

## TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO (FET)

[1]

Este es un dispositivo semiconductor cuyo funcionamiento está basado en el control de la corriente mediante un campo eléctrico (se modula o regula la conductancia de un canal de material semiconductor, aplicando un potencial variable a sus terminales).

Existen 2 tipos de estos transistores:

- a) JFET - Transistores de efecto de campo de unión (Junction Field-Effect Transistor).
- b) IGFET - Transistores de efecto de campo de compuerta aislada (Insulated-Gate Field-Effect Transistor). El cual normalmente se lo denomina MOST o MOSFET que significa Transistor Metal-Oxido-Semiconductor.

Los FET poseen varias ventajas frente a los BJT convencionales:

- 1°) Son dispositivos unipolares (portadores de un solo tipo) o sea  $\phi$  su funcionamiento depende únicamente del flujo de portadores mayoritarios.
- 2°) Por lo anterior es estable térmicamente por la ausencia de corrientes de fuga (portadores minoritarios).
- 3°) Es relativamente inmune a la radiación externa.
- 4°) Tiene una resistencia de entrada alta (típicamente muchos  $[M\Omega]$ ).
- 5°) Generan menos ruido.
- 6°) No presentan tensión de umbral p/ corriente de drenador nula, y por lo tanto constituye un excelente muestrador de señales.

La principal desventaja del FET es q' el producto Ganancia x Ancho de Banda es bajo frente a los BJT.

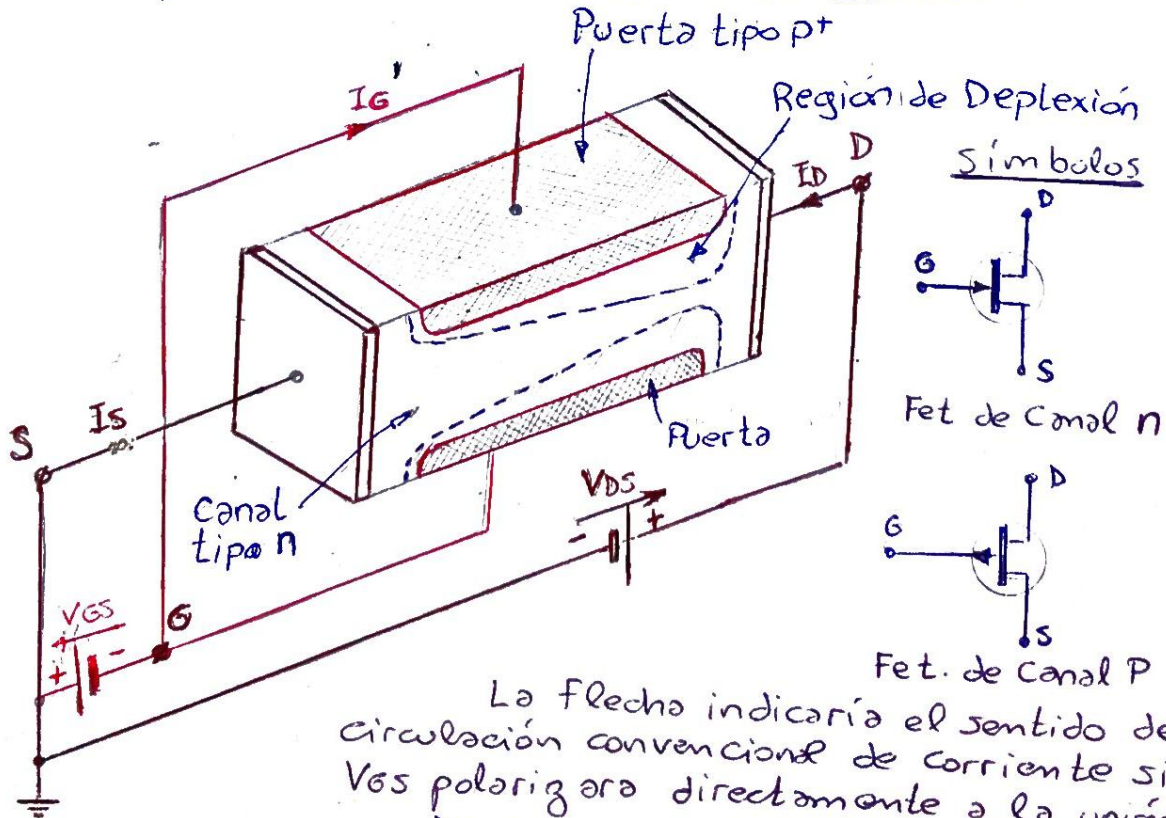
### ESTRUCTURA DE UN JFET

Source: Fuente o Surtidor, por el cual los portadores mayoritarios ingresan a la barra, cuya corriente se designa  $I_S$  (convencional)

