

Capítulo 3: TRANSISTORES

Un transistor es un dispositivo electrónico semiconductor de tres terminales utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada.

Es un dispositivo que regula el flujo de corriente o de voltaje de un circuito actuando como interruptor y/o amplificador.

El **transistor** con su abreviatura Q, es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada.

Es construido de los mismos materiales con que se construyeron los diodos.

Cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador y rectificador.

El término «**transistor**» es la contracción en inglés de transfer resistor («resistor de transferencia»)

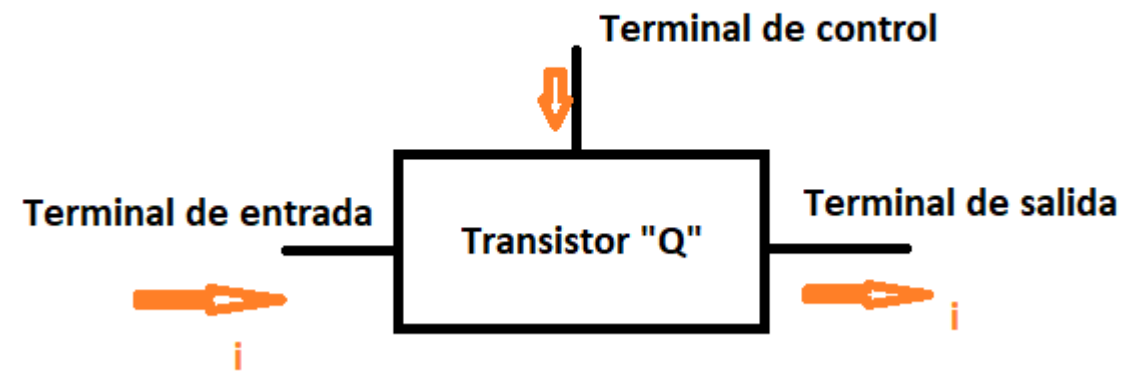
Los transistores tiene tres terminales que reciben nombre dependiendo del tipo.

Podemos clasificar los transistores en 2 grupos:

BJT : Bipolar Junction Transistor

FET: Field-Effect Transistor

Iniciaremos con la teoría de los FET



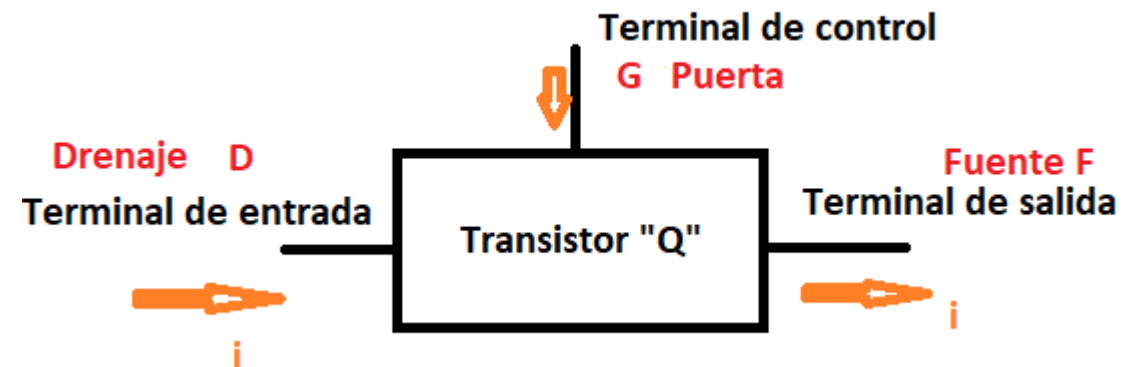
FET (Transistor de Efecto de Campo)

El transistor de efecto campo (FET, del inglés field-effect transistor) es un transistor que usa el campo eléctrico para controlar el paso de la corriente que ingresa por uno de sus terminales llamado drenaje “D” hacia otro llamado fuente “S”.

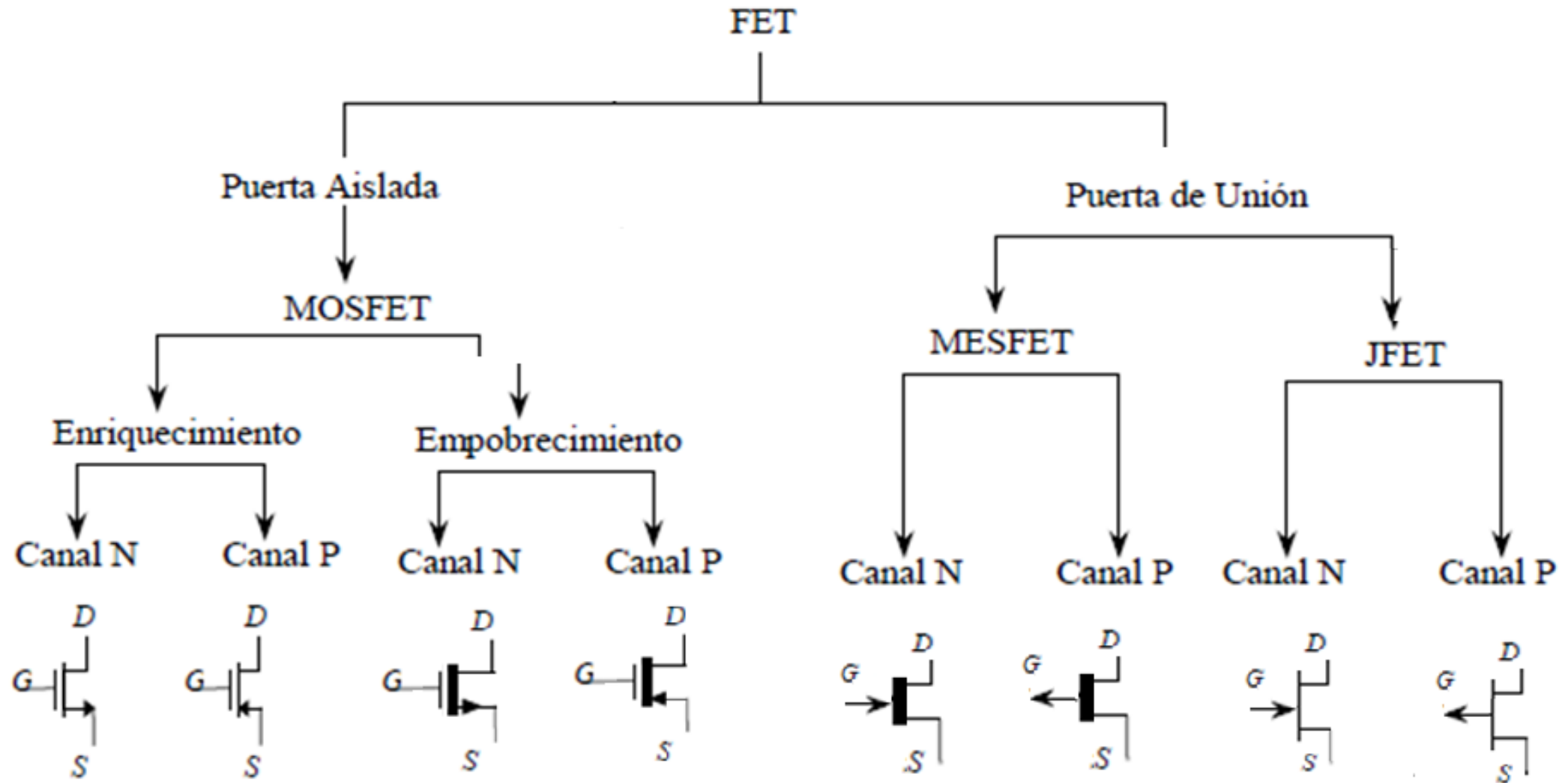
Dicho campo eléctrico ingresa por el terminal llamado puerta “G” el cual se considera el terminal de control.

El paso de la corriente se hace a través de un semiconductor que al aplicarle un campo eléctrico crea una zona llamada canal. Dicho canal transporta un solo tipo de portador de carga, por lo que también suele ser conocido como transistor unipolar.

Es un semiconductor que posee tres terminales, denominados puerta (representado con la G), drenador (D) y fuente (S). Se dividen en dos tipos, los de canal N y los de canal P, dependiendo del tipo de material del cual se compone el canal del dispositivo.



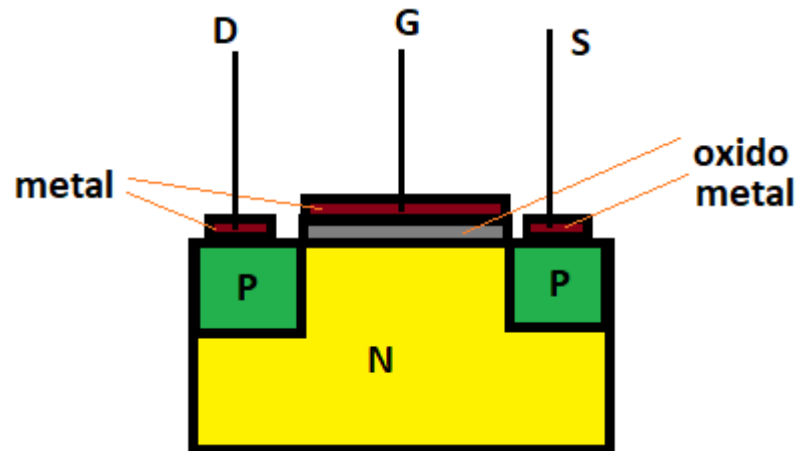
Los FET se clasifican dependiendo de la configuración de la puerta



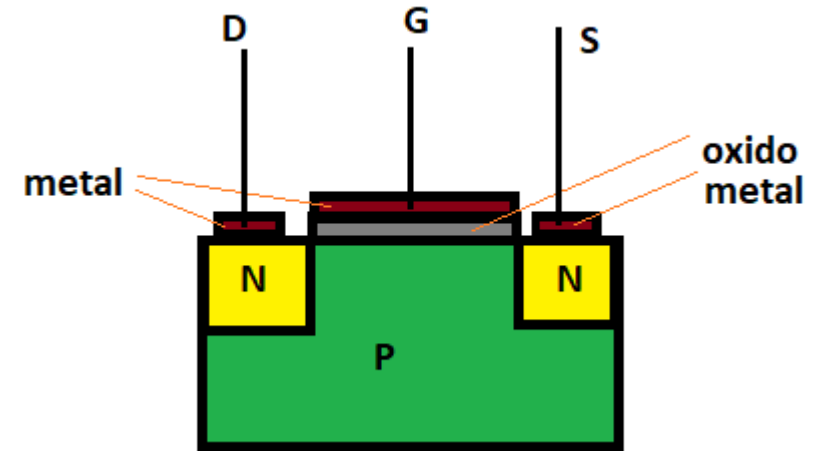
TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO DE SEMICONDUCTOR DE ÓXIDO DE METAL “MOSFET”

El transistor mosfet es construido a partir de la unión de semiconductores tipo P y N.

Se le llama canal al trayecto que se forma entre el semiconductor del lado drenaje y el de la fuente con el propósito que la corriente circule entre estos.



Canal P

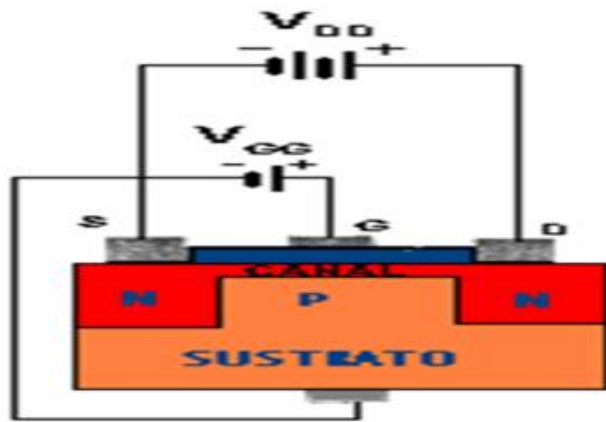


Canal N

Se le llama canal P debido a que se construye ese canal en el semiconductor tipo N

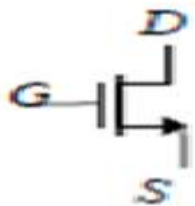
Los MOSFET pueden ser de empobrecimiento y de enriquecimiento. Aparte de algunas aplicaciones específicas, el MOSFET de empobrecimiento se usa muy poco.

