentamos) el valor de la tensión de alimentación de base (V_{BB}), el punto de trabajo se desplaza por la recta de carga hasta intersectar la curva con el nuevo valor I_B .

➤ El punto se tiene que desplazar a lo largo de la recta, pues representa a la ecuación de la malla de salida.

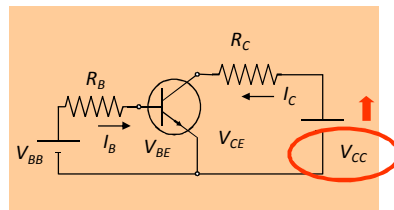
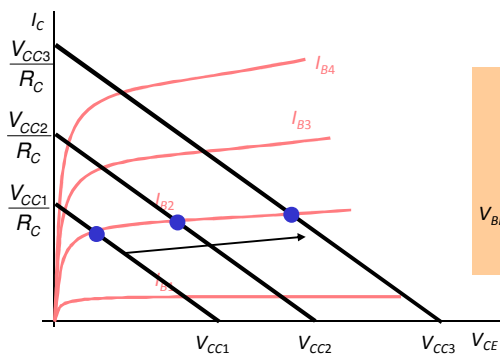
➤ Si I_B aumenta también aumenta la corriente de colector I_C pues $I_C = \beta I_B$ y también cambia V_{CE} .

➤ La pendiente de la recta (ecuación de salida) no cambia pues no cambia R_C .

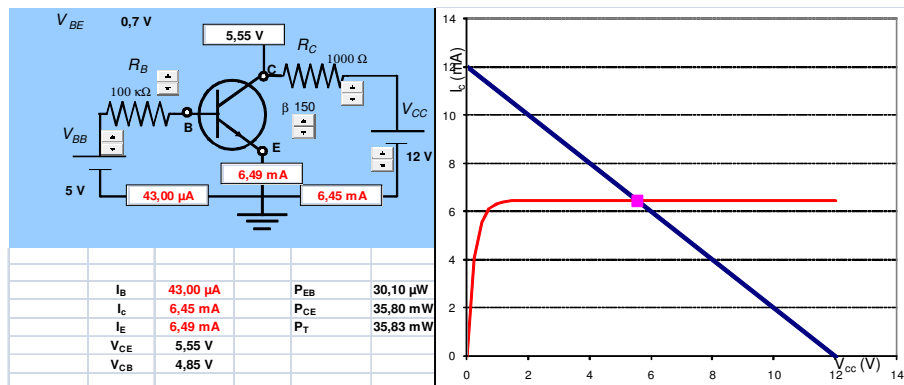
Punto de funcionamiento: R_C



Punto de funcionamiento: V_{CC}



Línea de carga y punto de funcionamiento



➤ Es necesario polarizar al transistor porque no da lo mismo trabajar en cualquier punto de su característica.

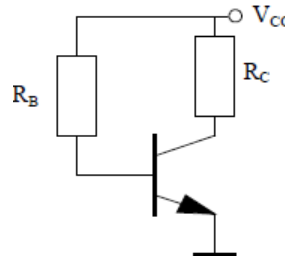
- ✓ El circuito siguiente se llama de polarización fija.
- ✓ Se llama así porque la corriente de base está fija (por parámetros externos) como muestra la ecuación en el siguiente ppt.
- ✓ Problemas : la I_C varía con la temperatura. Si I_C aumenta, hay más corriente y la T aumenta, vuelve a aumentar I_C y así siguiendo.
- ✓ Aunque no se llegue a extremos destructivos, al cambiar I_C también cambia V_{CE} , en consecuencia el punto de polarización.

$$-V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

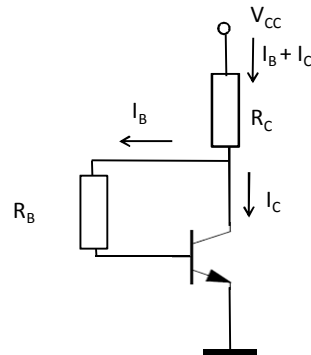
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \approx \frac{V_{CC}}{R_B}$$

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0$$

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



Para tratar de estabilizar el punto de polarización, se utiliza el circuito



$$-V_{CC} + (I_B + I_C)R_C + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - I_C R_C}{R_B + R_C}$$

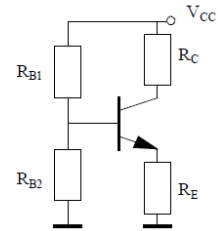
$$-V_{CC} + (I_C + I_B)R_C + V_{CE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C + I_B)R_C$$

$$-V_{TH} + I_B R_{TH} + V_{BE} + I_E R_E = 0$$

$$-V_{TH} + I_B (R_{TH} + R_E) + V_{BE} + I_C R_E = 0$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE} - I_C R_E}{R_{TH} + R_E}$$



$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0$$

$$-V_{CC} + (I_C + I_B) R_C + V_{CE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) - I_B R_E$$