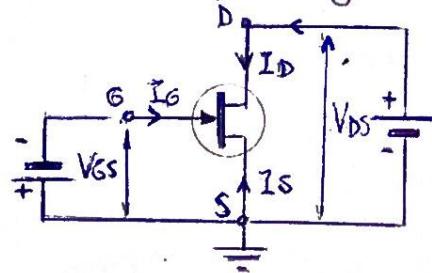
14 Drain: Drenador o Sumidero, terminal por el cual los portadores mayoritarios salen de la barra, la corriente convencional que entra por D se designa  $I_D$ . La tensión Drenador-Fuente se denomina  $V_{DS}$ , y es (+) si D es (+) respecto a S.

Gate: Gatillo o Puerta, a ambos lados de la barra semiconductor (tipo N en el ej.) que se forma por aleación, difusión o algún otro método de formación de uniones P-N. En este caso regiones fuertemente impurificadas con impurezas aceptoras ( $P^+ \rightarrow$  huecos). Entre puerta y fuente se aplica una tensión  $V_{GS}$  que polariza inversamente la unión P-N. La corriente convencional que entra a la barra por G se denomina  $I_G$ .

Canal: Cuerpo de la barra (En el ej. Región tipo N) entre las 2 regiones de puerta por la que circulan los portadores mayoritarios desde la fuente al drenador.



La flecha indicaría el sentido de circulación convencional de corriente si  $V_{GS}$  polarizara directamente a la unión



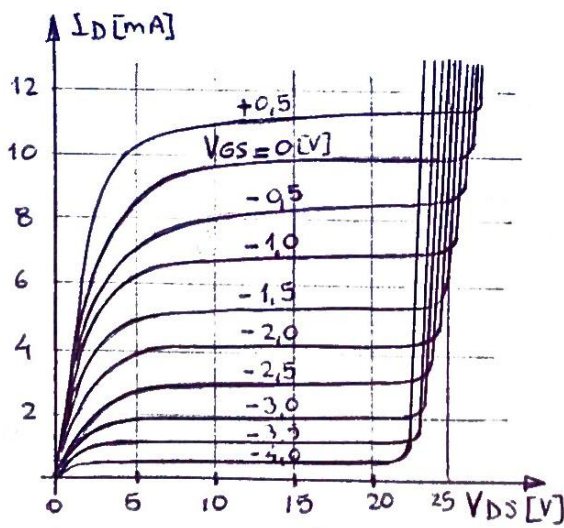
FUNCIONAMIENTO DEL FET

Recordemos que a ambos lados de la unión P-N existe una zona de transición con una carga de espacio (Cargas Descubiertas), debido a la difusión de los portadores mayoritarios a través de la unión dejando iones fijos (-) en el lado P y (+) en el lado N. Las líneas de campo eléctrico que se establecen en esta zona son la causa de la caída de tensión en la unión. Conforme aumenta la polarización inversa de la unión, aumenta el espesor de la zona de transición. La conductividad de esta región es teóricamente cero, ya que no existen portadores de corriente libres.

Entonces la anchura efectiva del canal disminuirá a medida que aumenta la polarización inversa ( $V_{GS}$ ) y para una tensión fija ( $V_{DS}$ ) la corriente de drenador  $I_D$  dependerá de la tensión aplicada a la puerta.

Para describir este dispositivo se utilizará el término "efecto de campo".