El MOSFET de enriquecimiento se usa mucho, tanto en circuitos discretos como integrados. En circuitos discretos se usan como interruptores de potencia, que significa conectar y desconectar corrientes grandes. En circuitos integrados su uso principal es en conmutación digital, proceso básico que fundamenta los ordenadores modernos.

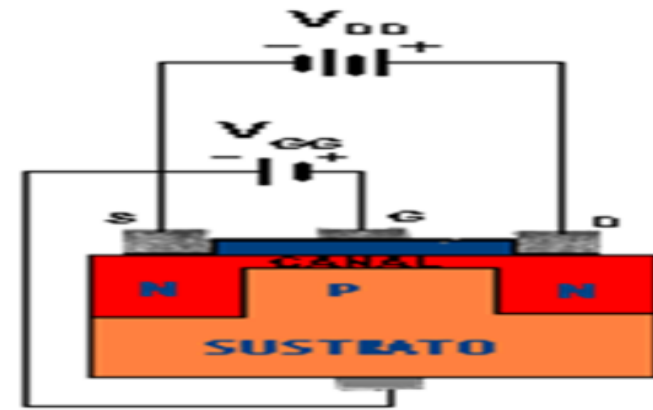
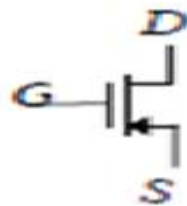


Modo de enriquecimiento

Canal N

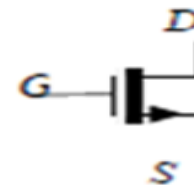


Canal P

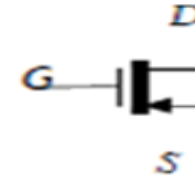


Modo de empobrecimiento

Canal N

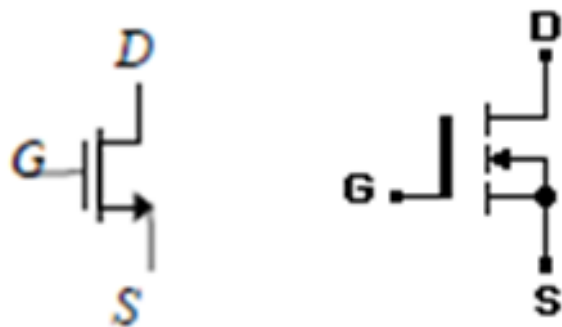
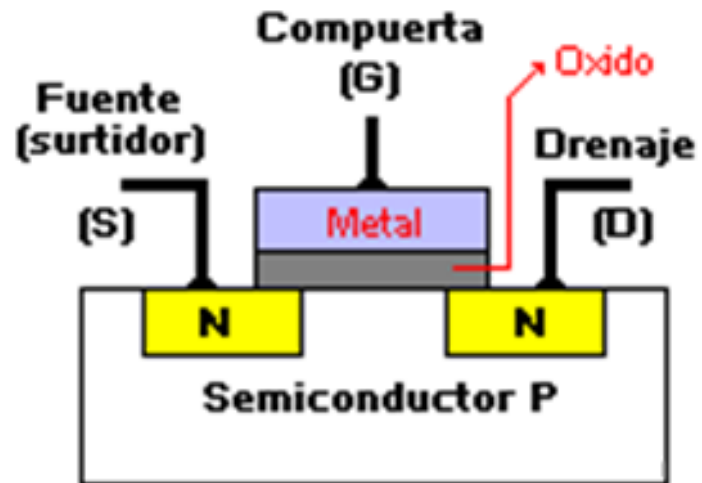


Canal P

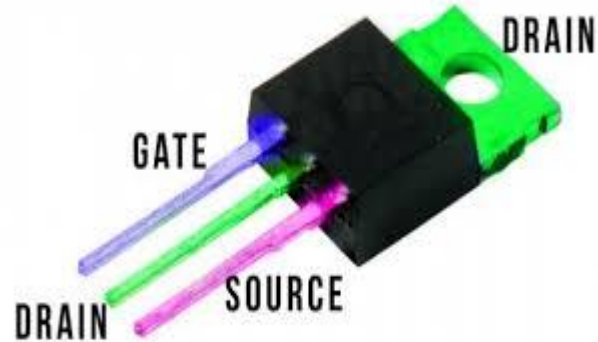
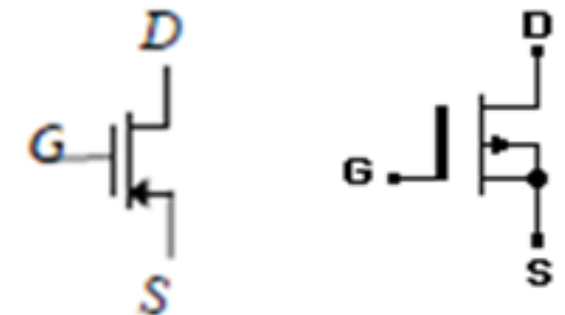
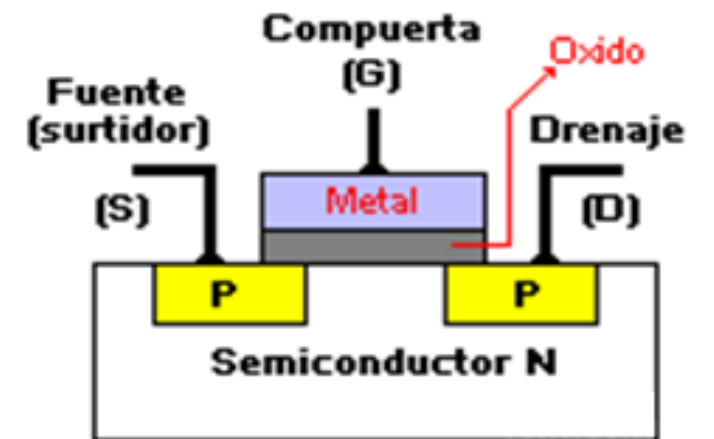


MOSFET DE ENRIQUECIMIENTO

MOSFET canal N



MOSFET canal P



Videos del transistor MOSFET

<https://www.youtube.com/watch?v=X7j2tG0SyeA>

<https://www.youtube.com/watch?v=Z68aRlgydql>

<https://www.youtube.com/watch?v=5dNvnTPTwRo>

https://www.youtube.com/watch?v=Bine_PbyFSQ

<https://www.youtube.com/watch?v=SjeK1nkiFvI>

<https://www.youtube.com/watch?v=p34w6ISouZY>

<https://www.youtube.com/watch?v=AoXhq5nAGVs>

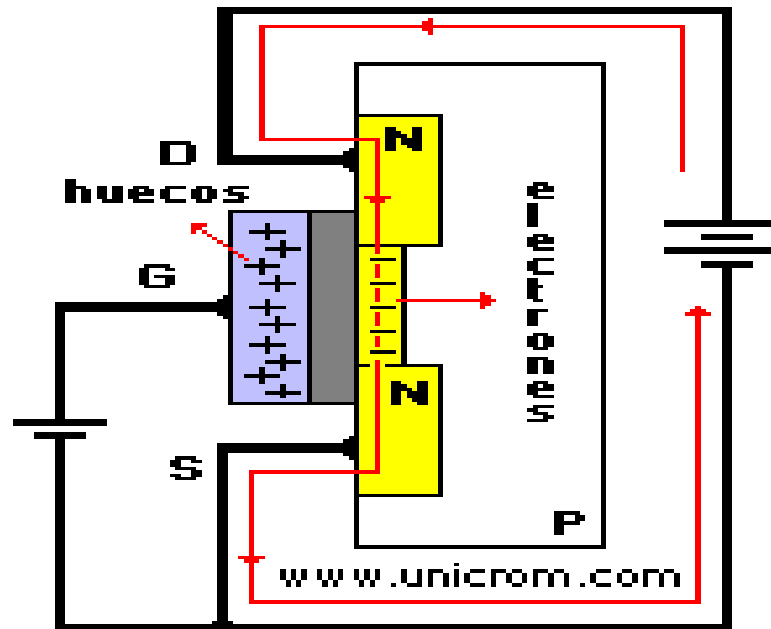
<https://www.youtube.com/watch?v=9JKj-wlEPMY>

https://learnabout-electronics.org/Semiconductors/semiconductors_01.php

MOSFET DE ENRIQUECIMIENTO CANAL N

Para que circule corriente del drenaje a la fuente en un **MOSFET de canal N** se debe aplicar una tensión positiva en la compuerta.

Así los electrones de la fuente (source) y el drenaje (Drain) son atraídos a la compuerta (Gate) a través del campo eléctrico creado entre el terminal de la compuerta y el oxido, con ello se crea un canal “N” entre estos. La amplitud o anchura de este canal (y la cantidad de corriente) depende o es controlada por la tensión aplicada a la compuerta.

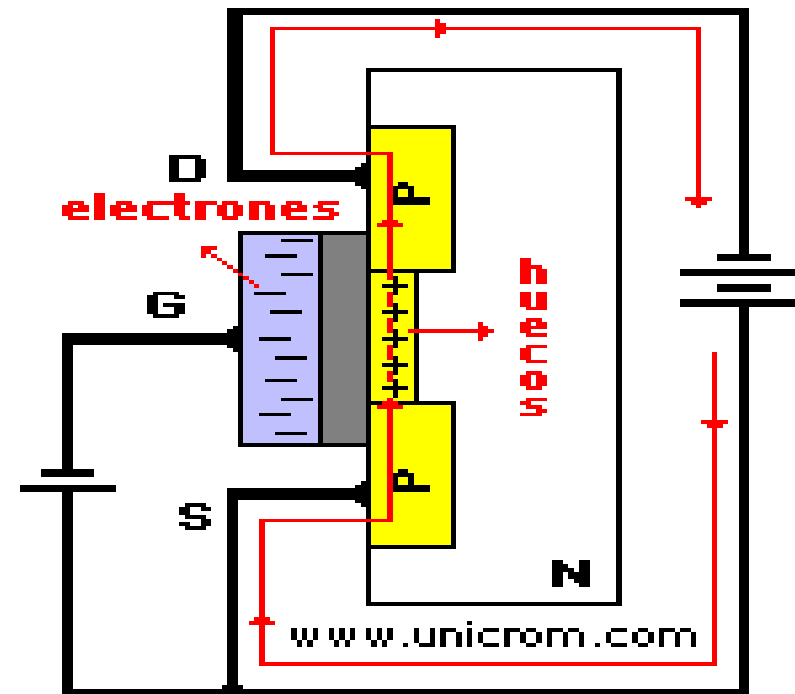


MOSFET DE ENRIQUECIMIENTO CANAL P

En el caso del **MOSFET** de **canal P**, se da una situación similar. Cuando se aplica una tensión negativa en la compuerta, los huecos (ausencia de electrones) del canal N entre el drenaje y de la fuente son atraídos hacia la compuerta y pasan a través del canal P que se crea entre ellos. La amplitud o anchura del puente (y la cantidad de corriente) depende de la tensión aplicada a la compuerta.

Debido a la delgada capa de óxido que hay entre la compuerta y el semiconductor, no hay corriente por la compuerta. La corriente que circula entre drenaje y fuente es controlada por la tensión aplicada a la compuerta.

Los transistores MOSFET se pueden dañar con facilidad y hay que manipularlos con cuidado. Debido a que la capa de óxido es muy delgada, se puede destruir con facilidad si hay alta tensión o hay electricidad estática. Esta capa aislante (área gris) es tan delgada que se si produjera un campo eléctrico fuerte, podría destruirse, es por eso que la **manipulación del MOSFET** es tan importante.



