

## Transistores

Reemplazo de las valvulas termoionicas, con ventajas de costo, confiabilidad; tamaño; consumo; etc  
Mas tarde se fabricaron circuitos de varios transistores en 1 solo cristal: circuitos integrados. Actualmente hay circuitos integrados de 25 millones de transistores  
Volumen de valvula termoionica:  $15 \text{ cm}^3$ ; Volumen de un transistor en un chip:  $10^{-10} \text{ cm}^3$

### Tipos de transistores:

- 1) Bipolar o de union B.J.T. (Bipolar Junction Transistor)
- 2) Unipolar o de efecto campo (Field Effect Transistor)

Bipolar: Basados en la combinacion de uniones p-n:

formado por dos uniones proximas tipo

"Sand wich" n-p-n o p-n-p donde la zona central es de espesor muy pequeño. El dispositivo se fabrica a partir de un monocristal de silicio extrinseco con procesos similares al de los diodos

Cada parte del transistor cumple una funcion distinta

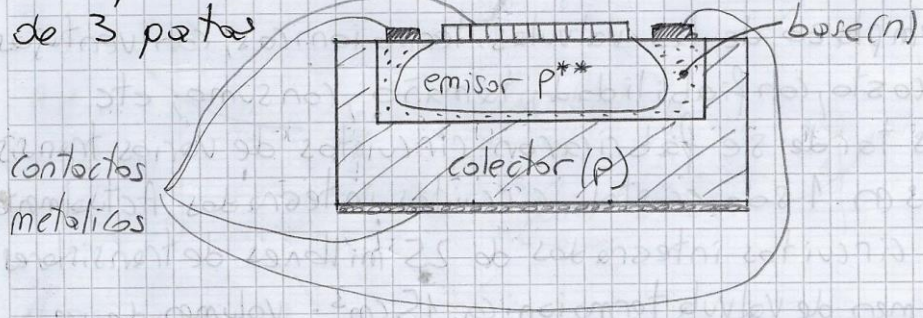
EMISOR: fuertemente dopado con propiedades cercanas al metal emite portadores

hacia el proximo sector que es la base

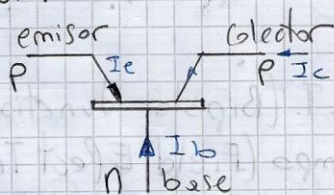
BASE: Sector poco dopado y de pequeño espesor

②

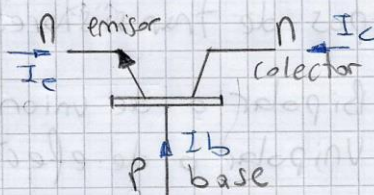
Colector: ultimo extremo donde llegan casi todas los portadores emitidos  
Cada parte se conecta con el exterior: dispositivo de 3 patas



Simbología



transistor p-n-p



transistor n-p-n

$I_e$ : corriente emisor;  $I_b$ : corriente base;  $I_c$ : corriente colector

$V_e$ : tension emisor;  $V_b$ : tension base;  $V_c$ : tension colector

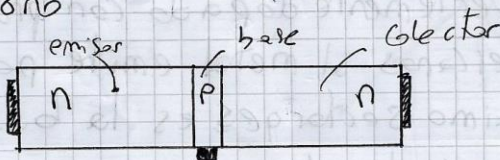
Conveniencia  $V_{bc} = V_b - V_c$ : tension base colector