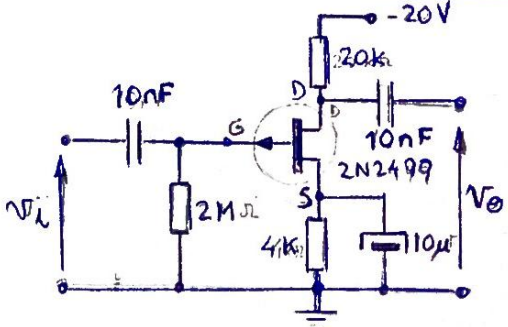
CARACTERISTICAS ESTATICAS DEL FET



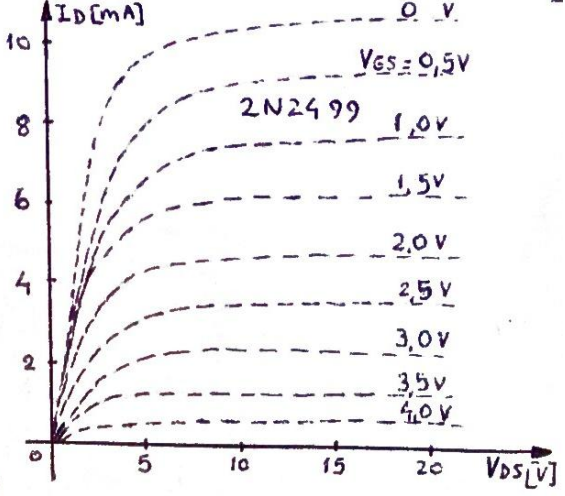
Cuando  $V_{GS} = 0$  e  $I_D = 0$ , el canal entre las uniones está completamente abierto. Si se aplica una tensión  $V_{DS}$  pequeña, la barra tipo n se comporta como una resistencia semiconductor normal y la corriente  $I_D$  crece almente con  $V_{DS}$ . Conforme la corriente aumenta, la caída ohmica de tensión entre la fuente y el canal polariza inversam. la unión, y la parte conductora del canal comien

za a estrecharse

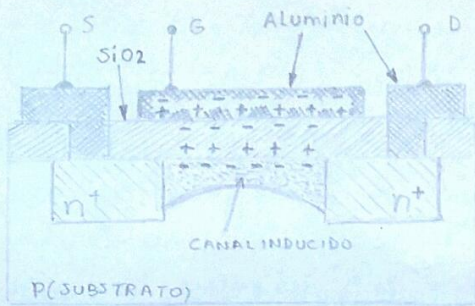
AMPLIFICADOR PRACTICO CON FET



En configuración SC (Fuente común)



## FET de PUERTA AISLADA (MOST & MOSFET)

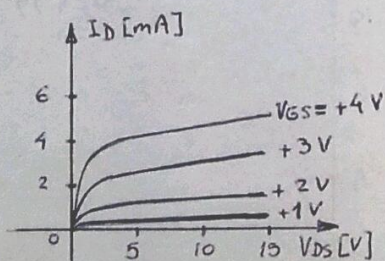


EL MOST de "canal n" consiste en un sustrato tipo-p ligeramente impurificado en el cual se difunden dos regiones n+, fuertemente impurificadas. Estas regiones n+ p actúan como fuente y drenador, están distanciadas aproximadamente  $25,4[\mu\text{m}]$ . Se hace crecer sobre la superficie de la estruc-

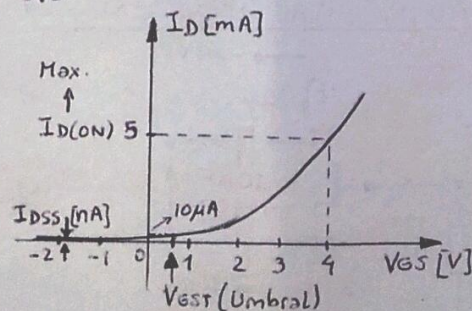
tura una capa delgada de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y se forman ventanas en la capa del óxido para realigar los contactos con la fuente y el drenador. A continuación se deposita sobre el óxido una capa metálica de Aluminio para formar la puerta que cubre la región entera del canal.

La superf. metálica de la puerta, junto con la capa de óxido aislante como dieléctrico y el canal semiconductor, forman un capacitor de placas paralelas. Como la puerta está aislada del canal este dispositivo es llamado "Transistor de Efecto de Campo de Puerta Aislada" y posee una altísima resistencia de entrada ( $10^{10}$  a  $10^{15} [\Omega]$ ).