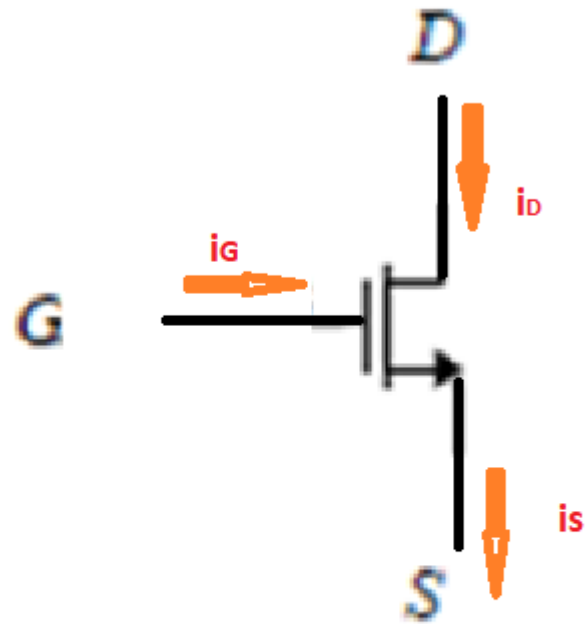
Simulación de la creación del canal de un mosfet

<https://www.youtube.com/watch?v=5dNvnTPTwRo&t=1s>

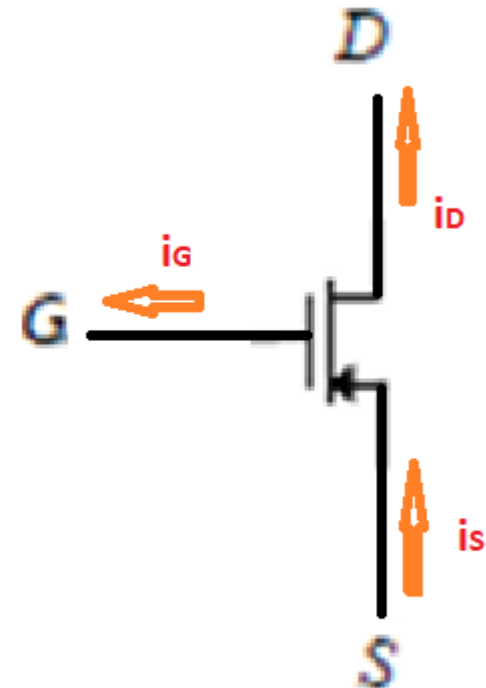
Trabajo grupal: realice un informe en el que explique como se construyen los transistores BJT NPN y MOSFET enriquecido canal N, así como su polarización para que conduzcan.

CORRIENTES Y VOLTAJES EN UN TRANSISTOR MOSFET INCREMENTAL

CORRIENTES



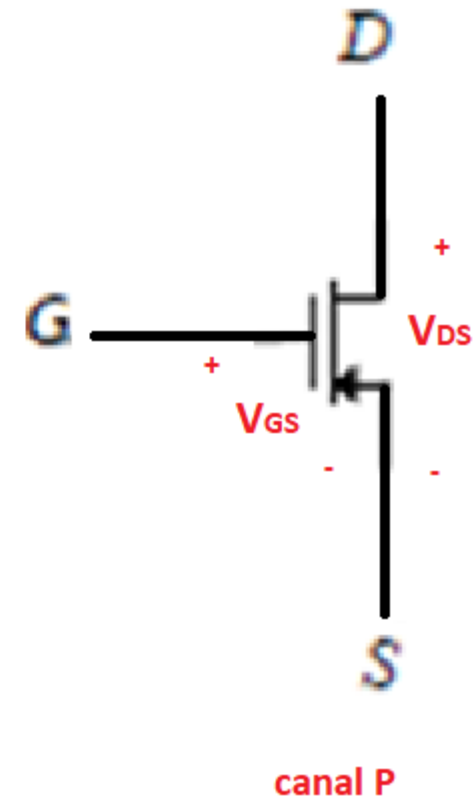
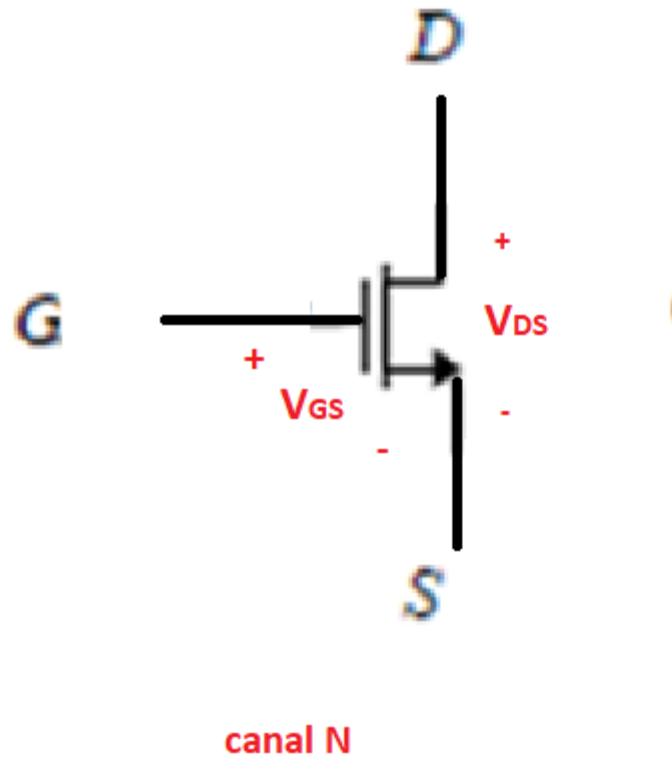
canal N



canal P

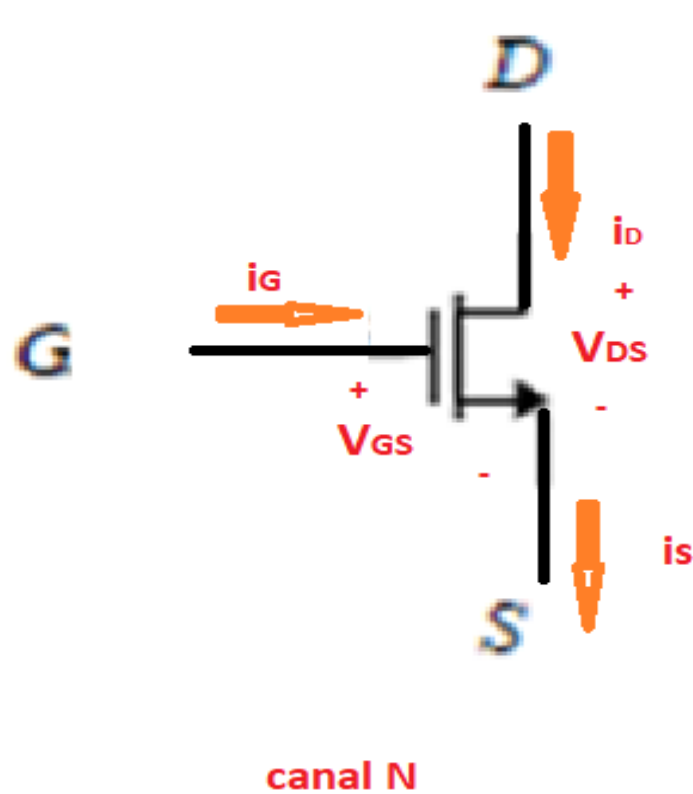
Tips: la flecha sale, la corriente sale

VOLTAJES

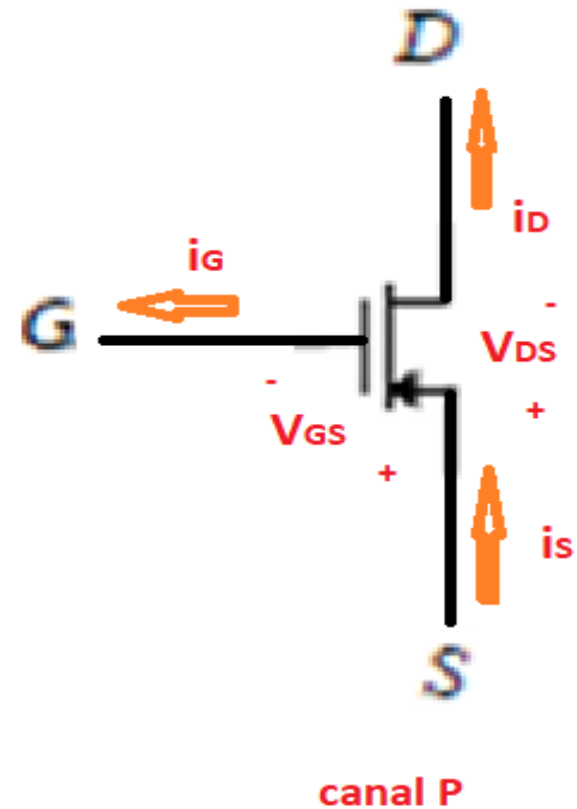


Tips: la flecha mirarla como un diodo, el ánodo es positivo y cátodo negativo.

CORRIENTES Y VOLTAJES EN UN TRANSISTOR MOSFET INCREMENTAL

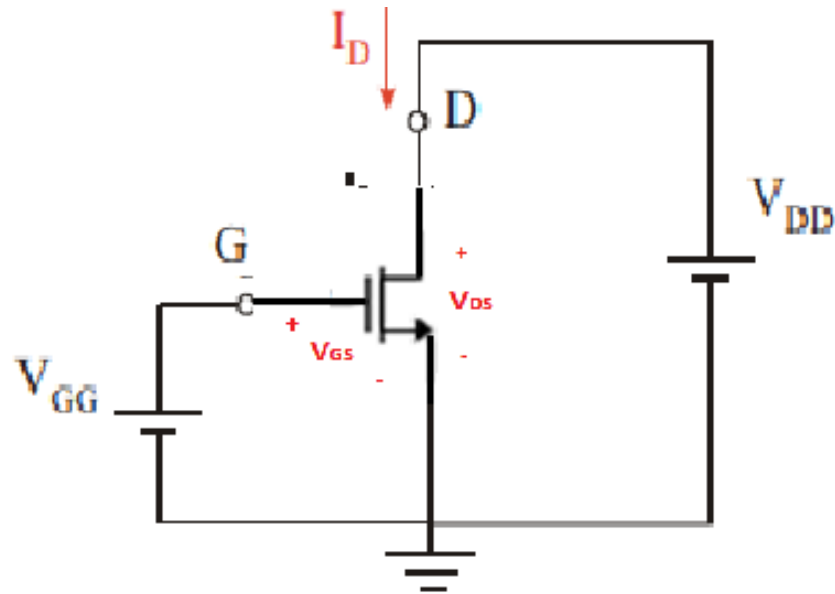


$i_D + i_G = i_S$
como la corriente i_G no ingresa al transistor debido a la compuerta aislada, $i_G = 0$ por lo que $i_D = i_S$



$i_S = i_D + i_G$
como la corriente i_G no ingresa al transistor debido a la compuerta aislada, $i_G = 0$ por lo que $i_D = i_S$

Para el funcionamiento más habitual, los transistores MOSFET de acumulación se polarizan tal y como aparece en la Figura.

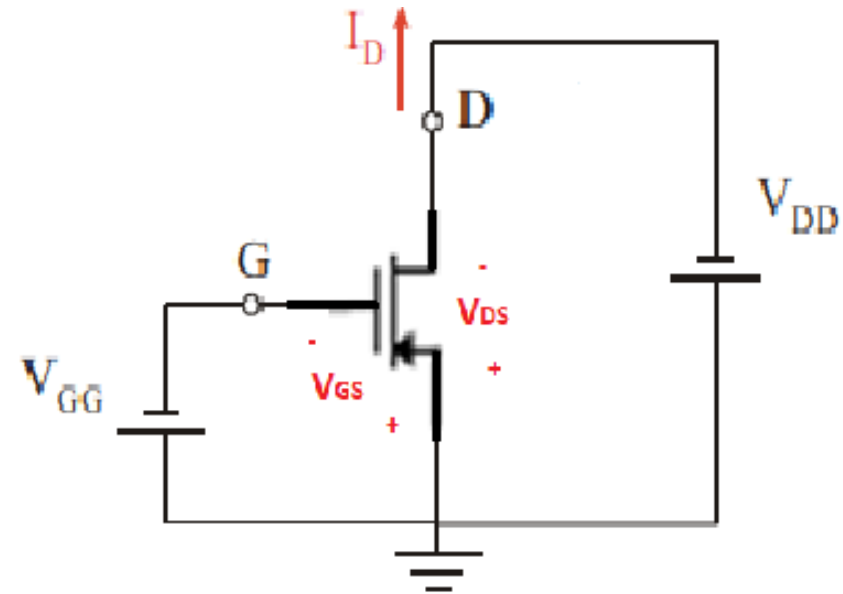


Canal n

V_{DS} positiva

V_{GS} positiva

I_D positiva (entrante)



Canal p

V_{DS} negativa

V_{GS} positiva

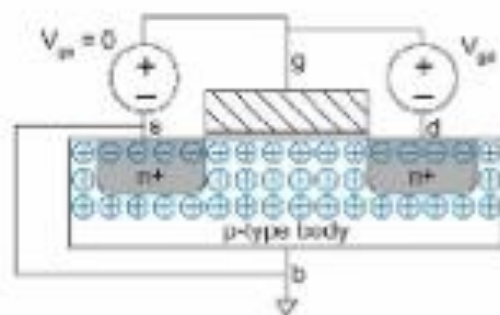
I_D negativa (saliente)

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Podremos distinguir las 4 zonas de funcionamiento del transistor.

- Zona de corte o de no conducción.
- Zona óhmica o de no saturación.
- Zona de saturación o de corriente constante.
- Zona de ruptura.

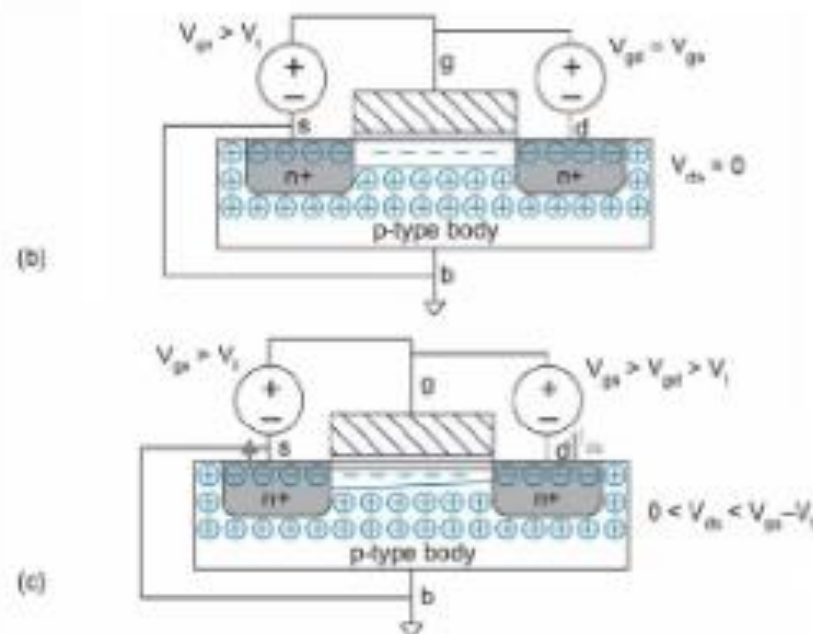
$$0 \leq V_{GS} \leq V_t$$



(a) En corte

$$V_{GS} > V_t$$

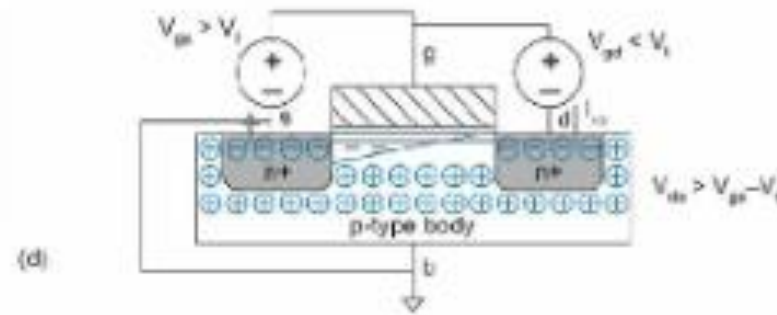
$$0 < V_{DS} \leq V_{GS} - V_t$$



(b) y (c)
En la región lineal

$$V_{GS} > V_t$$

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_t$$



(d) En saturación

ZONA DE CORTE O DE NO CONDUCCIÓN

El transistor estará en esta región, cuando $V_{GS} < V_{TR}$.

V_{TR} llamado voltaje umbral o de encendido, es el voltaje necesario para que el transistor comience a conducir corriente del drenaje a la fuente.

V_{GS} es el voltaje que se refleja en el transistor debido a la aplicación de una fuente de alimentación en la compuesta.

En estas condiciones el transistor MOSFET, equivale eléctricamente a un circuito abierto, entre los terminales del Drenador-Surtidor. En esta región, el dispositivo se encuentra apagado.

$$I_D = 0 \text{ A}$$



Si $V_{GS} \geq V_{TR}$, el transistor MOSFET, estará en la región de conducción y se pueden dar dos casos:

- Zona de saturación o de corriente constante
- Zona óhmica o triodo.

ZONA DE SATURACIÓN O DE CORRIENTE CONSTANTE

En esta zona se debe cumplir dos condiciones.

$$V_{GS} > V_{TR} \text{ y } V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TR}$$

Si $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TR}$, el transistor MOSFET, estará en la **región de saturación** o corriente constante y la corriente I_D puede determinarse de forma aproximada por:

$$I_D = K(V_{GS} - V_{TR})^2$$

V_{DS} es el voltaje entre la fuente y el drenaje.
 k es el parámetro de transconductancia y
se mide en mA/V².

$$K = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L}$$

μ_n es la movilidad efectiva del portador de carga,
 W es el ancho de la puerta,
 L es la longitud de la puerta
 C_{ox} es la capacitancia del óxido de la puerta por unidad de área.

$$K = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L}$$

Algunos de estos datos con los que se construye el transistor no los entrega el fabricante por lo que se deben buscar otros parámetros que cambian la ecuación anterior de corriente.

$$I_D = \frac{K'}{2} \cdot \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$k = \frac{I_D(\text{encendido})}{(V_{gs}(\text{encendido}) - V_{tr})^2}$$

Las hojas de especificaciones de los MOSFET por lo general proporcionan el voltaje del umbral V_{tr} , la corriente de drenaje de encendido $I_D(\text{encendido})$ así como su nivel correspondiente de $V_{GS}(\text{encendido})$. Se debe calcular K de la siguiente formula

$$k = \frac{I_D(\text{encendido})}{(V_{gs}(\text{encendido}) - V_{tr})^2}$$

V_{tr} en las hojas de especificaciones se conoce como $V_{gs(To)}$ = Gate threshold voltaje.

En la figura si muestra para el IRFZ44N

N-channel enhancement mode
TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N

STATIC CHARACTERISTICS

T_j = 25°C unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V _{(BR)DSS}	Drain-source breakdown voltage	V _{GS} = 0 V; I _D = 0.25 mA; T _j = -55°C	55 50	- -	- -	V V
V _{GS(To)}	Gate threshold voltage	V _{DS} = V _{GS} ; I _D = 1 mA; T _j = 175°C	2.0 1.0	3.0 -	4.0 -	V V

Vgs = Gate Source voltage

Id = Drain current (DC) depende de la temperatura de trabajo

LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{DS}	Drain-source voltage	-	-	55	V
V _{DSS}	Drain-gate voltage	R _{GS} = 20 kΩ	-	55	V
±V _{GS}	Gate-source voltage	-	-	20	V
I _D	Drain current (DC)	T _{mb} = 25 °C	-	49	A
I _b	Drain current (DC)	T _{mb} = 100 °C	-	35	A
I _{DM}	Drain current (pulse peak value)	T _{mb} = 25 °C	-	160	A
P _{tot}	Total power dissipation	T _{mb} = 25 °C	-	110	W

Calculando el k para este caso a 100 C° se tiene:

$$k = \frac{I_D(\text{encendido})}{(V_{GS}(\text{encendido}) - V_{tr})^2} = \frac{49}{(20 - 4)^2} = 0,1914 \text{ A/V}^2 = 191,4 \text{ mA/V}^2$$

https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet_1/2sk2000-r.pdf

Para el enlace se tiene

$$k = \frac{I_D(\text{encendido})}{(V_{GS}(\text{encendido}) - V_{tr})^2} = \frac{32}{(20 - 3)^2} = 0,11 \text{ A/V}^2$$

<https://alltransistors.com/es/mosfet>

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17807/PHILIPS/IRFZ44N.html>

Región lineal u óhmica: cuando $V_{GS} > V_{th}$ y $V_{DS} < (V_{GS} - V_{th})$

Al polarizarse la puerta con una tensión mayor que la tensión de umbral, se crea una región de agotamiento en la región que separa la fuente y el drenador. Si esta tensión crece lo suficiente, aparecerán portadores minoritarios (huecos en PMOS, electrones en NMOS) en la región de agotamiento, que darán lugar a un canal de conducción.

El transistor pasa entonces a estado de conducción, de modo que una diferencia de potencial entre drenador y fuente dará lugar a una corriente.

El transistor se comporta como una resistencia controlada por la tensión de puerta.

La corriente en esta zona esta dada por:

$$i_D = K \left[2(v_{GS} - v_{to})v_{DS} - v_{DS}^2 \right] \equiv \frac{k}{2} \left[2(v_{GS} - v_{to})v_{DS} - v_{DS}^2 \right]$$

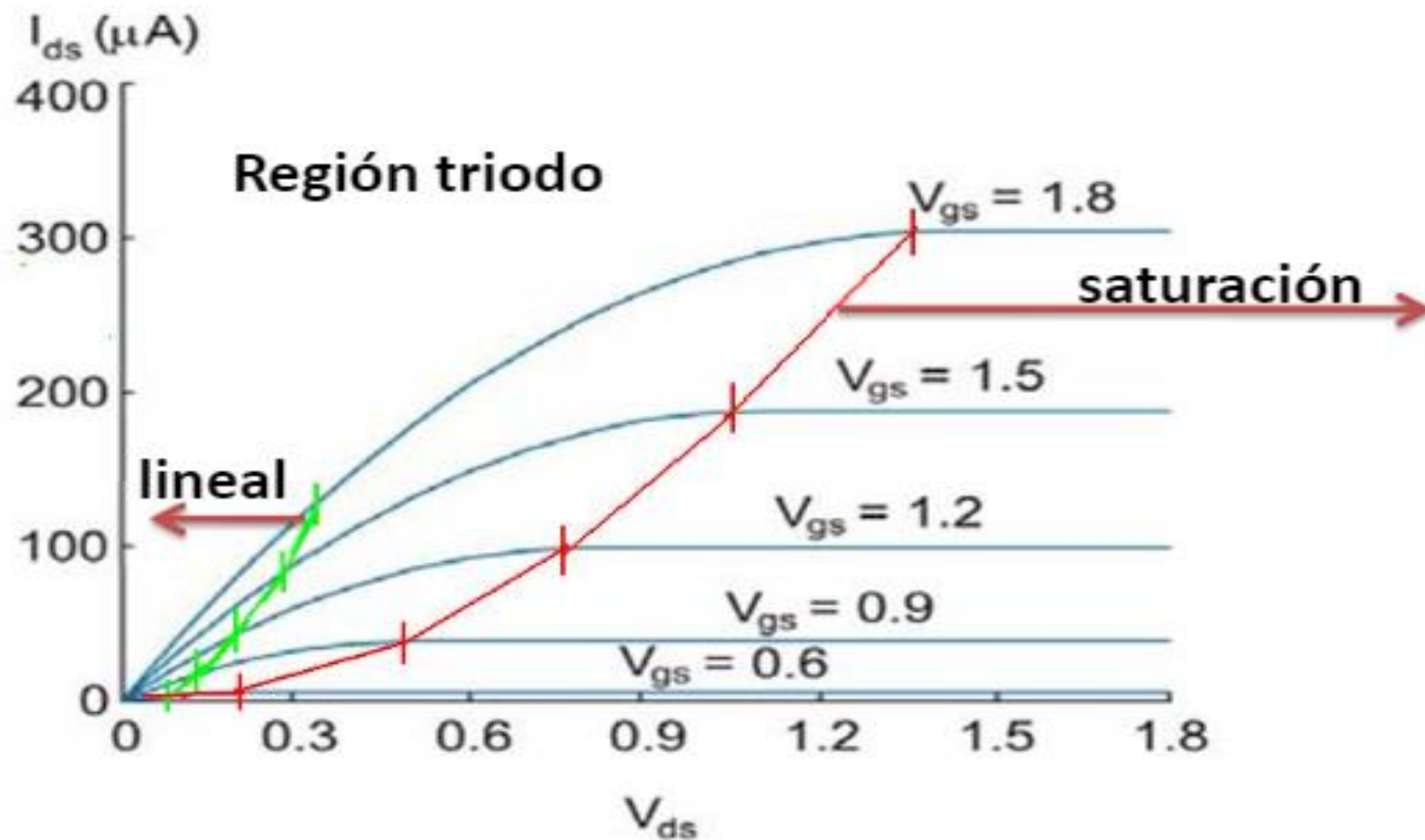
Región de Ruptura.

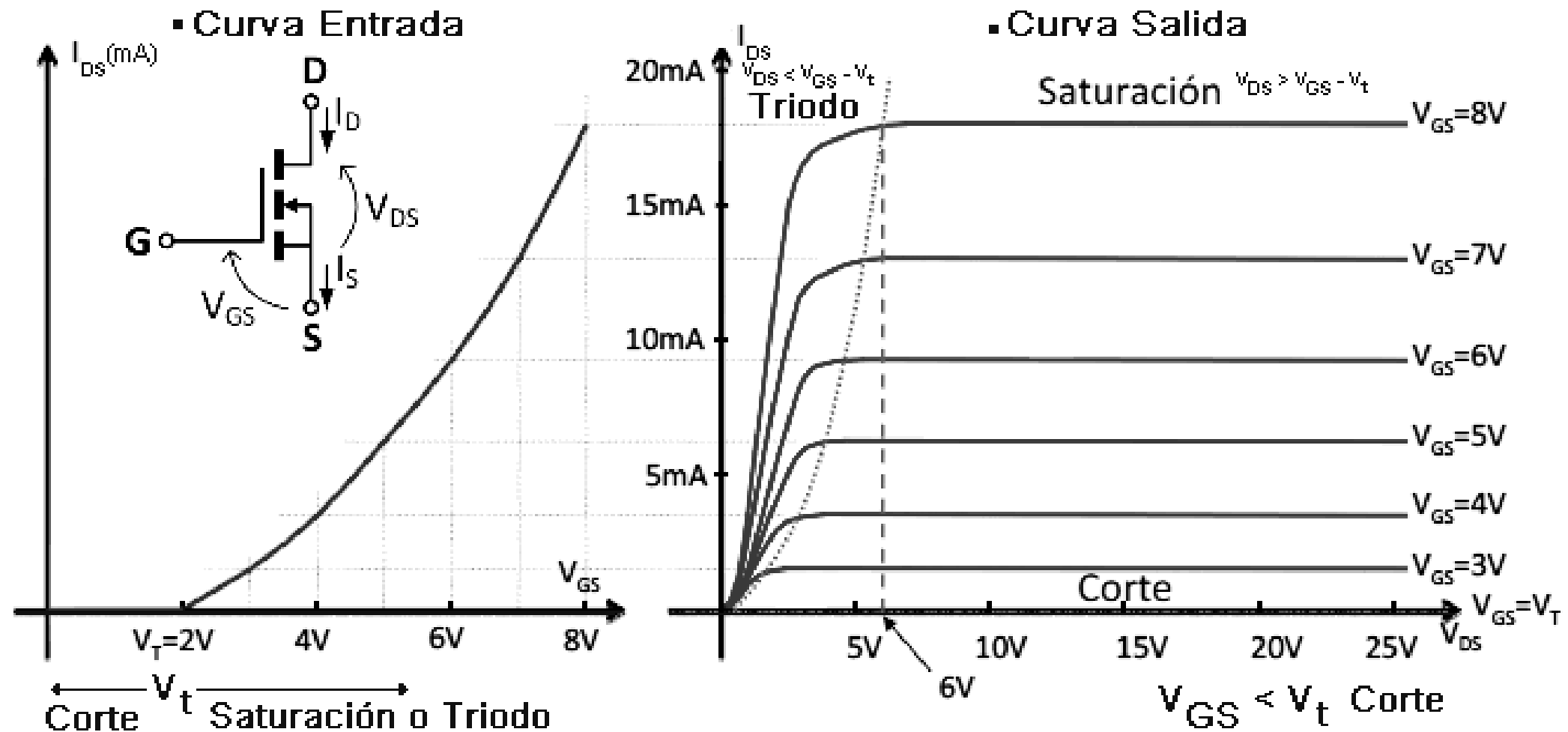
Esta zona apenas se utiliza porque el transistor MOSFET pierde sus propiedades semiconductoras y se puede llegar a romper el componente físico. La palabra ruptura hace referencia a que se rompe la unión semiconductor de la parte del terminal del drenador.

Los transistores unipolares están limitados en tres magnitudes eléctricas:

- En tensión: no se puede superar el valor máximo de tensión entre la puerta y el surtidor. Este valor se denomina BV_{gs} . Tampoco se puede superar un valor máximo de tensión entre el drenador y el surtidor denominado BV_{ds} .
- En corriente: no se puede superar un valor de corriente por el drenador, conocido como I_{dmax} .
- En potencia: este límite viene marcado por P_{dmax} , y es la máxima potencia que puede disipar el componente.

CARACTERÍSTICAS I-V NMOS





RESUMEN ZONAS DE TRABAJO DEL MOSFET ENRIQUECIDO CANAL N

ZONA	CONDICIÓN		ECS DE CORRIENTE
Región de corte	$v_{GS} < V_{TR}$		$i_D = 0$
Región triodo	$v_{GS} > V_{TR}$	$v_{DS} < v_{GS} - V_{TR}$	$I_D = K[(V_{GS} - V_{TR}) * V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2}]$
Región corriente constante	$v_{GS} > V_{TR}$	$v_{DS} \geq v_{GS} - V_{TR}$	$I_D = \frac{K(V_{GS} - V_{TR})^2}{2}$

TRANSISTOR DE UNIÓN BIPOLAR

Un transistor de unión bipolar (BJT) es un dispositivo electrónico de tres terminales, su denominación proviene del ingles BJT (*Bipolar Junction Transistor*).

El término bipolar hace referencia al hecho de que en la conducción de la corriente intervienen los dos tipos de portadores (electrones y huecos).

El BJT se construye con semiconductores tipo N y P con las siguientes combinaciones:

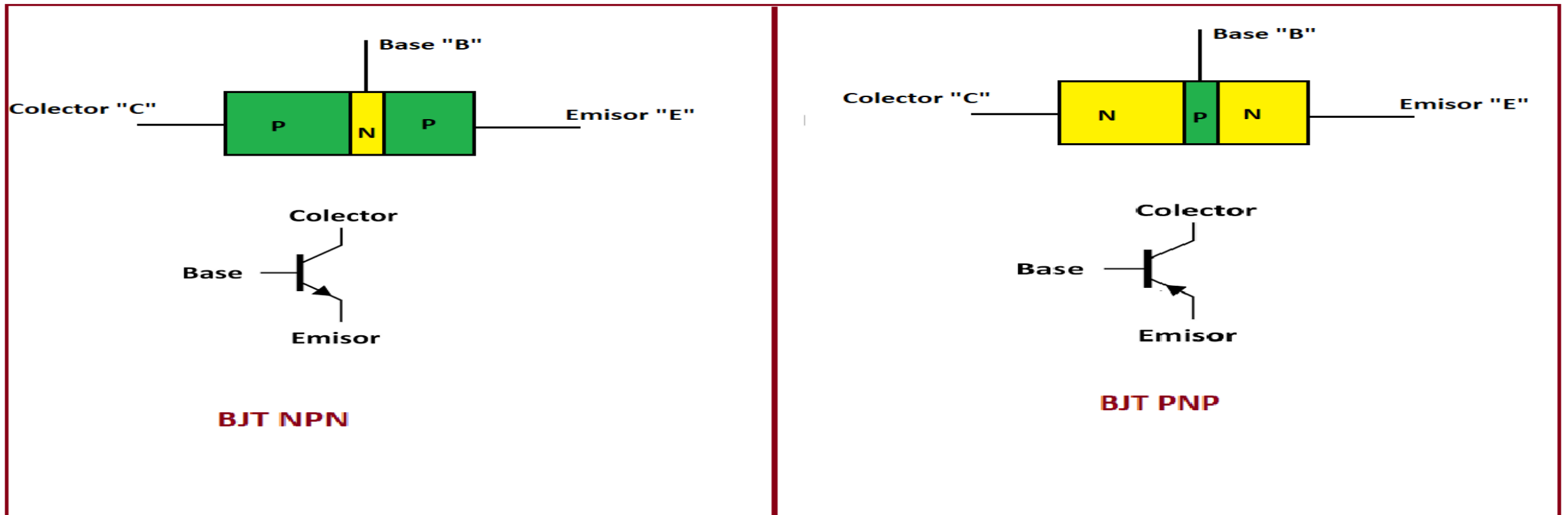
NPN llamado BJT tipo NPN

PNP llamado BJT tipo PNP

Los tres terminales se les llaman Colector "C", Base "B" y Emisor "E"

El emisor está fuertemente dopado, la base es estrecha y menos dopada y el colector es el de mayor.

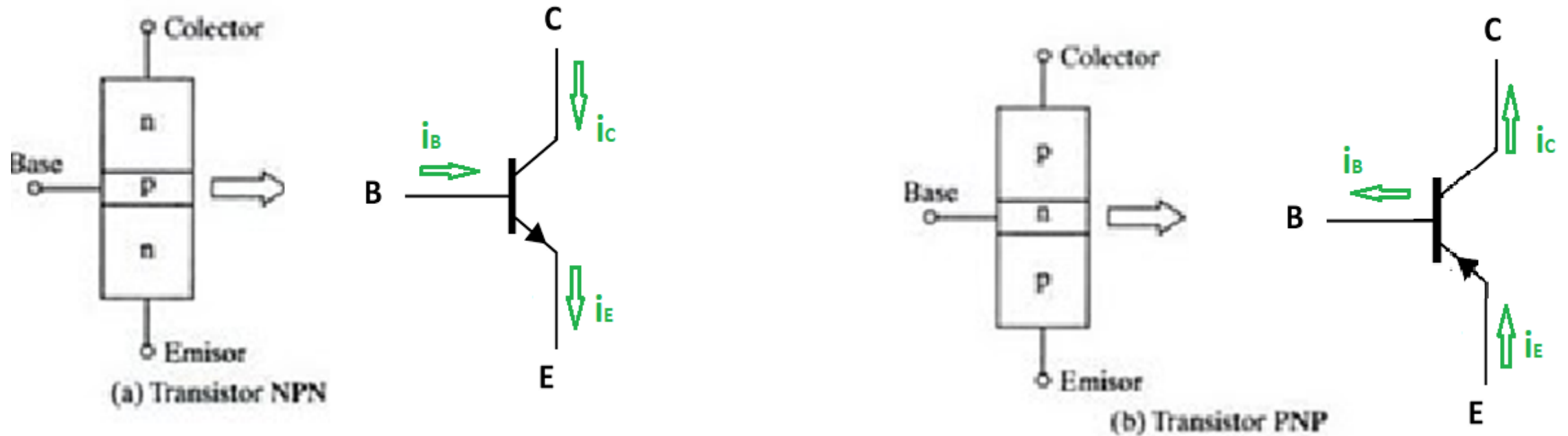
El transistor P-N-P es el complementario del n-p-n, pero dado que el N-P-N tiene una mejor respuesta a alta frecuencia es el preferido y por tanto el más utilizado



La corriente proveniente del colector llamada I_c , se dirige hacia el emisor, pero es controlada por el semiconductor interpuesto entre colector y emisor llamado base.

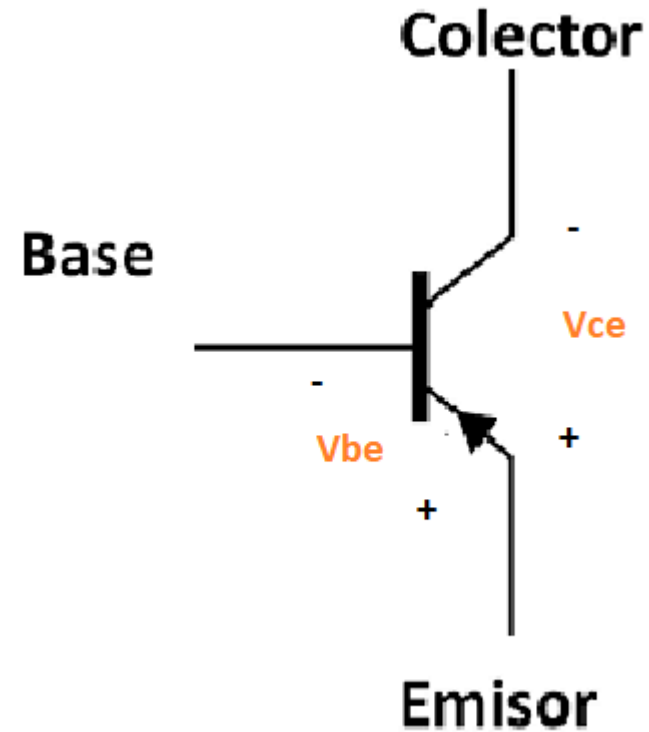
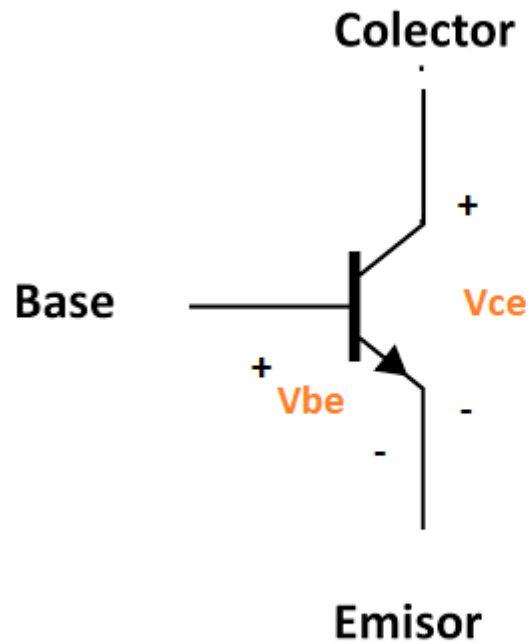
Cuando el potencial inyectado por la base supere el necesario para que comience a pasar corriente, se dice que el diodo se enciende y el transistor se comporta como una fuente de corriente controlada por corriente.

El voltaje necesario para que el BJT se encienda se le llama voltaje de barrera o umbral y se identifica con la misma nomenclatura que se dio en el diodo, V_f .



$$I_e = I_b + I_c$$

Tips: la flecha indica el sentido de la corrientes, si la flecha entra, las corrientes también lo hacen.



V_{be} es el voltaje que refleja la fuente que alimenta la base en el transistor

Tips: la flecha indica la polaridad de los voltajes del bjt. Si la flecha entra, el ánodo es positivo, la polaridad de V_{be} es de mas menos y con el menos se indica V_{ce}

ALFA α Y BETA β

La ganancia de corriente del emisor común *está* representada por β_F o h_{fe} y es aproximadamente la relación entre la corriente del colector de CC y la corriente de base de CC en la región activa directa.

Otro parámetro importante es la ganancia de corriente de base común, una α_F .

La ganancia de corriente de base común es aproximadamente la ganancia de corriente del emisor al colector en la región activa directa. Esta relación suele tener un valor cercano a la unidad; entre 0,98 y 0,998.

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\alpha_F = \frac{I_C}{I_E}$$

$$\beta_F = \frac{\alpha_F}{1 - \alpha_F} \Leftrightarrow \alpha_F = \frac{\beta_F}{1 + \beta_F}$$

La corriente de electrones que llega a la unión del colector se puede expresar como una fracción α_F de la corriente total que cruza la unión base emisor:

$$i_C = \alpha_F i_E$$

donde α_F representa la fracción de portadores que inyectados por el emisor alcanzan el colector.

Utilizando la LCK, i_E es igual a $i_C + i_B$ y por tanto la corriente de base puede expresarse como la fracción restante de la corriente de emisor:

$I_E = I_C + I_B$ I_B = Corriente de Base; I_C = Corriente de Colector; I_E = Corriente Emisor.

$$I_E - I_C = I_B$$

$$I_E - \alpha_F I_E = I_B$$

$$I_E(1 - \alpha_F) = I_B$$

Si buscamos la relación entre I_C e I_B

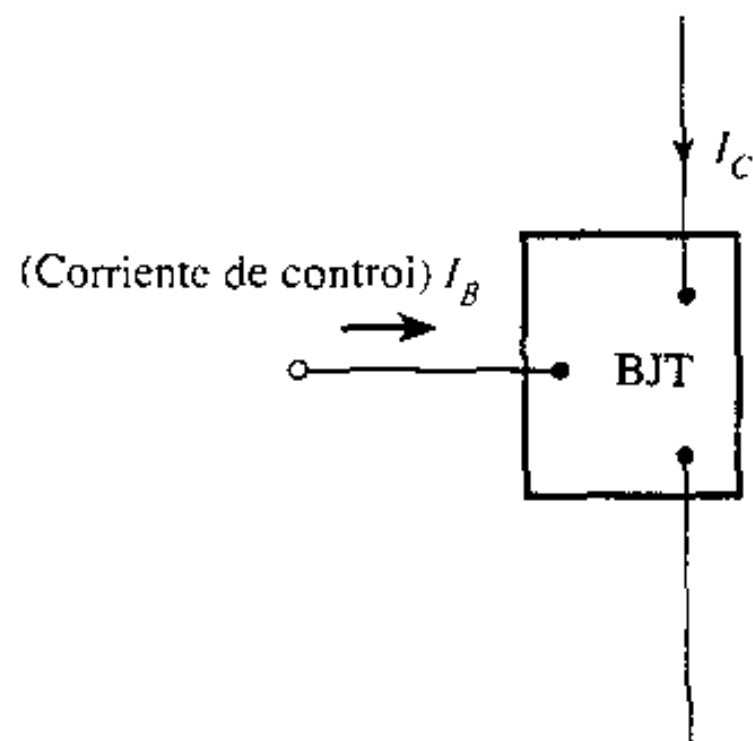
$$I_E = I_C / \alpha_F = I_B / (1 - \alpha_F)$$

$$I_C / I_B = \alpha_F / (1 - \alpha_F) = \beta_F$$

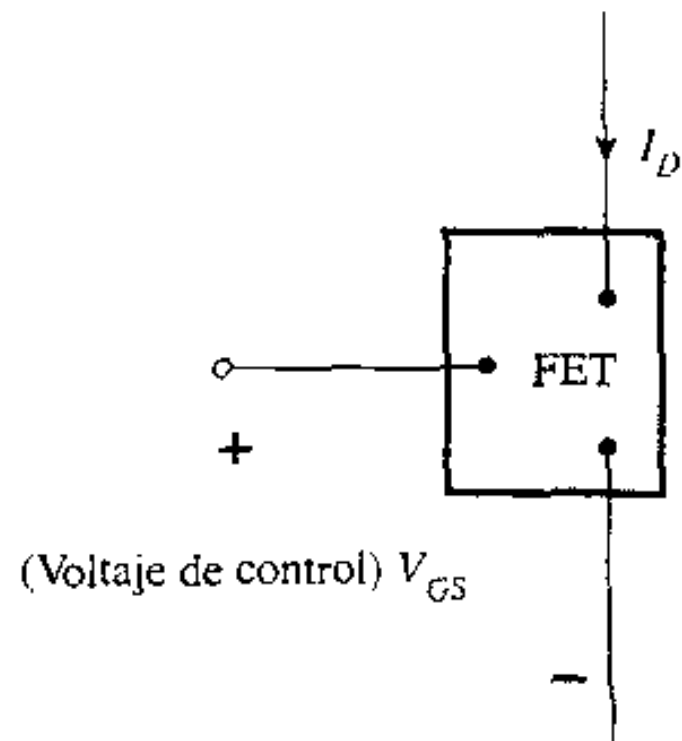
$$I_C / I_B = \beta_F$$

$$I_C = \beta_F I_B$$

El parámetro β_F se conoce como *ganancia de corriente en cd* del transistor.



(a)



(b)

Amplificadores controlados por a) corriente y
b) voltaje.

Videos del transistor BJT

Parte 1 https://www.youtube.com/watch?v=l_EG544soDg&t=544s

Parte 2. https://www.youtube.com/watch?v=iBL6ZA_2RxY&t=908s

Parte 3 <https://www.youtube.com/watch?v=MEZLniKZmPM>

Parte 4 <https://www.youtube.com/watch?v=qF9eorl07Jc>

Parte 4.1 <https://www.youtube.com/watch?v=c2XavkPyVB4>

Parte 5 <https://www.youtube.com/watch?v=KFbEmFSHKao>

Parte 6 <https://www.youtube.com/watch?v=x8E3TC8Z-Ds>

Parte 7 <https://www.youtube.com/watch?v=rnq3GGTjMs8>

Parte 8. <https://www.youtube.com/watch?v=agWUnkvAuz4&t=234s>

Parte 9 <https://www.youtube.com/watch?v=PmnNHzs7Qco>

Parte 10 https://www.youtube.com/watch?v=Zf-_AmHkxkU

Parte 11 <https://www.youtube.com/watch?v=3XYu5YekbiA>

Parte 12 https://www.youtube.com/watch?v=M7-7z_oHQX4

Regiones de operación del transistor de juntura bipolar (BJT)

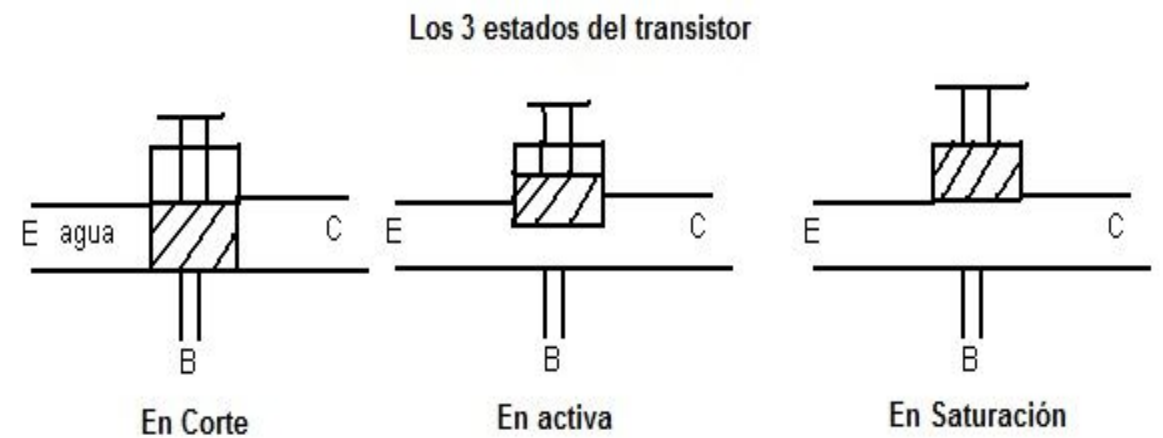
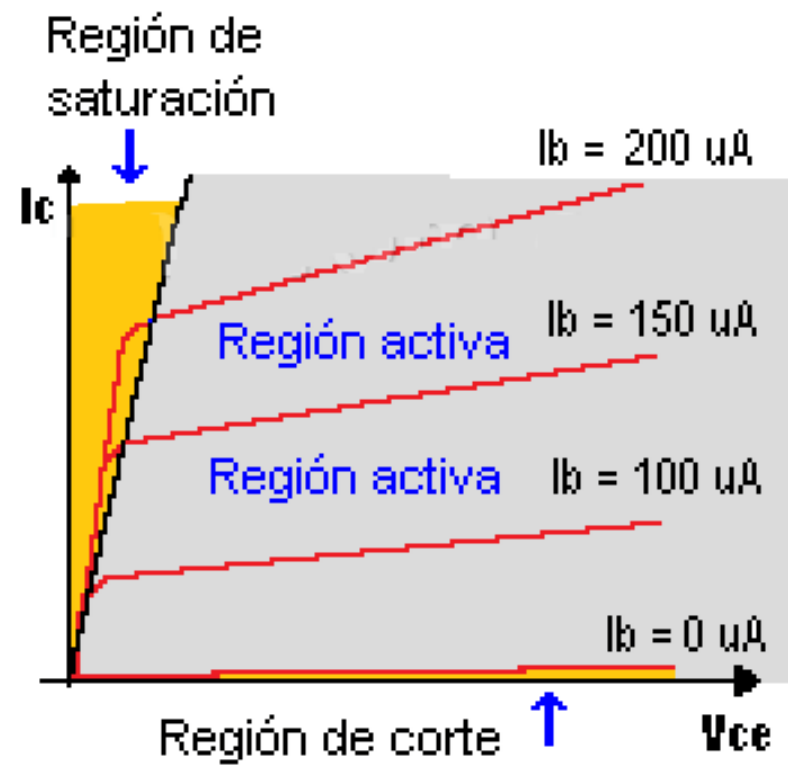
Para hacer trabajar un transistor se necesita de alimentación externa que se conoce como polarización. Dependiendo de dónde se esté aplicando la alimentación al transistor así la polarización recibe un nombre específico.

Igualmente dependiendo de la zona en que esté operando el transistor en un momento dado, así serán los valores de corriente de base, emisor y colector y los voltajes en las junturas.

Un transistor bipolar o BJT es un componente electrónico amplificador de corriente que tiene 3 formas principales de funcionamiento.

La región de corte y la de saturación que son importantes para entender el funcionamiento del transistor como interruptor o switch,

Y **la región activa** es importante cuando se usa el transistor como amplificador.



ZONA DE CORTE

Es cuando el voltaje aplicado por la base no supera el necesario para romper la barrera que se forma por el semiconductor colocado entre el colector y emisor.

El voltaje de barrera o umbral se le llama V_f y tiene un valor de 0,7 v para los contruidos de silicio que son en su mayoría.

$V_{be} > V_f$ El voltaje base emisor " V_{be} " es el que entrega la fuente que alimenta la base.

En este caso no hay corriente alguna que pase por el transistor

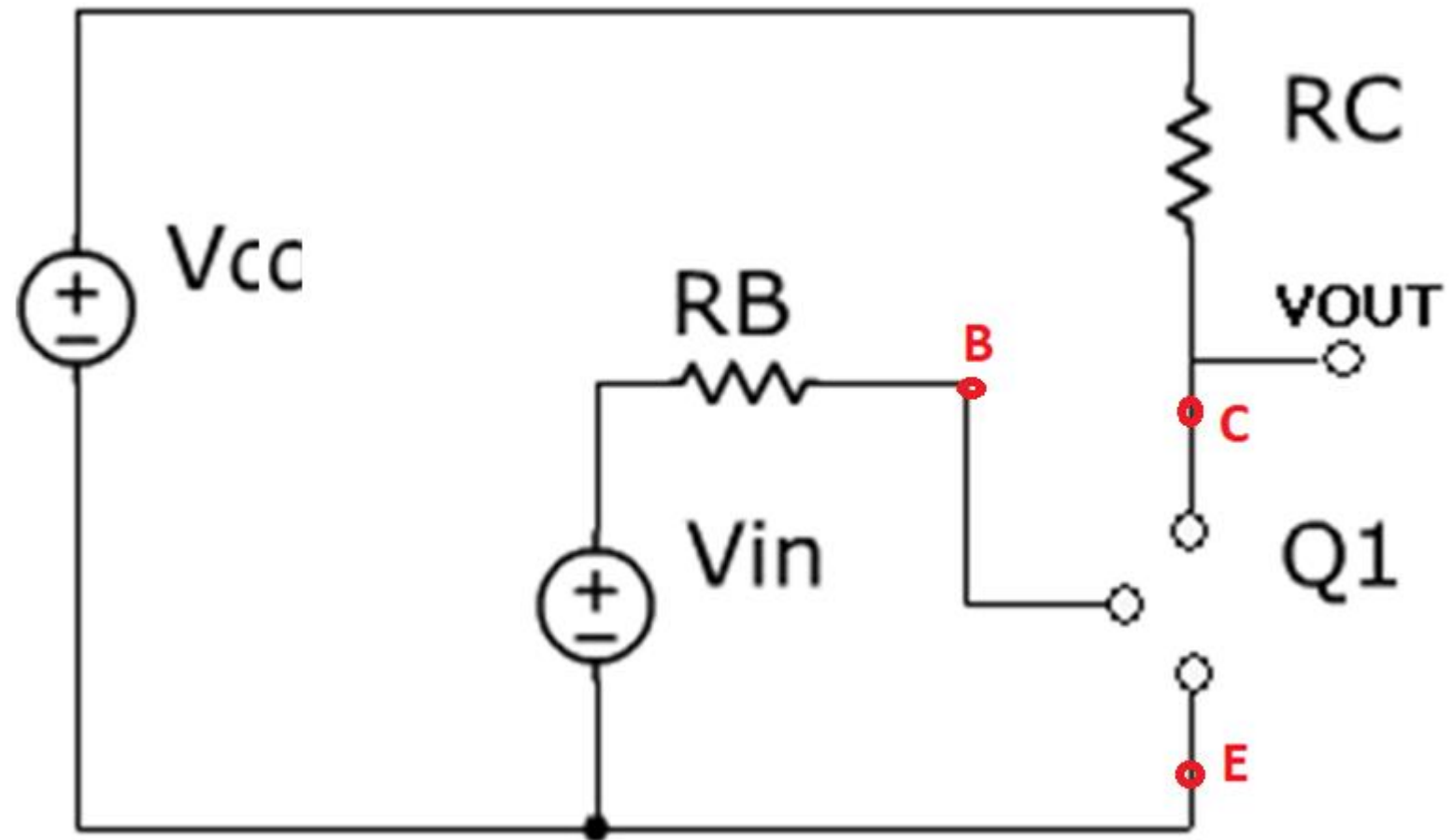
$I_c = 0$, $I_e = 0$ e $I_b = 0$ A

Se considera que el transistor se encuentra apagado

Cuando $V_{be} > V_f$ el transistor se enciende y puede estar en dos zonas:

- Activa
- saturada

Equivalente del Q BJT en Corte



ZONA DE ACTIVA

Es cuando el voltaje aplicado por la base supera el necesario para romper la barrera que se forma por el semiconductor colocado entre el colector y emisor.

Decimos que un transistor se encuentra Saturado cuando la Corriente de Colector (I_C) es la Corriente de Colector Máxima o esta muy cercano a ella.

$$V_{be} > V_f$$

Para diferenciar esta zona de la saturada el voltaje colector emisor V_{ce} debe ser mayor a 0,2 v
 $V_{ce} > 0,2 \text{ v}$

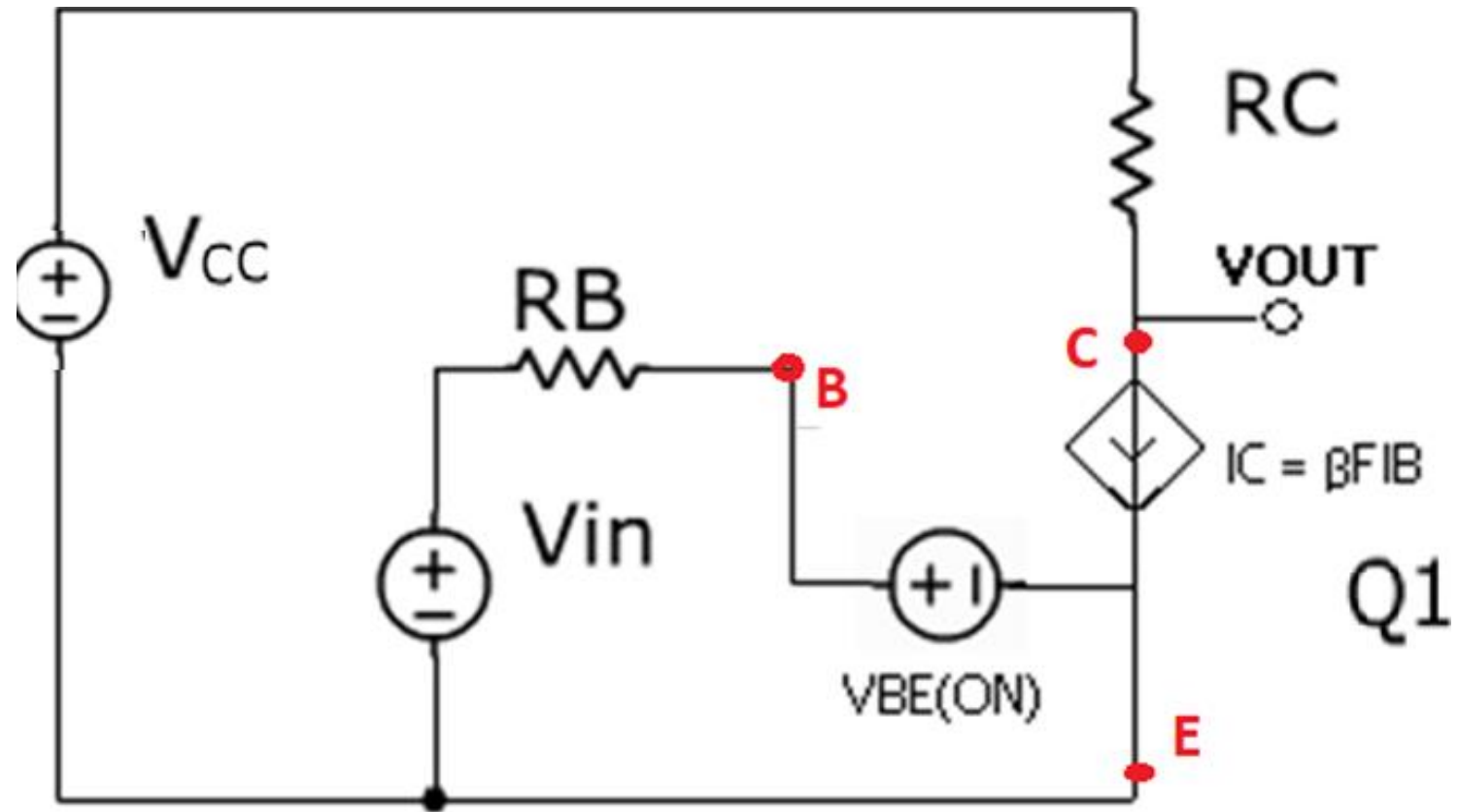
Deja pasar mas o menos corriente entre el colector y el emisor (corriente variable), dependiendo de la corriente de la base. Se basa en la siguiente relación: **$I_C = \beta_F \cdot I_B$**

Como $I_e = I_b + I_c$, relacionamos la corriente en esta zona con esta ecuación

$$\begin{aligned} I_e &= I_b + I_c \\ &= I_b + \beta_F \cdot I_b \\ &= I_b(1 + \beta_F) \\ \mathbf{I_e} &= \mathbf{I_b(1 + \beta_F)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_e &= I_b + I_c \\ &= I_c / \beta_F + I_c \\ &= I_c(1/\beta_F + 1) \\ &= I_c(\beta_F + 1)/\beta_F \\ \mathbf{I_e} &= \mathbf{I_c(\beta_F + 1)/\beta_F} \end{aligned}$$

Equivalente del Q BJT en Activa



ZONA DE SATURADA

$$V_{be} > V_f$$

Entre el colector y el emisor pasa la máxima corriente posible. $I_e = I_c$

Aunque aumentemos la I_b no aumenta la I_c e I_e .

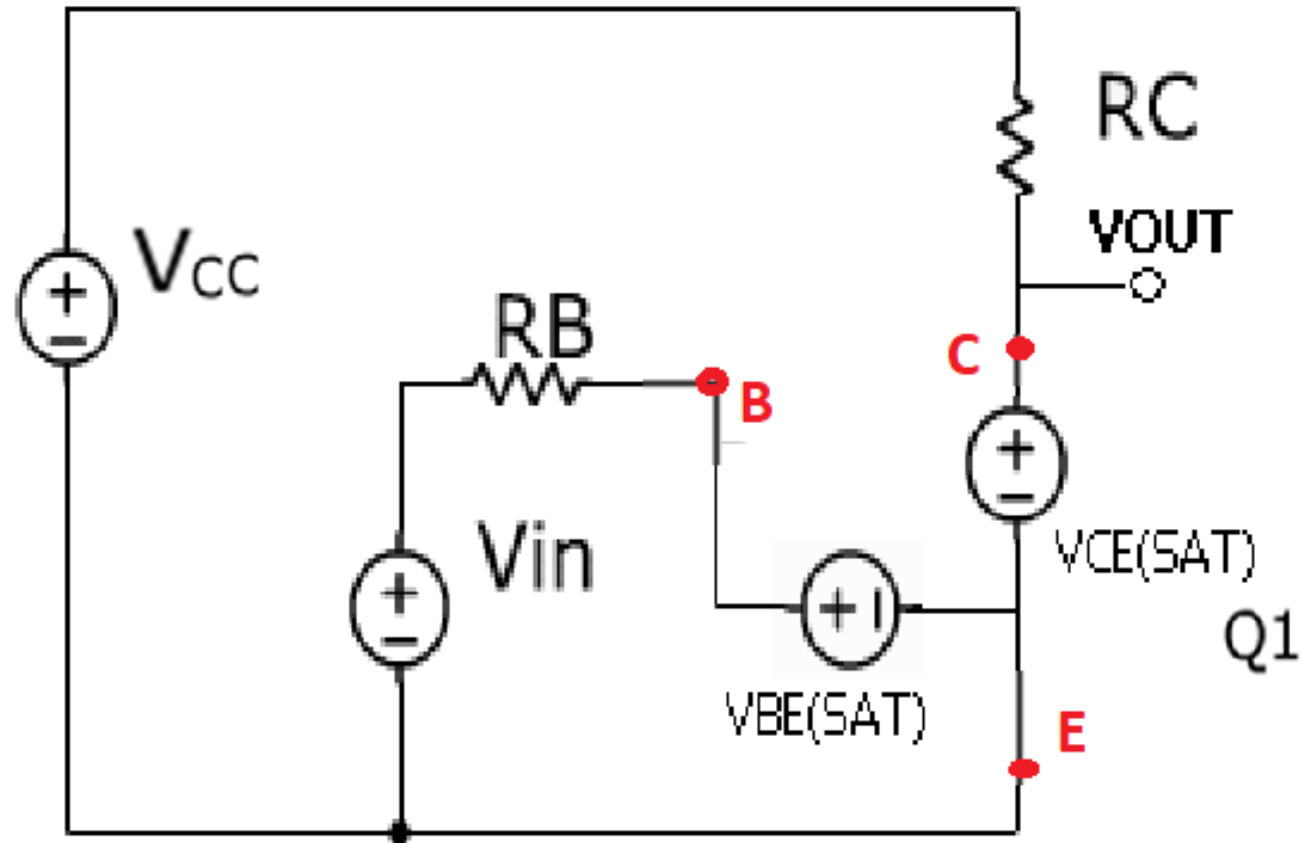
En esta zona $V_f = 0,8$ v debido a que el diodo se encuentra saturado.

Para diferenciar esta zona de la activa el voltaje colector emisor V_{ce} debe ser igual a 0,2 v

$V_{ce} = 0,2$ v y condición **$I_c < \beta_F \cdot I_B$**

En este caso la corriente **$I_c = I_e$**

Equivalente del Q BJT en Saturación



RESUMEN ZONAS DE TRABAJO DEL BJT NPN

ZONA	CONDICIÓN		ECS DE CORRIENTE
CORTE	$V_{BE} < V_f$		$I_c = I_e = I_b = 0 \text{ A}$ $V_f = 0.7 \text{ V}$
ACTIVA	$V_{BE} > V_f$	$V_{CE} > 0.2 \text{ V}$	$I_c = \beta_F \cdot I_B$ $V_{BE} = V_f$ $I_e = I_B(1 + \beta_F)$ $V_f = 0.7 \text{ V}$ $I_e = I_c \cdot (1 + \beta_F) / \beta_F$
SATURADA	$V_{BE} > V_f$	$I_c < \beta_F \cdot I_B$	$I_c = I_e$ $V_{BE} = V_f$ $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ $V_f = 0.8 \text{ V}$

Las condiciones son las mismas para el BJT PNP, solo cambia el sentido de la corriente

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15067/PHILIPS/2N2222.html>

https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=2n2222%20datasheet&gclid=CjwKCAjwlcaRBhBYEiwAK341jWTW9h9rboZqh4fz9iGkdh2Z7SsiEb6WMQNsKLaaq9N-FRYLYG_qbBoC9ooQAvD_BwE

Comparación entre los transistores FET y BJT

Transistores FET

- Dispositivos controlados por tensión entre puerta y fuente.
- Impedancia de entrada muy elevada casi $100\text{M}\Omega$
- Dispositivo unipolar que trabaja con las cargas libres de los huecos (canal p) o electrones (canal n).
- Tienen mayor estabilidad a la temperatura.
- I_D es una función de V_{GS} .
- G_m (factor de transconductancia).
- Ganancia de corriente infinitas y ganancia de voltaje menores a los BJT.
- Relación cuadrática entre V_{GS} e I_D .
- Dispositivo simétrico, permite que el Drenaje y la fuente cambien sus papeles, sin que se altere la característica voltaje – intensidad.

Transistores BJT

- Dispositivos controlados por corriente de base.
- Baja impedancia en la base.
- Dispositivo bipolar que trabaja con las cargas libres de los huecos y electrones.
- Menor estabilidad a la temperatura.
- I_C es una función de I_B .
- β (factor de amplificación)
- Altas ganancias de corriente y voltaje.
- Relación lineal entre I_b e I_c .
- No es un dispositivo simétrico, es decir que el emisor y el colector no pueden intercambiar sus papeles entre si ya que el transistor deja de funcionar en modo activo, pasando a funcionar en modo inverso.
- Permite trabajar a mayores frecuencias.

LOS TRANSISTORES Y SUS ENCAPSULADOS

¿Qué son los encapsulados de los transistores?

Los encapsulados son las diferentes formas y tamaños que se utilizan para proteger los materiales internos de un transistor, estas presentaciones dependen mucho de que aplicación se va a utilizar el transistor ya sea para potencia o para tratamiento de señales.

A pesar de que existe una gran variedad en cuanto a encapsulados podemos clasificarlos de dos formas: metálicos y plásticos.

Transistores metálicos

Los encapsulados metálicos tienen como característica principal el poder trabajar con potencias elevadas, dentro de los tipos que tienen mayor rango se encuentran los TO-3, TO-36 y TO-66.

También existe la posibilidad de colocar varios transistores en un mismo encapsulado como es el caso del TO-8 y finalmente encontramos los que están diseñados para ser utilizados como amplificadores de señales con una potencia mayor: TO-5, TO-18, TO-39, TO-46, TO-52 y TO-72.

TO-3	TO-5	TO-8	TO-18	TO-36
				
TO-39	TO-46	TO-52	TO-66	TO-72
				
TO-254	TO-257	TO-258	TO-259	
				

Transistores plásticos

A pesar de que este tipo de encapsulados son los que menos potencia pueden manejar son los más populares ya que son los más baratos y se pueden utilizar para amplificar pequeñas señales o como interruptores.

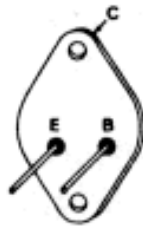
Los más populares y más utilizados son los de medio círculo como los TO-92 o los TO-226, pero cuando la potencia supera a los primeros se pasa a los que tienen forma cuadrada, ya que estos pueden manejar una mayor potencia gracias a que se les puede colocar un disipador de calor en la pestaña que tienen (TO-126, TO-202, TO-218 y TO-220).



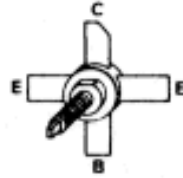
Transistores SMD

Con el avance de la tecnología cada vez se pueden crear encapsulados más pequeños, esto beneficia a los creadores de circuitos ya que pueden reducir el tamaño de sus placas impresas utilizando estos dispositivos llamados SMD

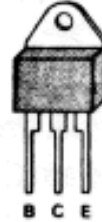




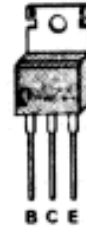
2N3055
NPN



2N5590
NPN



PC100 NPN
PC110 NPN



2N6099
BDX53 NPN
BDX54 NPN



BD131 NPN
BD132 NPN
BD135 NPN
BD136 PNP



BD137 NPN
BD138 PNP
BD139 NPN
BD140 PNP
MC140 NPN
MC150 PNP



BC547 NPN
BC548 NPN
BC549 NPN



BSX20 NPN



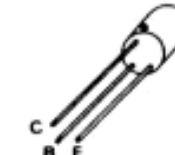
2N3866 NPN
2N3924 NPN



SC107 NPN
SC108 NPN
SC109 NPN
SF115 NPN



SC157 PNP
SC158 PNP
SC159 PNP



SC147 NPN
SC148 NPN
SC149 NPN
AC125 PNP
AC126 PNP
AC127 NPN
AC128 PNP

Cada **transistor** tiene impreso en el cuerpo del mismo, el tipo de transistor que es, siendo así muy fácil poder encontrar sus características técnicas en un manual como el ECG, NTE u otro.

Encapsulados Tiristores y Triacs

 <p>A1 SOT-223</p> <p>TO-92 A2</p>	 <p>TO-5</p>	 <p>TO-202</p>
 <p>TO-126</p>	 <p>TO-220</p>	 <p>TO-252 (D-Pak)</p>
 <p>TO-208AA (TO-48)</p> <p>30,30 max.</p> <p>1/4-28UNF-2A</p> <p>Dimensiones en mm</p>	 <p>TO-208AC (TO-65)</p> <p>30,93 max.</p> <p>1/4-28UNF-2A</p> <p>Dimensiones en mm</p>	 <p>T-M3</p>
 <p>TO-208AC (TO-94)</p> <p>11,6 max.</p> <p>1/2-20UNF-2A</p> <p>Dimensiones en mm</p>	 <p>TO-209AB (TO-93)</p> <p>21,4 max.</p> <p>3/4-16UNF-2A</p> <p>Dimensiones en mm</p>	 <p>TO-209AE (TO-118)</p> <p>25,4 max.</p> <p>3/4-16UNF-2A</p> <p>Dimensiones en mm</p>

Trabajo en grupos de máximo tres personas.

Hacer un informe de los siguientes temas:

- Fototransistor
- Tiristores
- Triacs
- Diacs
- Dependencia de los mosfet y bjt a la temperatura.
- Limitación de Potencia de los mosfet y bjt .
- Como se calcula el parámetro K en un mosfet desde su datasheet, también conocido como una hoja de datos o ficha técnica.
- Como se prueba si se encuentra bien o no un transistor mosfet y un bjt.