$V_{ce} = V_c - V_e$  " colector emisor

La suma algebraica debe ser "0"  $V_{bc} + V_{ce} + V_{eb} = 0$

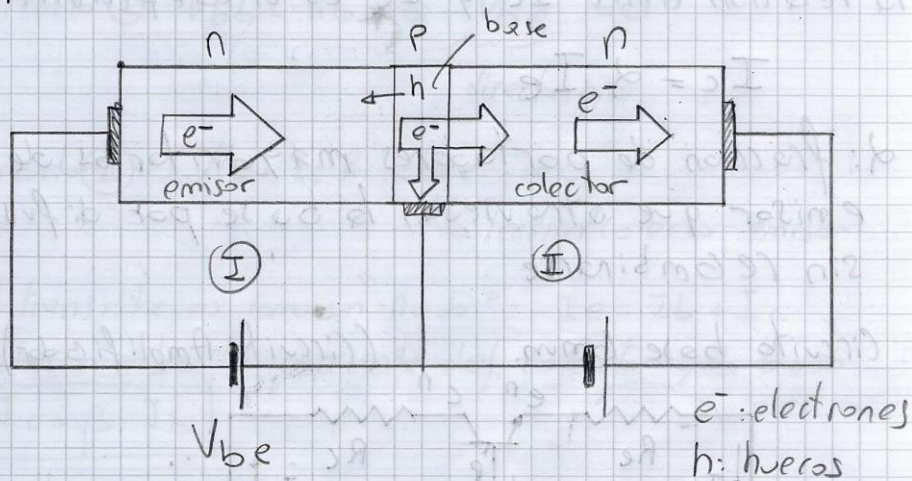
$I_b + I_c + I_e = 0$

En resumen





### Configuración base común



Se presentan dos sub circuitos ① y ② con un conductor común "base común"

el circuito ① emisor-base está polarizado en directa y

el circuito ② colector-base " " " en inversa

así conectado el transistor está en zona "activa"

circulación interna: el emisor fuertemente dopado y con abundancia de portadores impulsado

por el polo negativo de  $V_{be}$  inyecta portadores a la

base hacia la unión emisor-base en sentido contrario

van huecos de la base hacia el emisor pero la unión es

muy asimétrica puesto que la base está débilmente do-

pada. La gran cantidad de portadores que inyecta

el emisor pasan por la base casi sin recombinarse

con los huecos de esta y el 99% de ellos aproximadamente

llegan al colector y son extraídas hacia el circuito

(4)

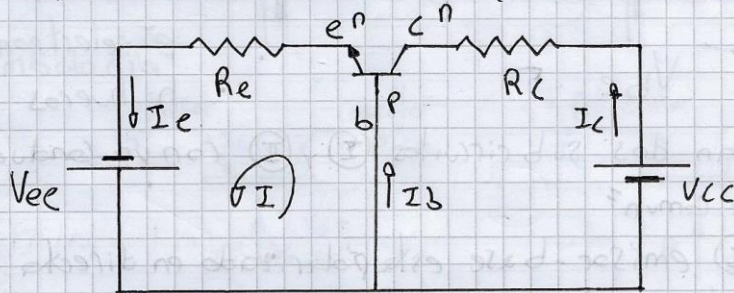
El 1% se recombina en la base con los huecos y salen hacia el circuito exterior

la relación entre  $I_c$  y  $I_e$  es el coeficiente  $\alpha$

$$I_c = \alpha I_e$$

$\alpha$ : fracción de portadores mayoritarios del emisor que atraviesan la base por difusión sin recombinarse

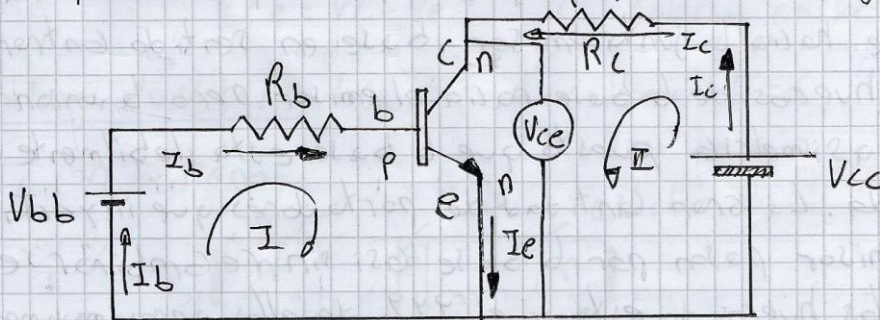
Circuito base común. (Circuito Amplificador)



$$V_{ee} - V_{be} - I_e R_e = 0 \Rightarrow I_e = \frac{V_{ee} - V_{be}}{R_e}$$

↳  $V_{be}$  junctura directa: 0,7V

Configuración emisor común (aplicación digital)





(5)

Circuito (I):  $V_{bb} - R_b I_b - \underbrace{V_{be}}_{\text{directo: } 0,7V} = 0$

directo: 0,7V

Circuito (II)  $V_{cc} - I_c R_c - V_{ce} = 0$

La tensión colector emisor

el transistor es como un "nodo":  $I_e = I_b + I_c$

relación entre la corriente del colector y la base:

$$\boxed{I_c = \beta I_b}$$

$\beta$ : factor de ganancia: dato de la ficha técnica del transistor

en general  $\beta \cong 100$  se relaciona con el coeficiente

$\alpha$ :  $I_c = \alpha I_e \Rightarrow$

$$\frac{I_c}{\alpha} = \frac{I_c}{\beta} + I_c \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + 1 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{1+\beta}{\beta} \Rightarrow$$

también

$$\boxed{\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

$$\boxed{\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}}$$

o sea si  $\beta = 100 \Rightarrow \alpha = 0,99$

estado de saturación: Cuando se obtiene la máxima corriente en el colector  $I_{cmax}$  esto ocurre cuando  $V_{ce} = 0$  (tensión colector emisor)

reemplazando en el circuito (I):

$$V_{CC} - R_C I_{max} = 0 \Rightarrow I_{max} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

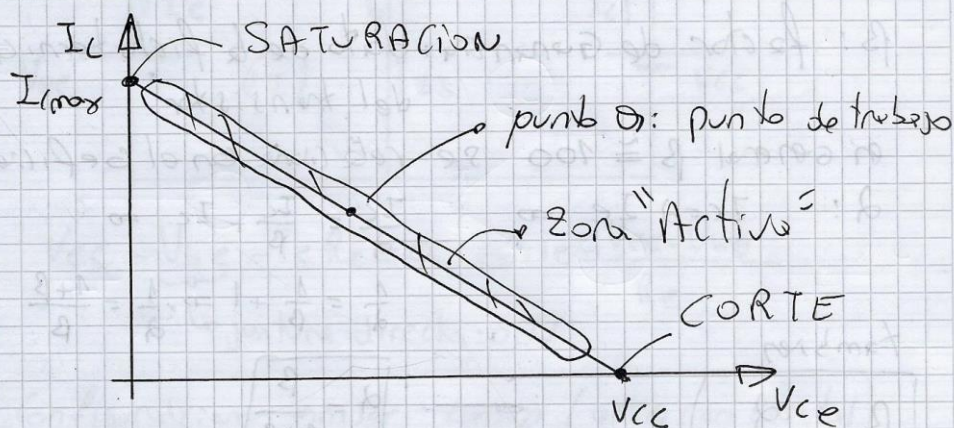
la ecuación del circuito (I) es como una recta:

$$V_{CC} - R_C \underline{I_C} - \underline{V_{CE}} = 0 : V_{CE} \text{ vs } I_C$$

Variables

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

Recta de Carga



estado de corte:  $I_{C_{min}} \approx 0 \Rightarrow V_{CE} \approx V_{CC}$

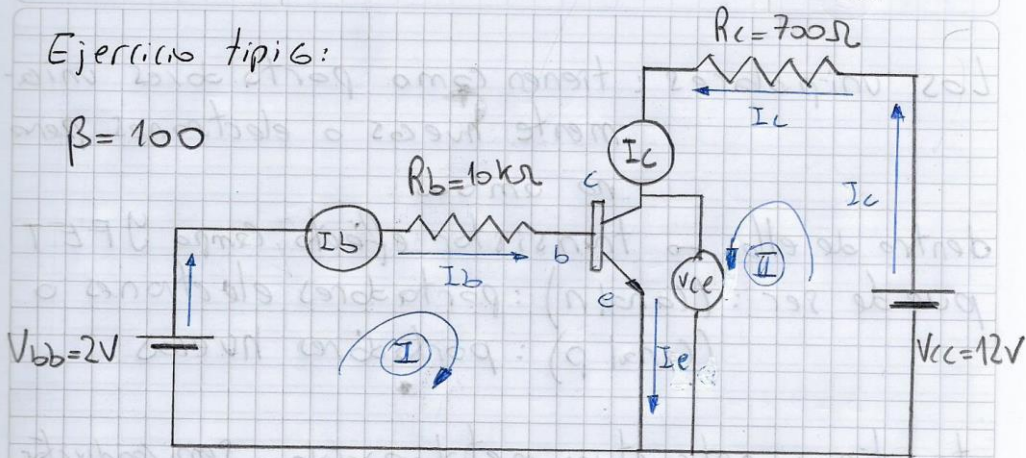
entre estos dos estados permuta el transistor cuando trabaja en lógica digital

"0" y "1" según este saturado o en corte



Ejercicio típico:

$$\beta = 100$$



Circuito (I):  $2V - 10k\Omega I_b - \underbrace{V_{be}}_{0,7V} = 0 \Rightarrow I_b = 0,13mA$

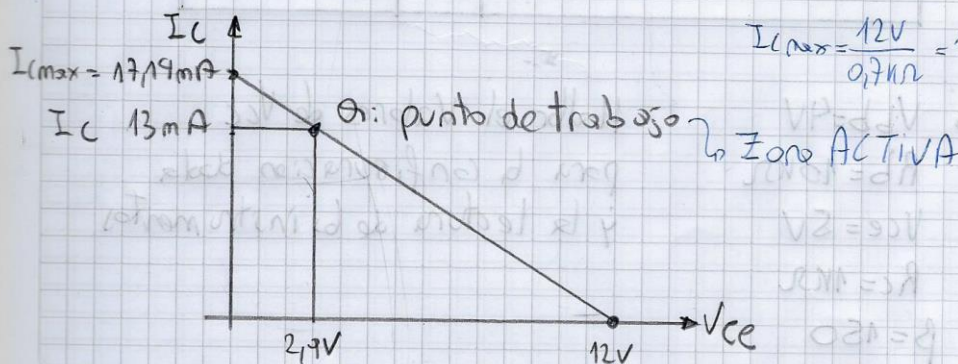
$I_c = \beta I_b \Rightarrow I_c = 100 \cdot 0,13mA = 13mA \Rightarrow I_c = 13mA$

Circuito (II):  $12V - 0,7k\Omega I_c - V_{ce} = 0$   
 $12V - 0,7k\Omega \cdot 13mA = V_{ce} \Rightarrow V_{ce} = 2,9V$

$I_e = I_c + I_b = 13mA + 0,13mA$   
 $I_e = 13,13mA$

$$I_{cmax} = \frac{V_{cc}}{R_c}$$

$$I_{cmax} = \frac{12V}{0,7k\Omega} = 17,14mA$$



otros tipos de transistores

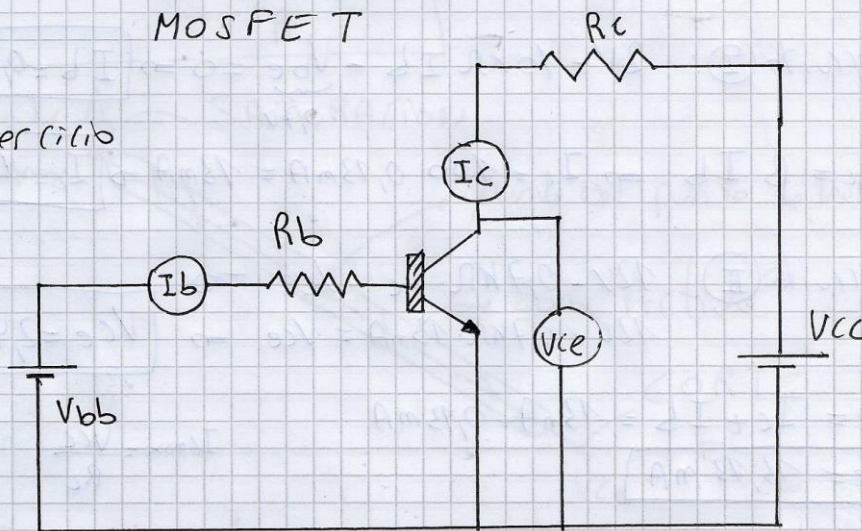
(8)

Los unipolares: tienen como portadores únicamente huecos o electrones pero no ambos

dentro de ellos  $\rightarrow$  transistor efecto campo y FET  
puede ser: (canal n): portadores electrones o  
(canal p): portadores huecos

otro tipo: estructura metal-óxido-semiconductor  
MOSFET

Ejercicio



Datos  $V_{bb}=4V$   
 $R_b=10k\Omega$   
 $V_{ce}=5V$   
 $R_c=1k\Omega$   
 $\beta=150$

Hallar el Vabres de  $V_{cc}$   
para la configuración dada  
y la lectura de los instrumentos