MOST de ACUMULACION: Si se pone a tierra el sustrato de la estructura y se aplica una tensión (+) a la puerta, aparecerá un campo eléctrico perpendicular al canal a través del óxido. Este campo terminará sobre las cargas (-) "Inducidas" en la superficie del semiconductor. La carga negativa de los electrones, que son portadores minoritarios en el sustrato tipo-p, forma una "capa invertida". Al aumentar la tensión (+) de la puerta, aumenta la carga inducida en el semiconductor y la región debajo del óxido tiene ahora más portadores tipo-n, con lo que aumenta la conductividad y circula una corriente desde la fuente al drenador a través del canal inducido. Entonces la  $I_D$  aumenta con la tensión positiva de puerta y a este dispositivo se lo denomina "MOST de Acumulación".

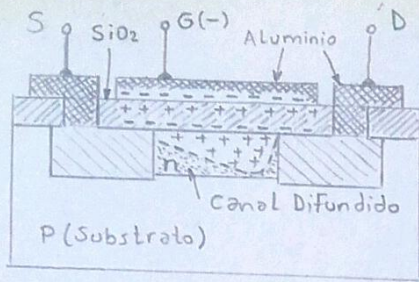


Característica de Drenador.



Característica de Transferencia.

MOST de DEPLEXION:

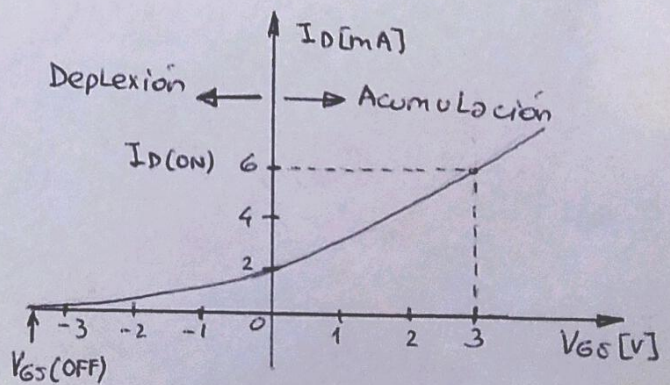
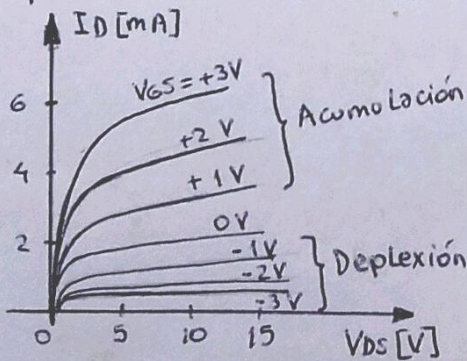


Se construye difundiendo un "canal n" entre la fuente y el drenador. En este dispositivo circula una corriente de drenador  $I_{DSS}$  apreciable, para una tensión  $V_{GS} = 0$ . Si la tensión de puerta es (-), se inducen en el canal cargas (+) a través del  $SiO_2$  del capacitor de puerta. Puesto que la corriente en un FET se debe a los portadores mayoritarios (Electrones p/ un

materia tipo n), las (+) inducidas hacen menos conductivo el canal, y la  $I_D$  disminuye cuantos más negativa es  $V_{GS}$ . La redistribución de cargas en el canal produce una depleción efectiva de portadores mayoritarios, de donde procede el nombre de "MOST de DEPLEXION".

En la fig. se observa que debido a la caída de tensión producida por la  $I_D$ , la región del canal más próxima al drenador está más despoblada que en las proximidades de la fuente. Este fenómeno es análogo a la contracción que se produce en el FET de unión en el extremo del canal próximo al drenador. Entonces sus caract. V-I son semejantes.

Un MOST de DEPLEXION puede trabajar también en el modo de ACUMULACION si aplicamos una tensión de puerta (+) para que se induzcan cargas (-) en el canal tipo-n. En este caso la conductividad del canal aumenta y la corriente es superior a  $I_{DSS}$



SIMBOLOS P/ MOST de CANAL P:

