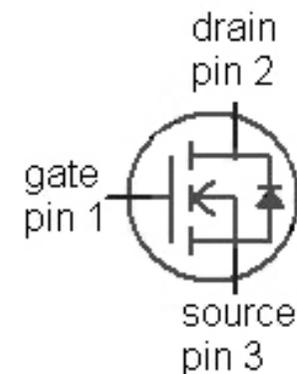


MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.
5. Hoja de datos y Simulación.
6. Proceso de Hard-Switching.
7. Hoja de datos y Simulación.
8. Otros tipos de MOS y algunas consideraciones prácticas.



Transistor de Efecto de Campo de Metal-Óxido-Semiconductor

Clasificaciones:

-Según el tipo de portadores del canal:

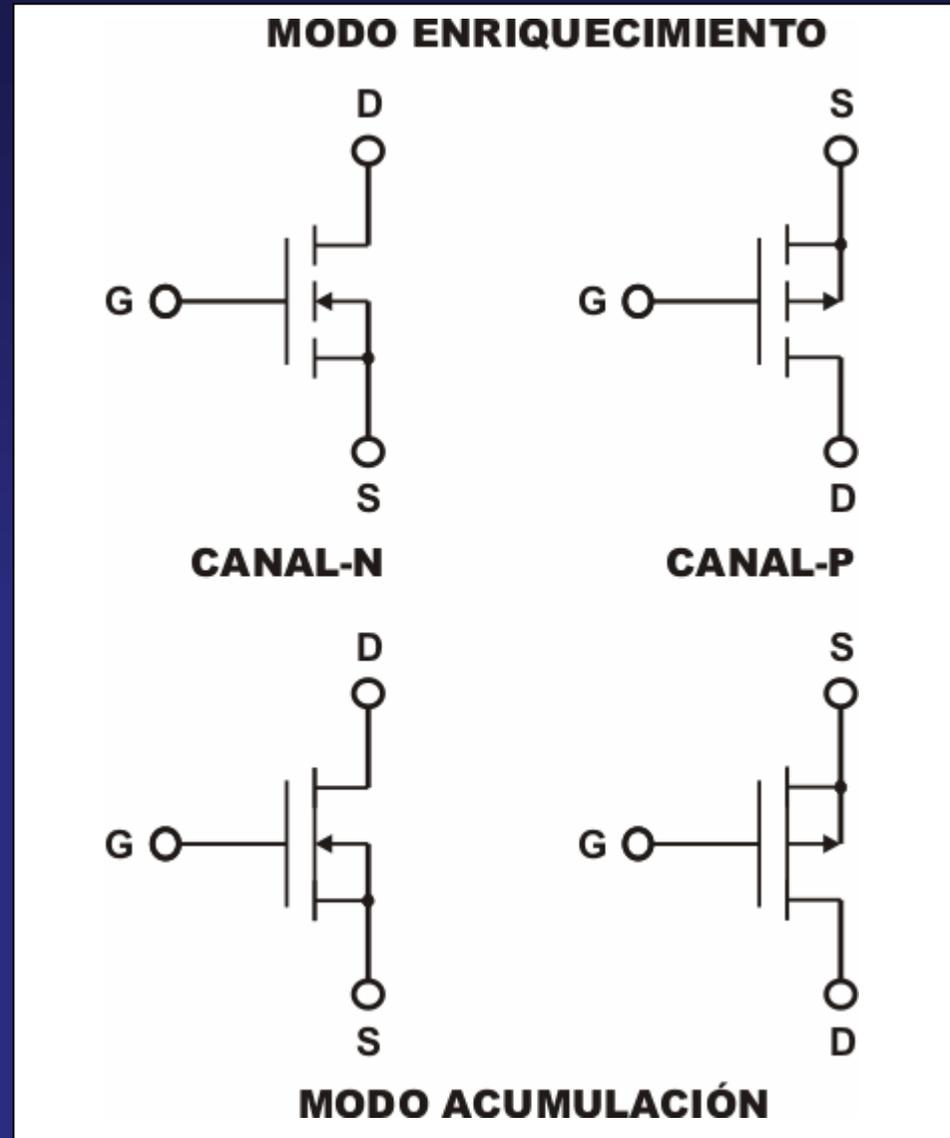
- * CANAL-N
- * CANAL-P

-Según el modo de formación del canal:

- * ACUMULACIÓN
- * ENRIQUECIMIENTO

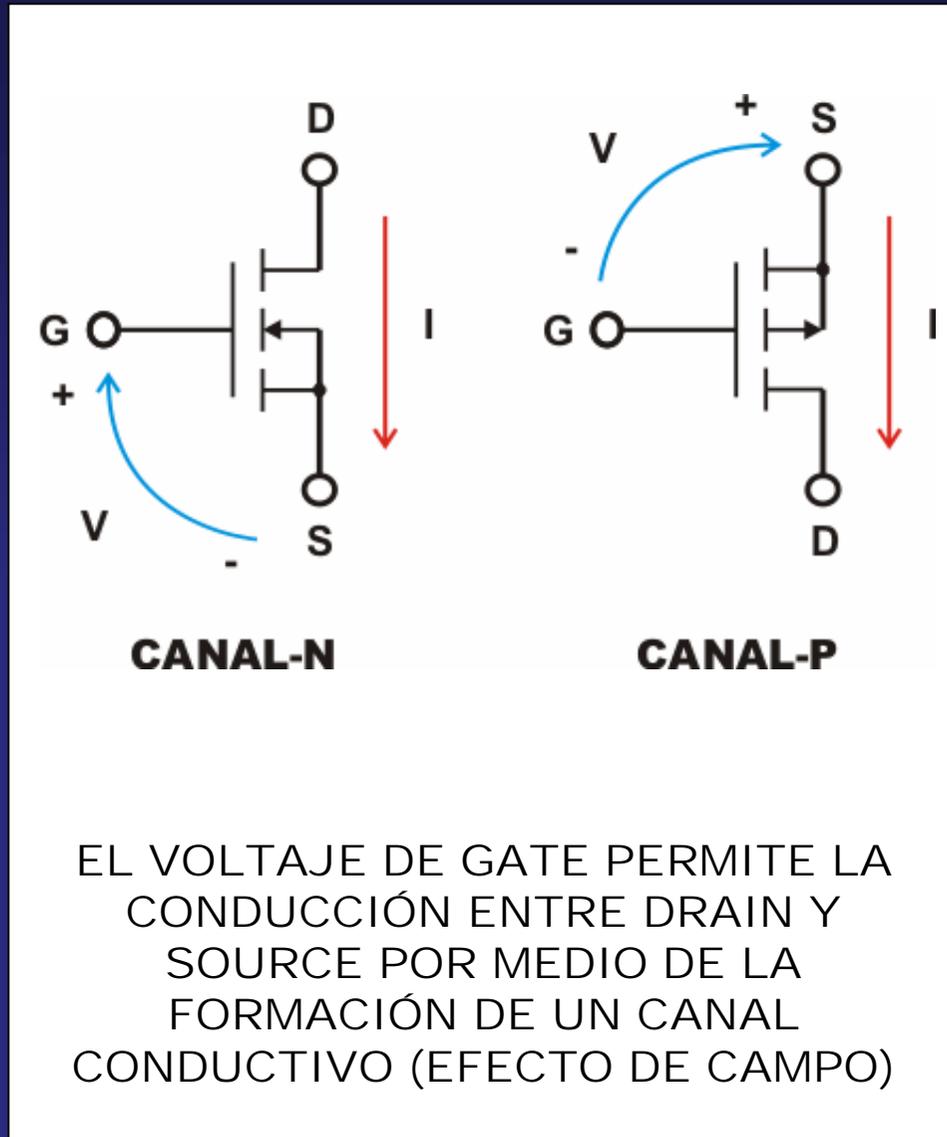
-Según las diversas geometrías usadas en la implementación:

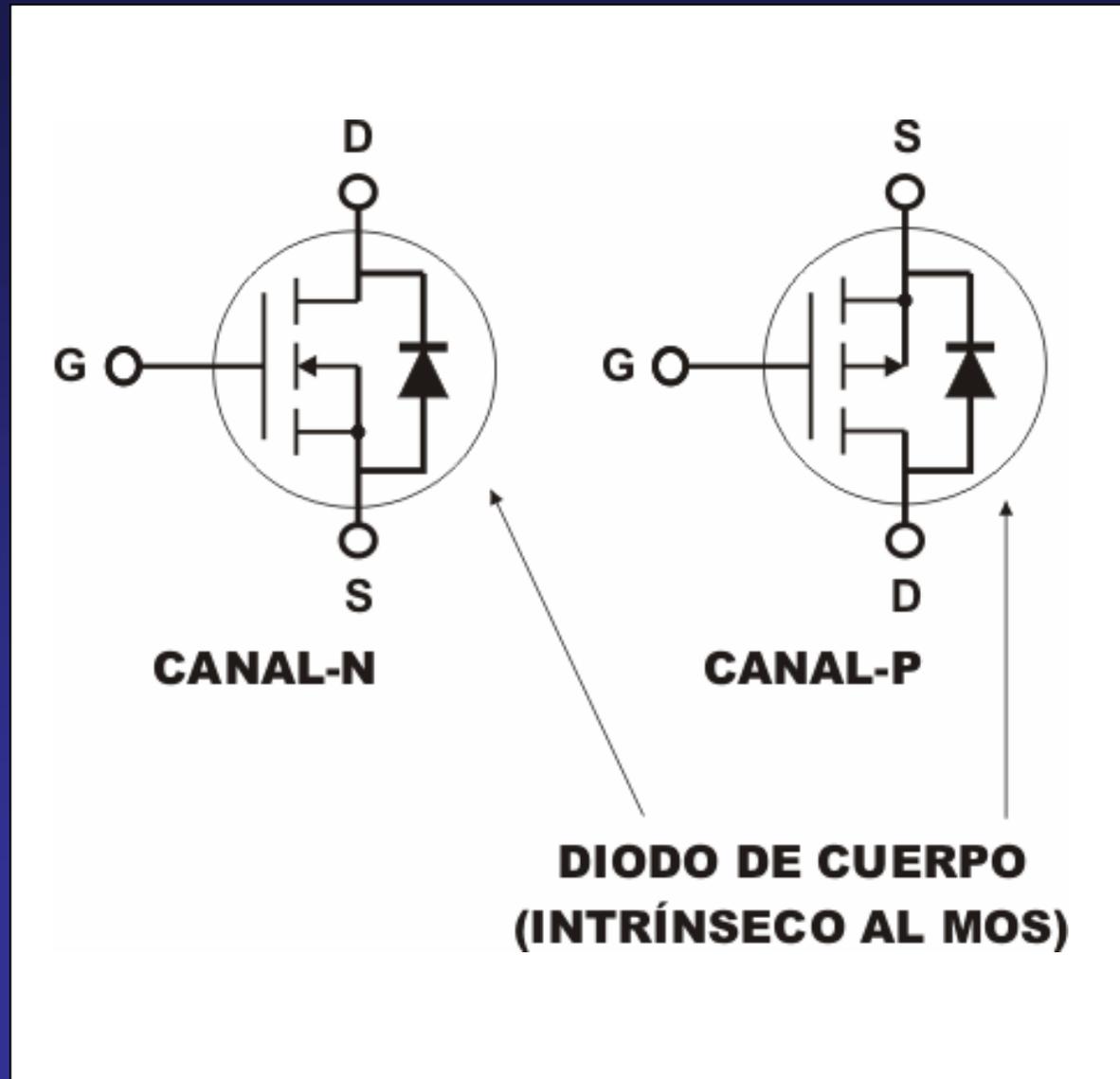
- * VDMOS
- * V-GROOVE ó TRENCH
- * LATERAL POWER MOS



Conceptos elementales sobre su funcionamiento:

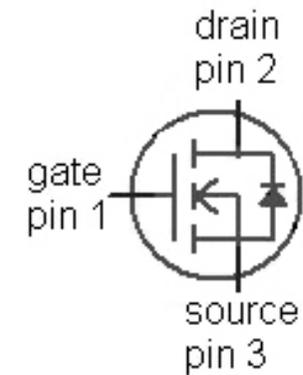
- Dispositivo controlado por tensión, a través del terminal de GATE.
- DRAIN y SOURCE conducen la corriente del circuito externo.
- Ojo con la flechita!!!!
- DRAIN=Drenaje: salida para los portadores de carga.
- SOURCE=Fuente: entrada para los portadores de carga (siempre es el terminal común).





MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.



Estudio de la estructura básica...

Clasificaciones:

-Según el tipo de portadores del canal:

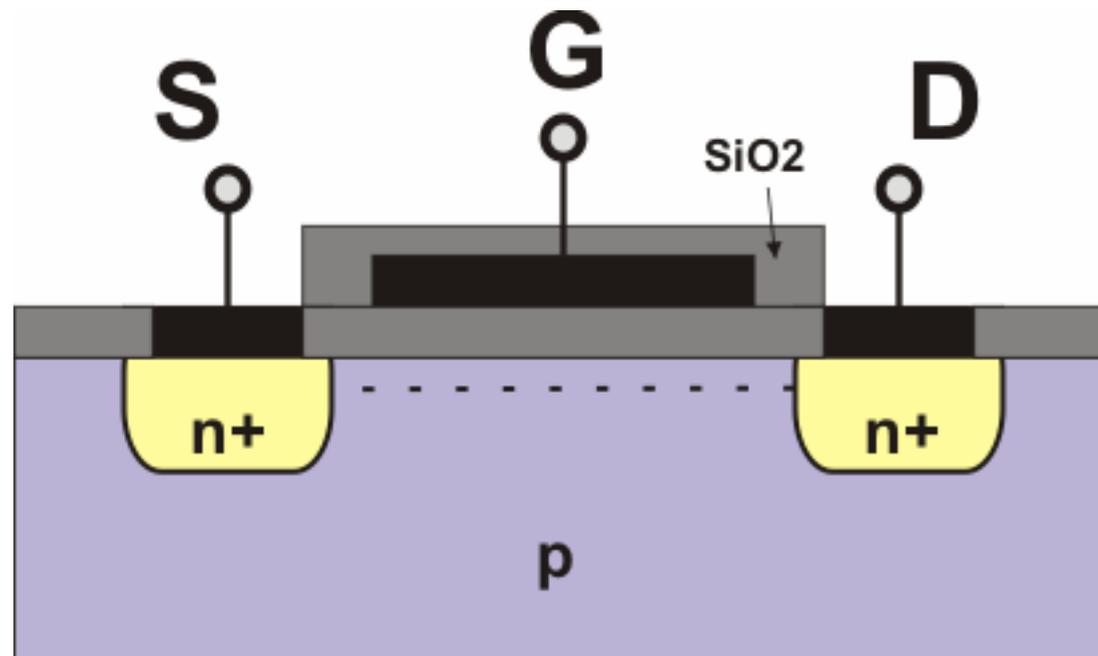
- * **CANAL-N**
- * CANAL-P

-Según el modo de formación del canal:

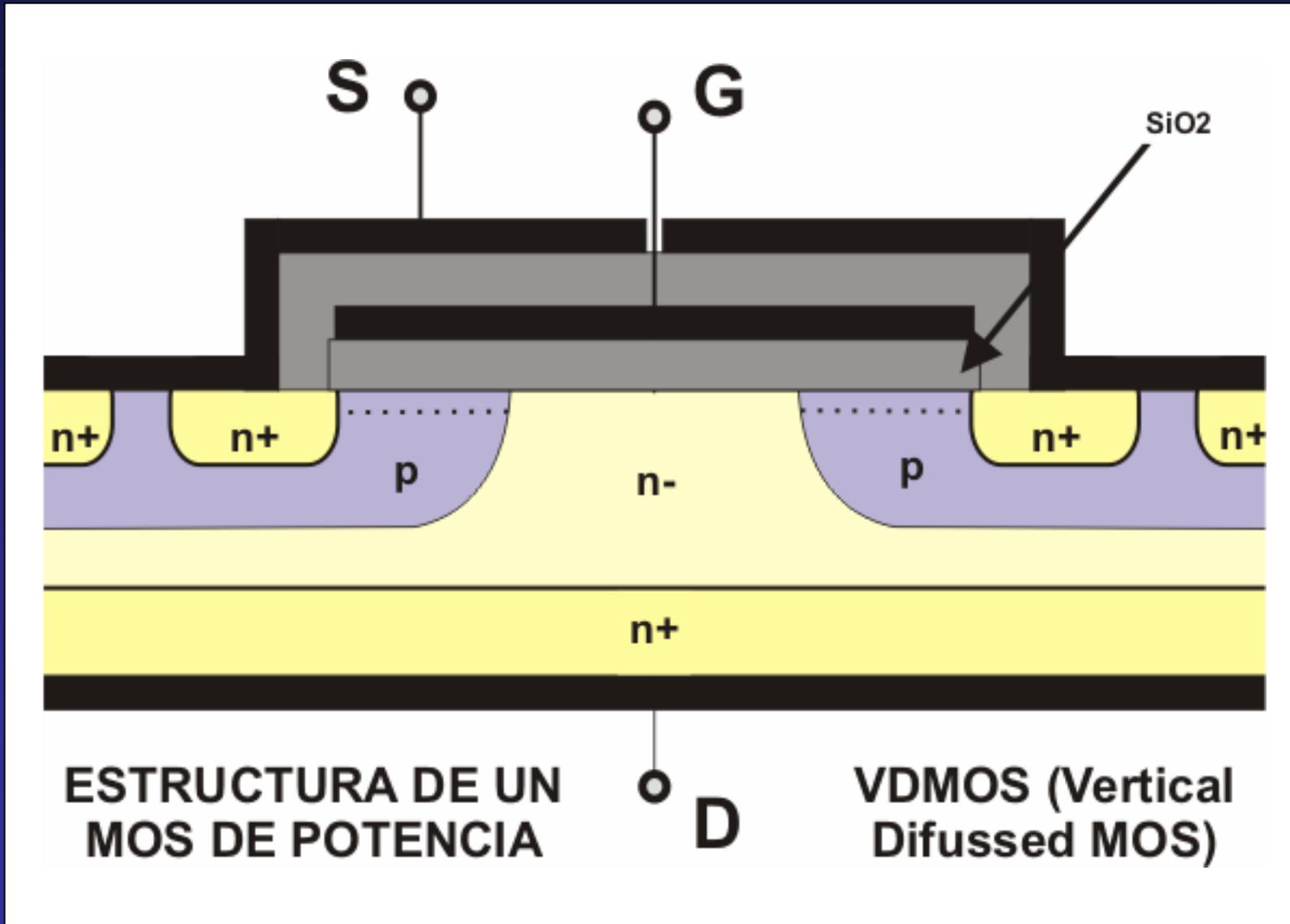
- * ACUMULACIÓN
- * **ENRIQUECIMIENTO**

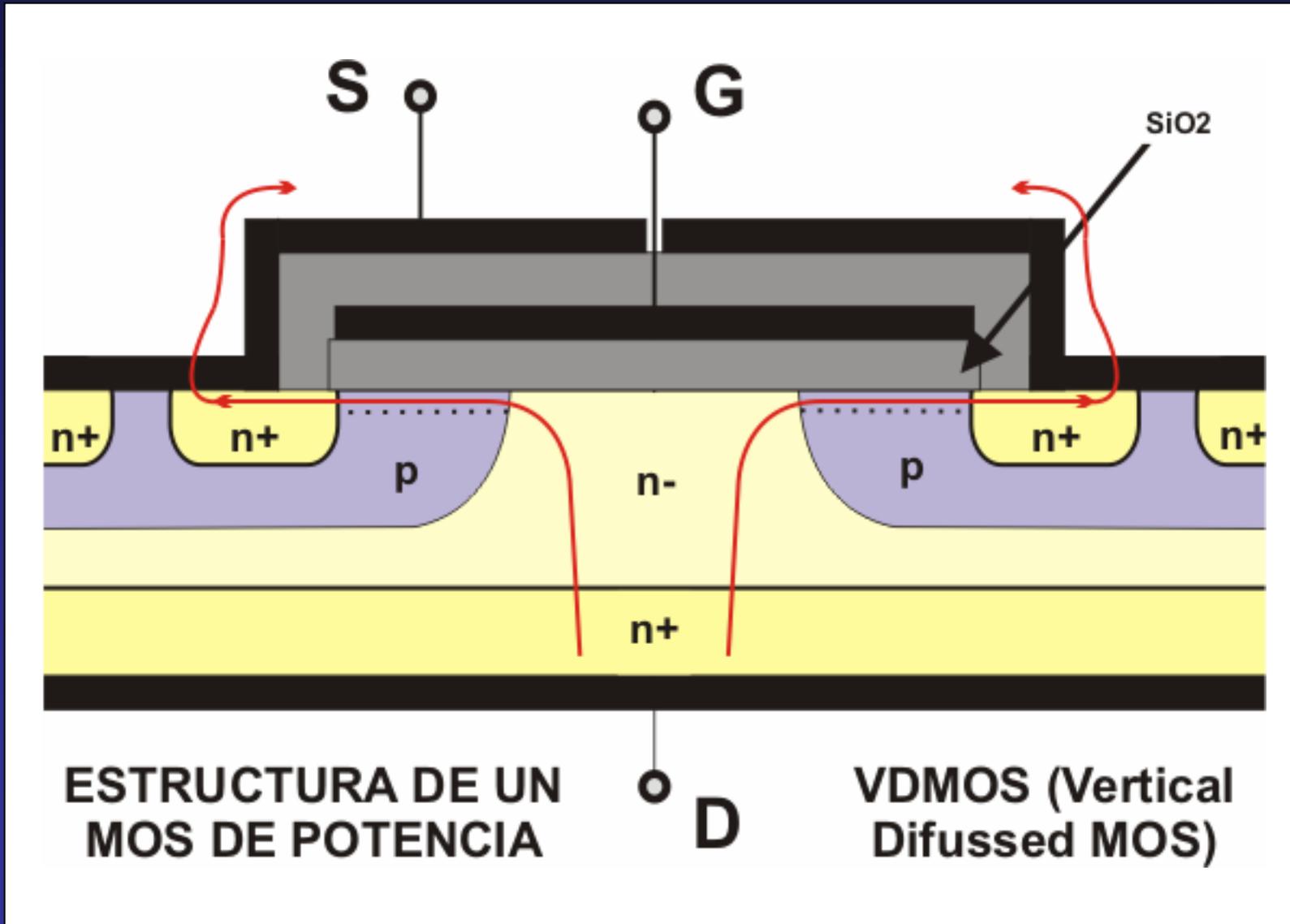
-Según las diversas geometrías usadas en la implementación:

- * **VDMOS**
- * V-GROOVE ó TRENCH
- * LATERAL POWER MOS



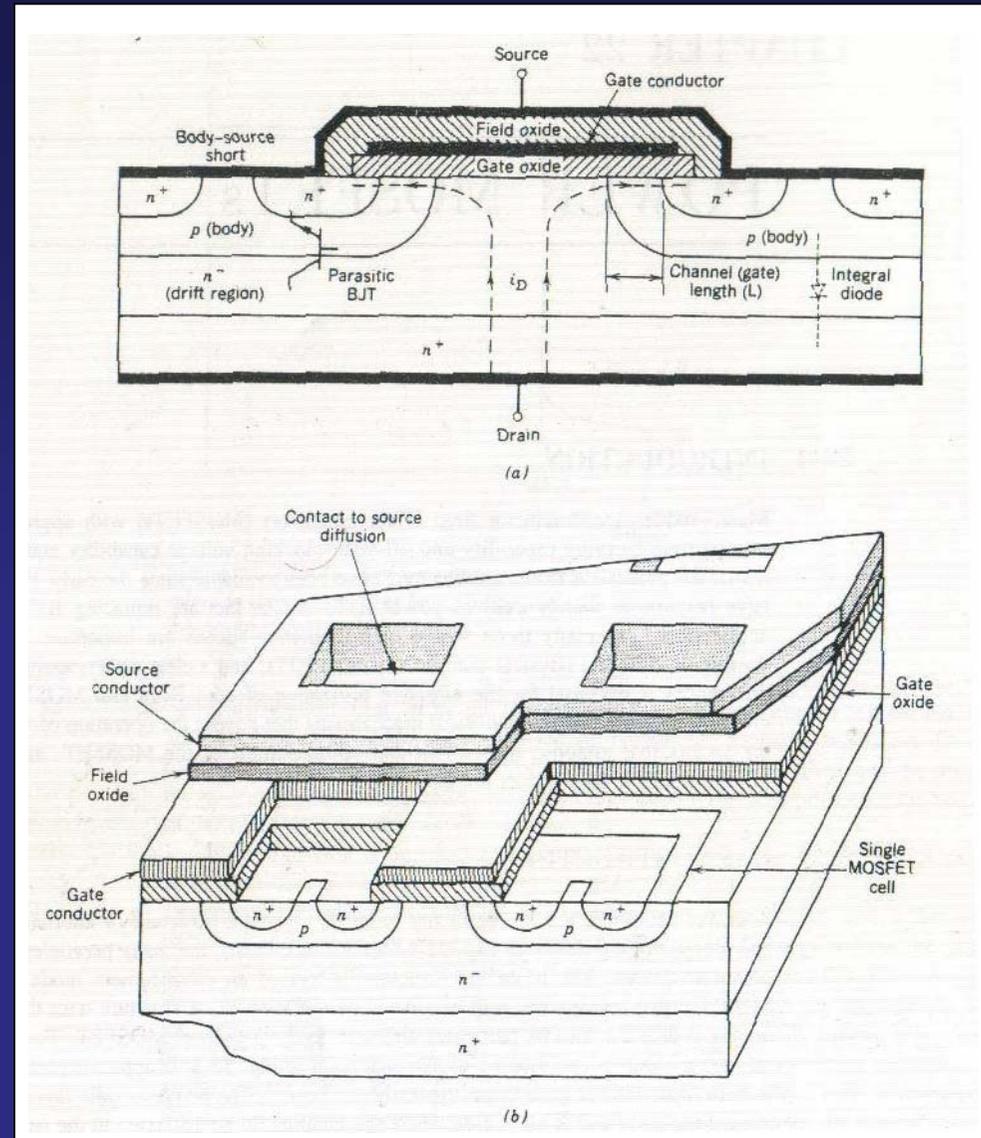
**ESTRUCTURA DE UN
MOSFET DE SEÑAL**





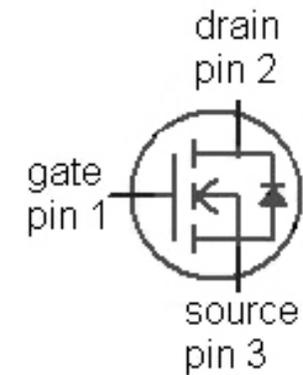
Aspectos importantes de la estructura VDMOS:

- Corto entre región p y Source.
- Drain compuesto por dos capas: n+ y n- (epi layer).
- Extensión de la región de Gate sobre la región n- del Drain.
- Estructura de "celdas" (equivalente a un gran arreglo de pequeños MOS de Potencia conectados en paralelo).
- Geometría de la celda (importante para la determinación de ciertos parámetros de funcionamiento).



MOSFET de Potencia

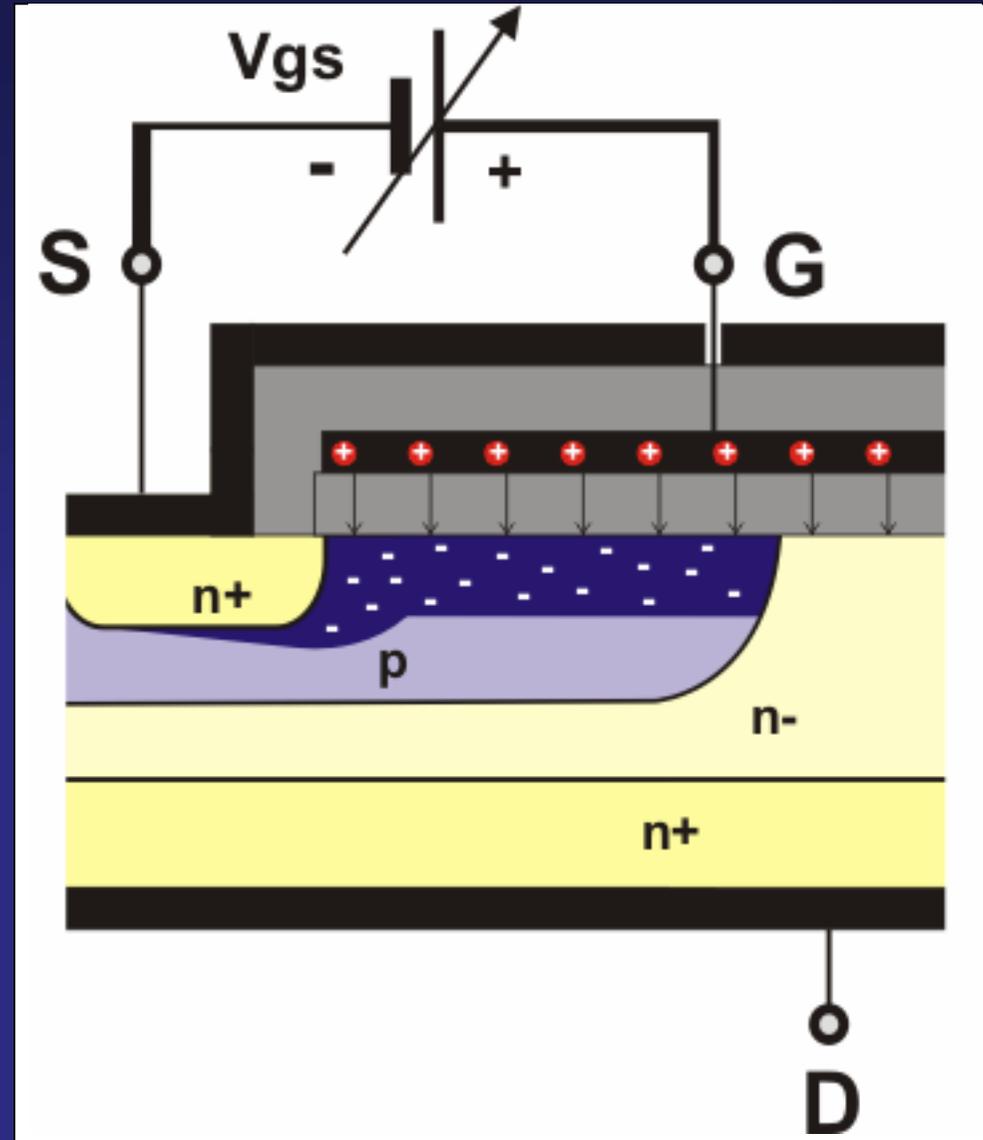
1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.



Formación del canal y control de la conductividad:

- $V_{gs} = 0$.. No hay canal
(región $p =$ Alta impedancia).

- $0 < V_{gs} < V_{gs(th)}$.. Aumenta el ancho de la zona de deplexión (cargas descubiertas), por acción del campo eléctrico en el SiO_2 .

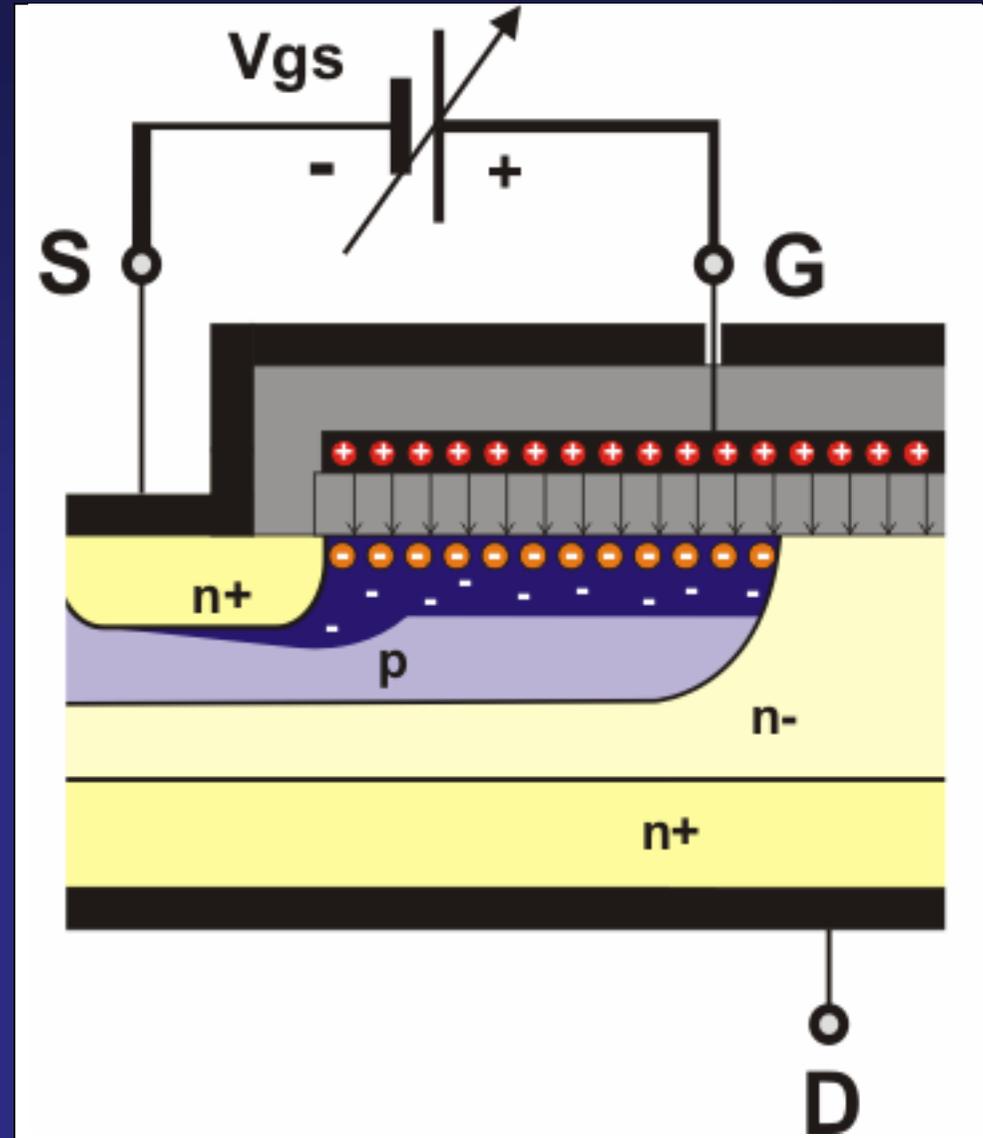


Formación del canal y control de la conductividad:

- $V_{gs} = 0$.. No hay canal
(región $p =$ Alta impedancia).

- $0 < V_{gs} < V_{gs(th)}$.. Aumenta el ancho de la zona de deplexión (cargas descubiertas), por acción del campo eléctrico en el SiO_2 .

- $V_{gs} = V_{gs(th)}$.. Comienza a establecerse el canal conductivo (formación de la capa de inversión).



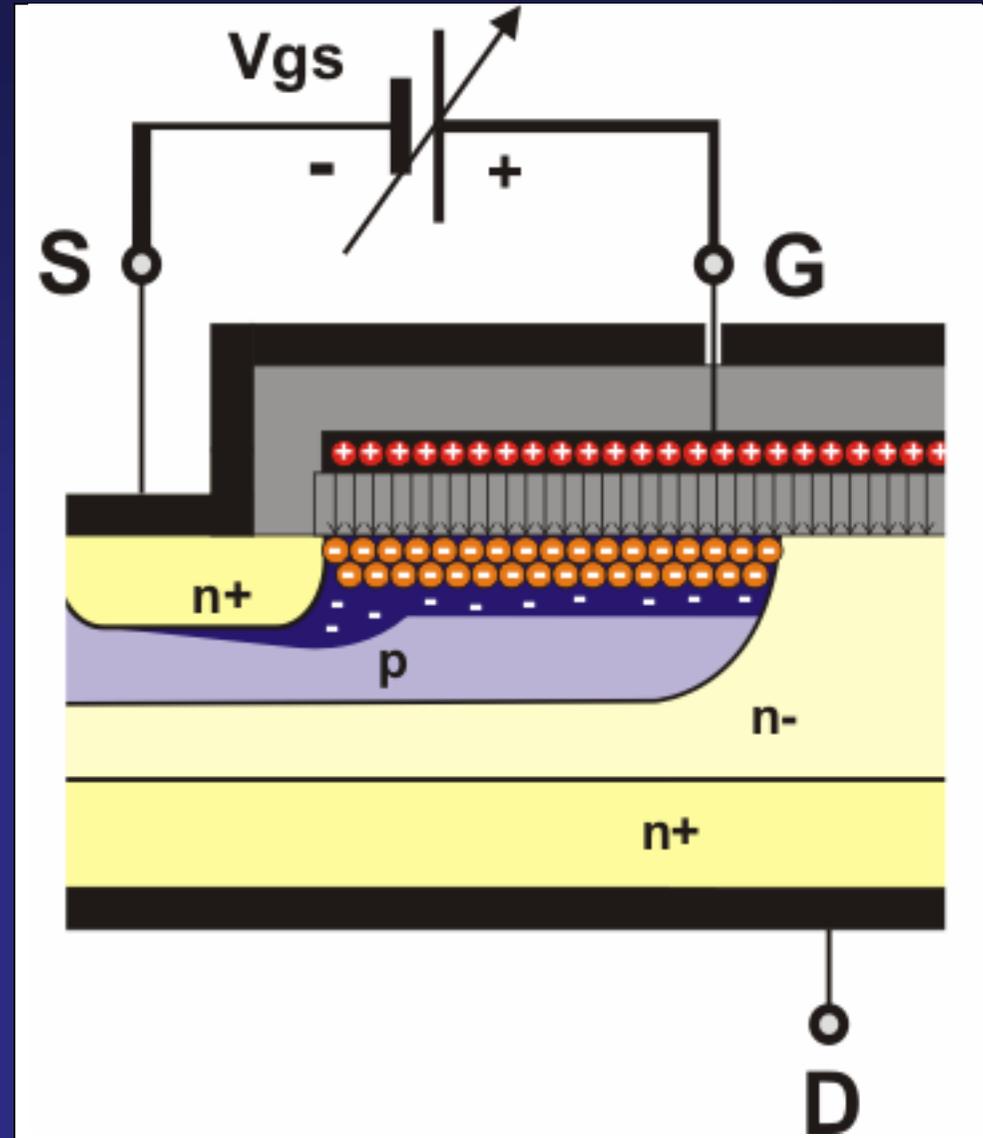
Formación del canal y control de la conductividad:

- $V_{gs} = 0$.. No hay canal
(región $p =$ Alta impedancia).

- $0 < V_{gs} < V_{gs(th)}$.. Aumenta el ancho de la zona de deplexión (cargas descubiertas), por acción del campo eléctrico en el SiO_2 .

- $V_{gs} = V_{gs(th)}$.. Comienza a establecerse el canal conductivo (formación de la capa de inversión).

- $V_{gs} > V_{gs(th)}$.. Se incrementa la conductividad del canal (aumento en la concentración de electrones).



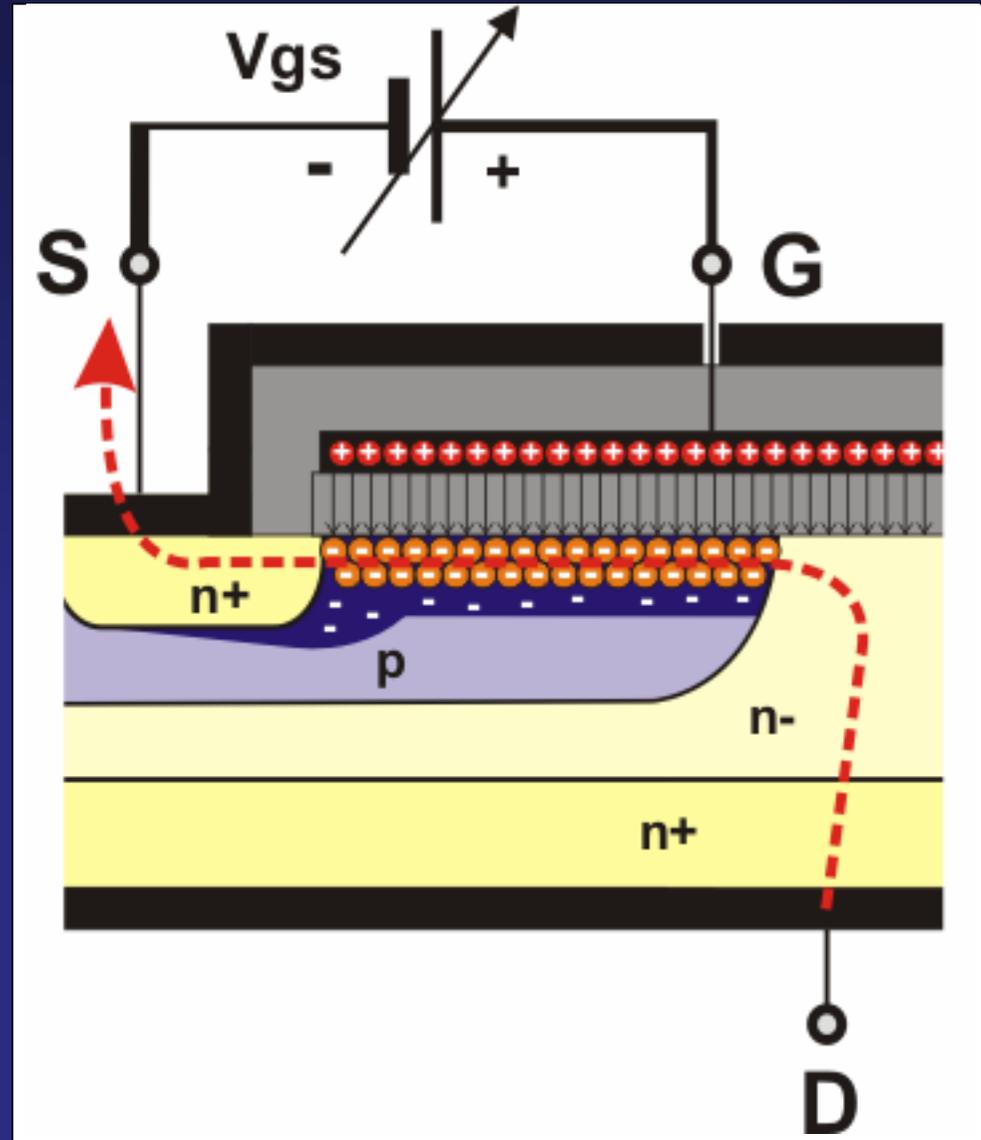
Formación del canal y control de la conductividad:

- $V_{gs} = 0$.. No hay canal
(región $p =$ Alta impedancia).

- $0 < V_{gs} < V_{gs(th)}$.. Aumenta el ancho de la zona de deplexión (cargas descubiertas), por acción del campo eléctrico en el SiO_2 .

- $V_{gs} = V_{gs(th)}$.. Comienza a establecerse el canal conductivo (formación de la capa de inversión).

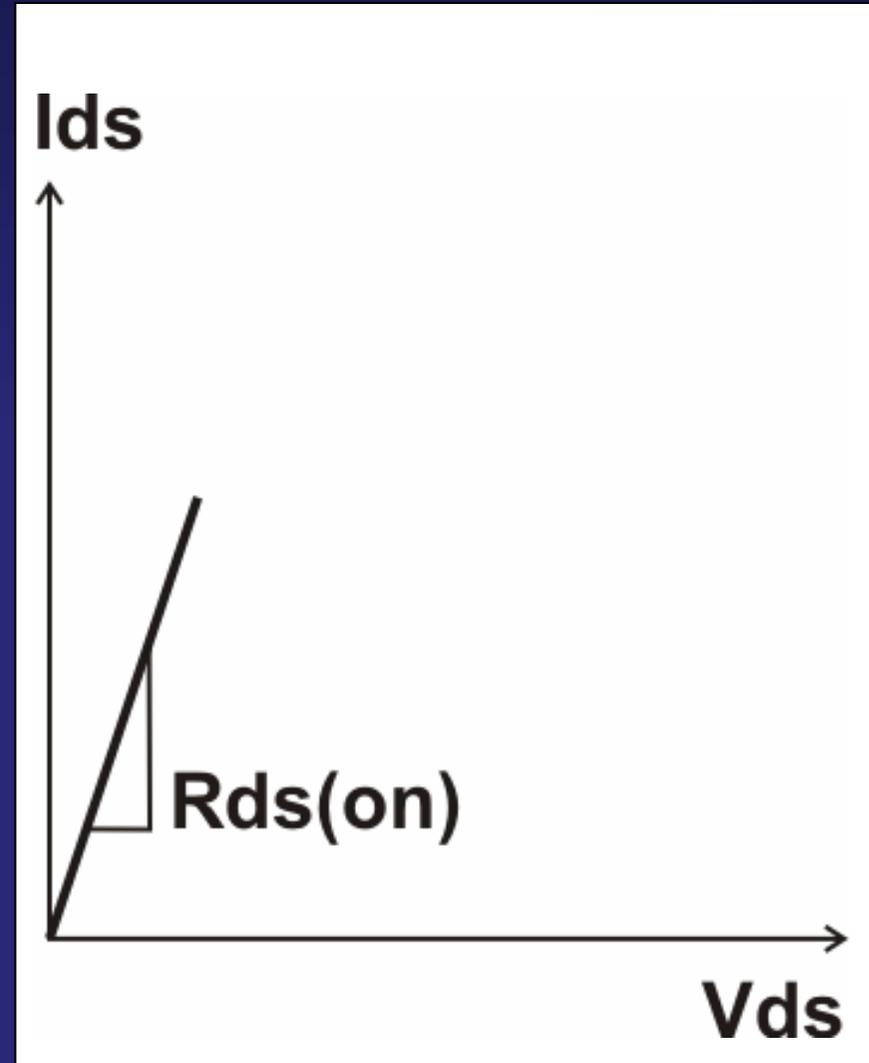
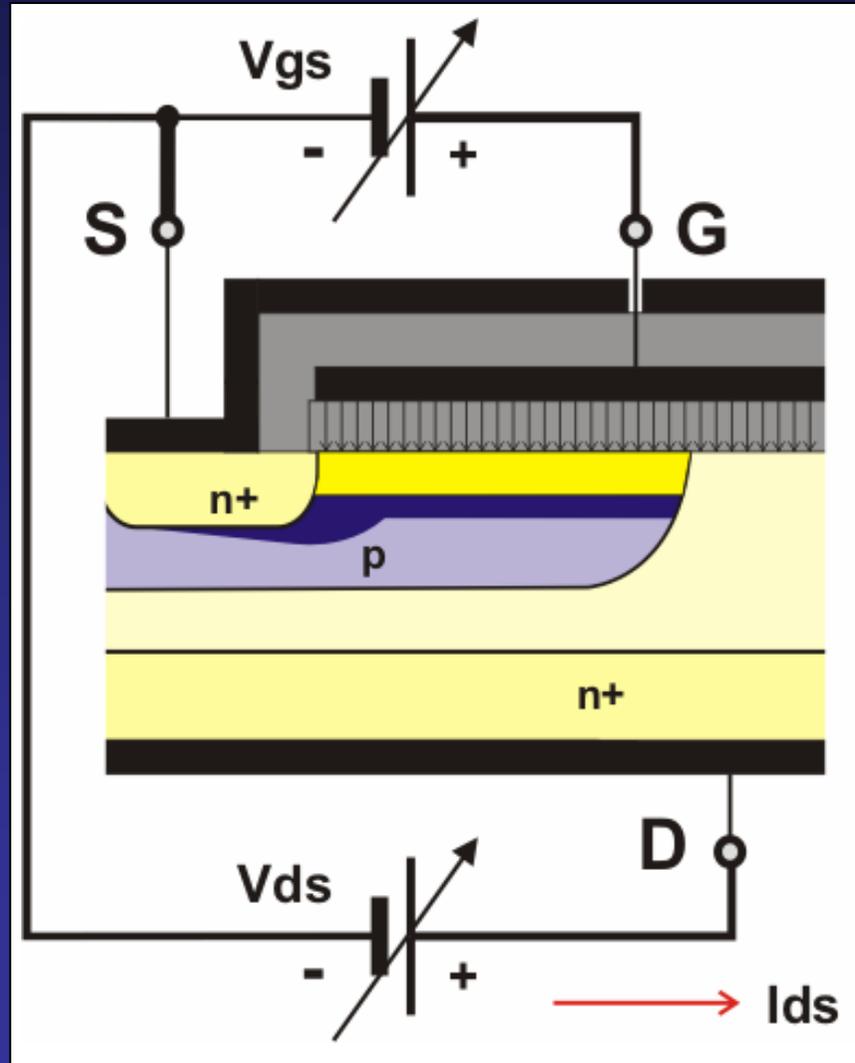
- $V_{gs} > V_{gs(th)}$.. Se incrementa la conductividad del canal (aumento en la concentración de electrones).



MOSFET

Física de la Operación y Características Estáticas

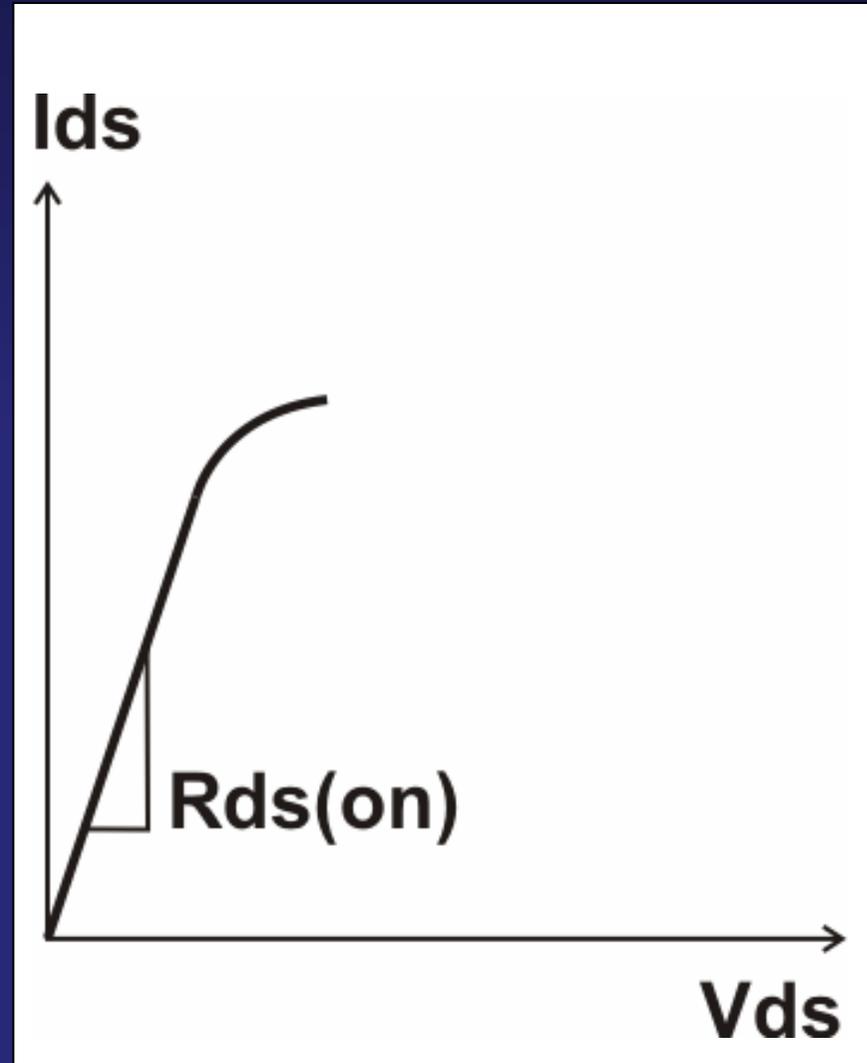
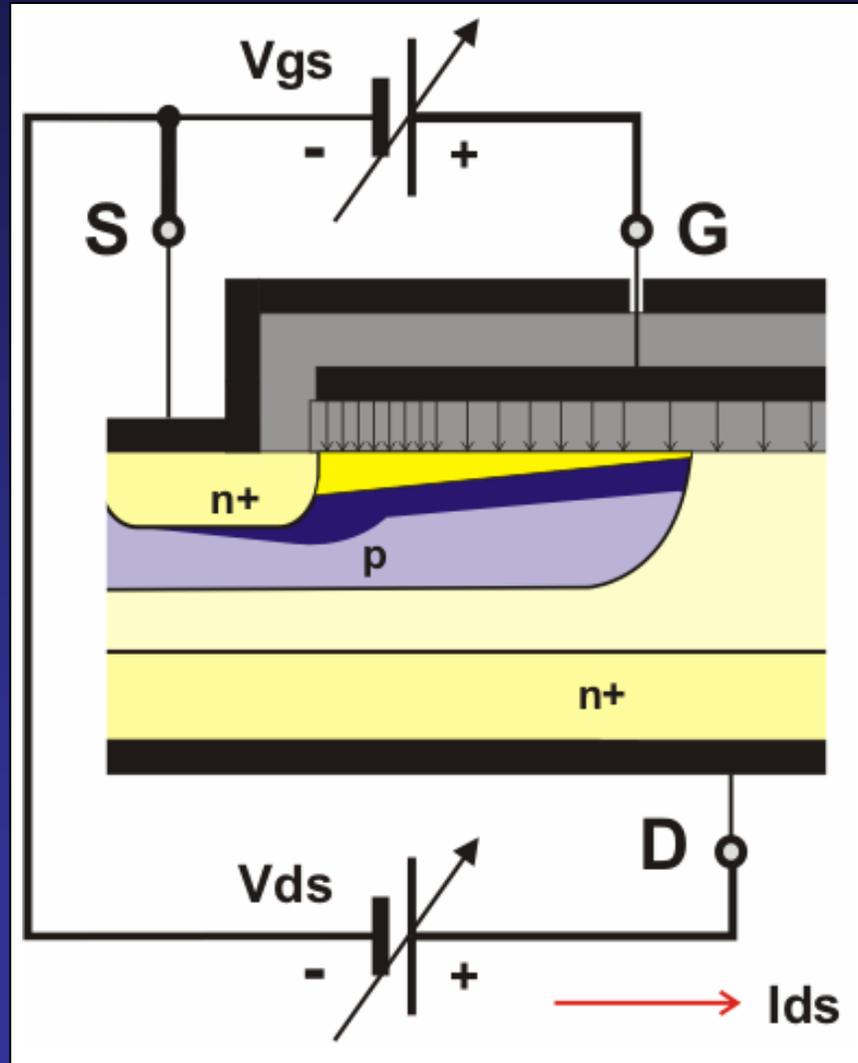
Conducción y Saturación del Canal



MOSFET

Física de la Operación y Características Estáticas

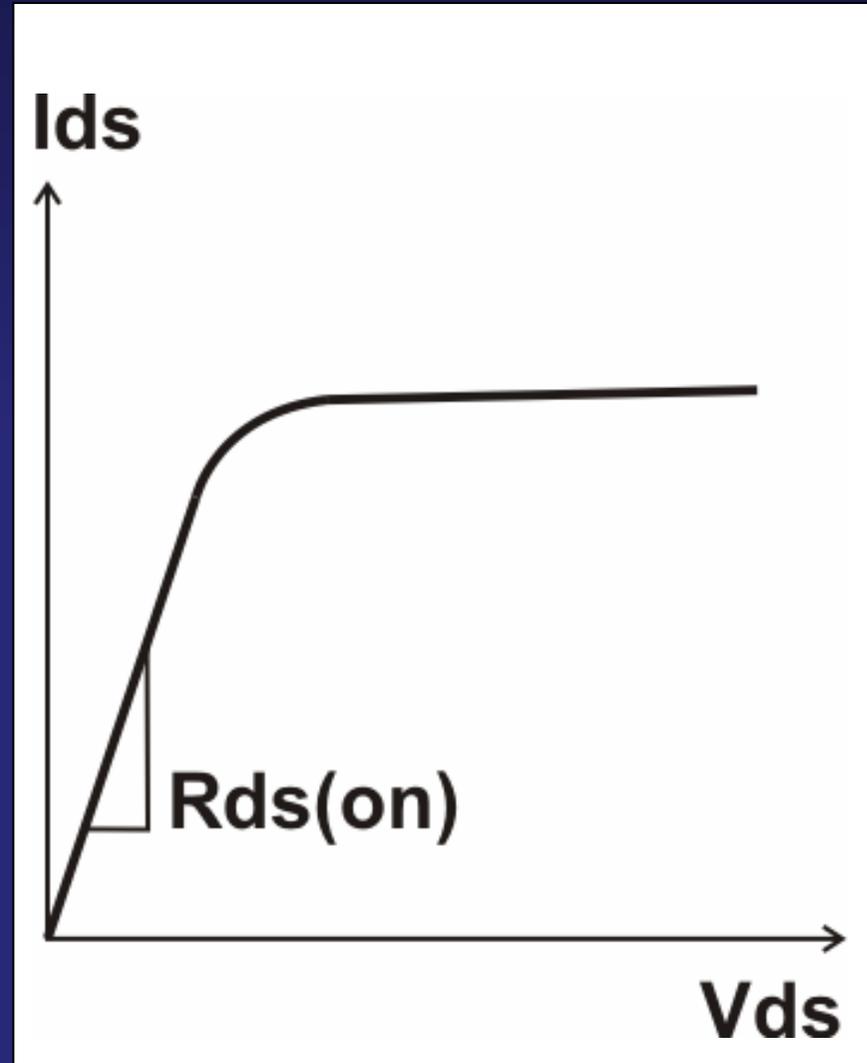
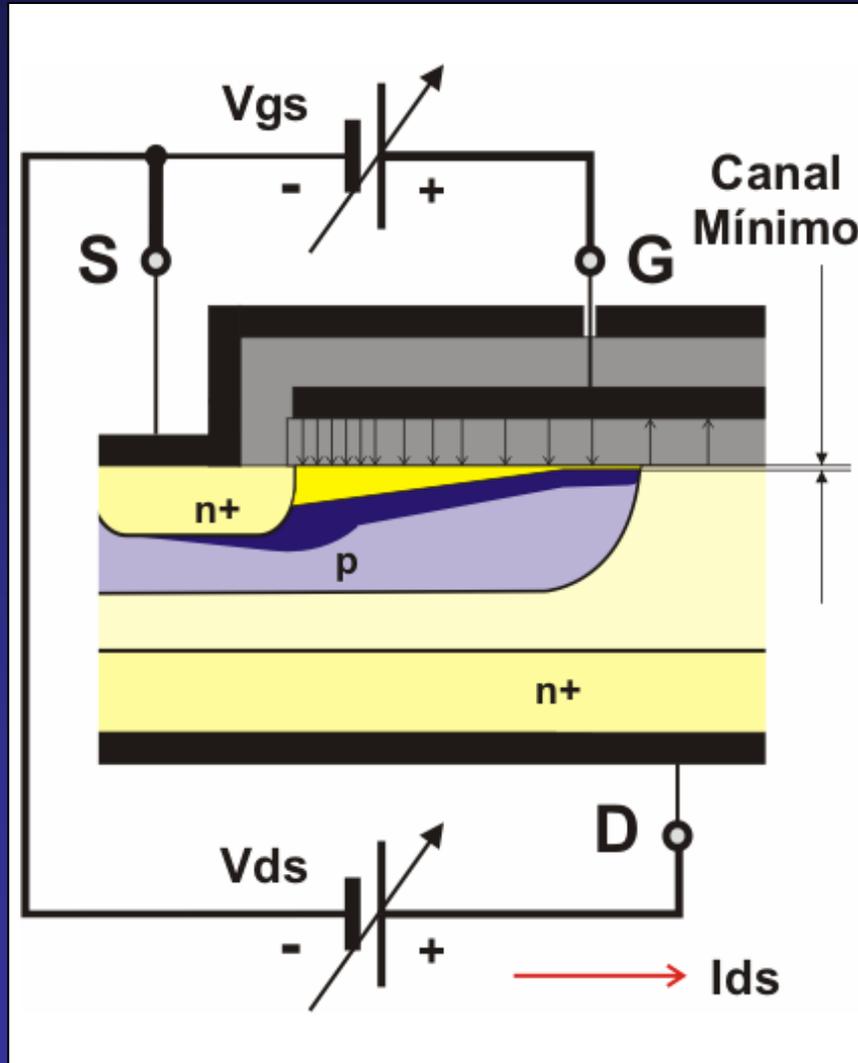
Conducción y Saturación del Canal

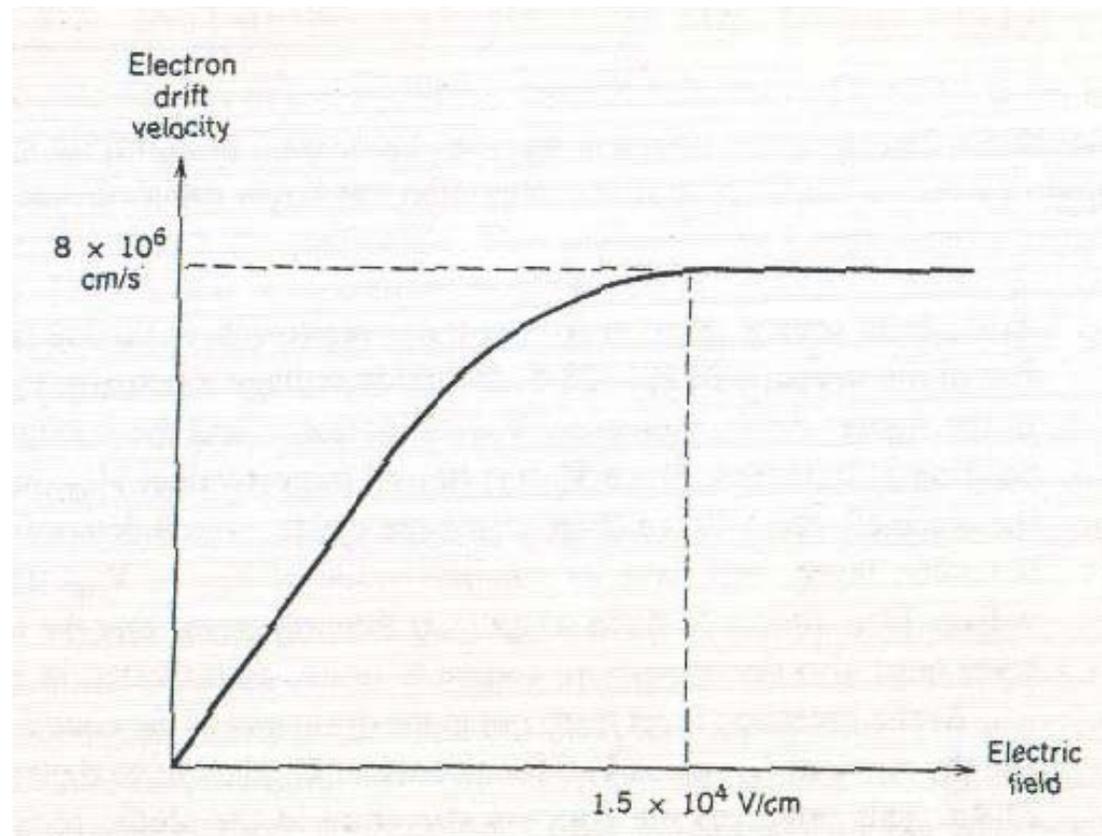


MOSFET

Física de la Operación y Características Estáticas

Conducción y Saturación del Canal

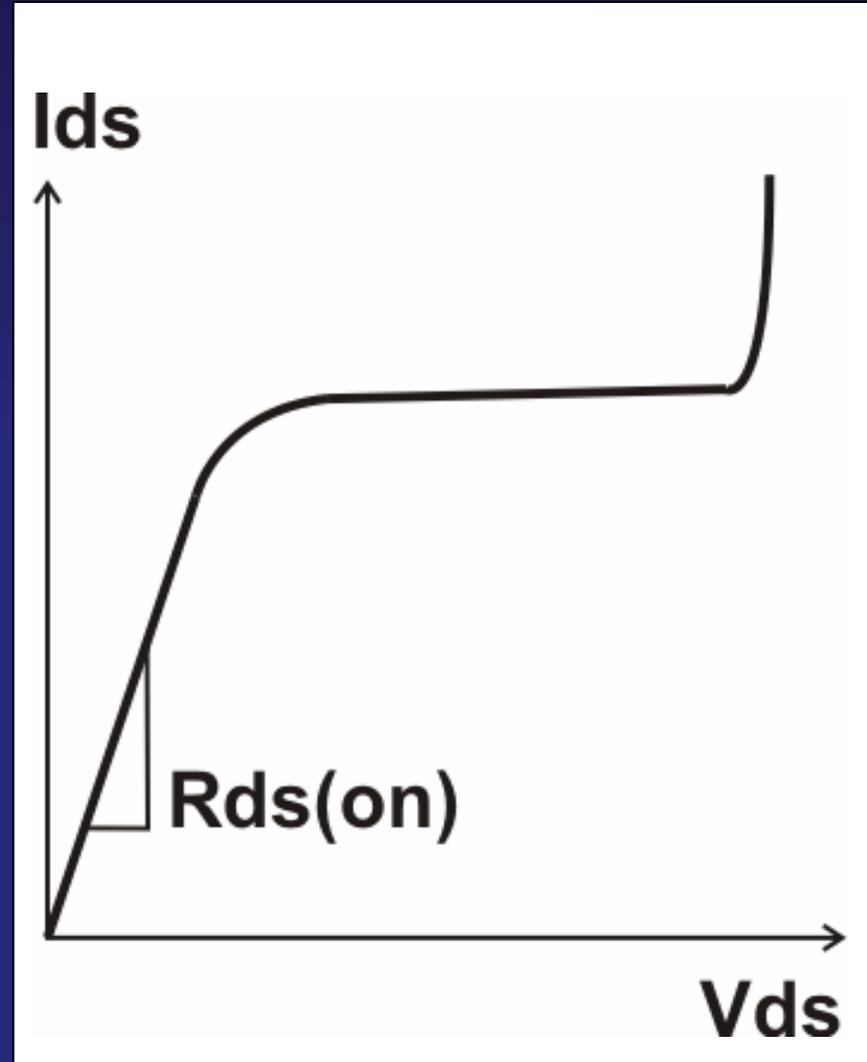
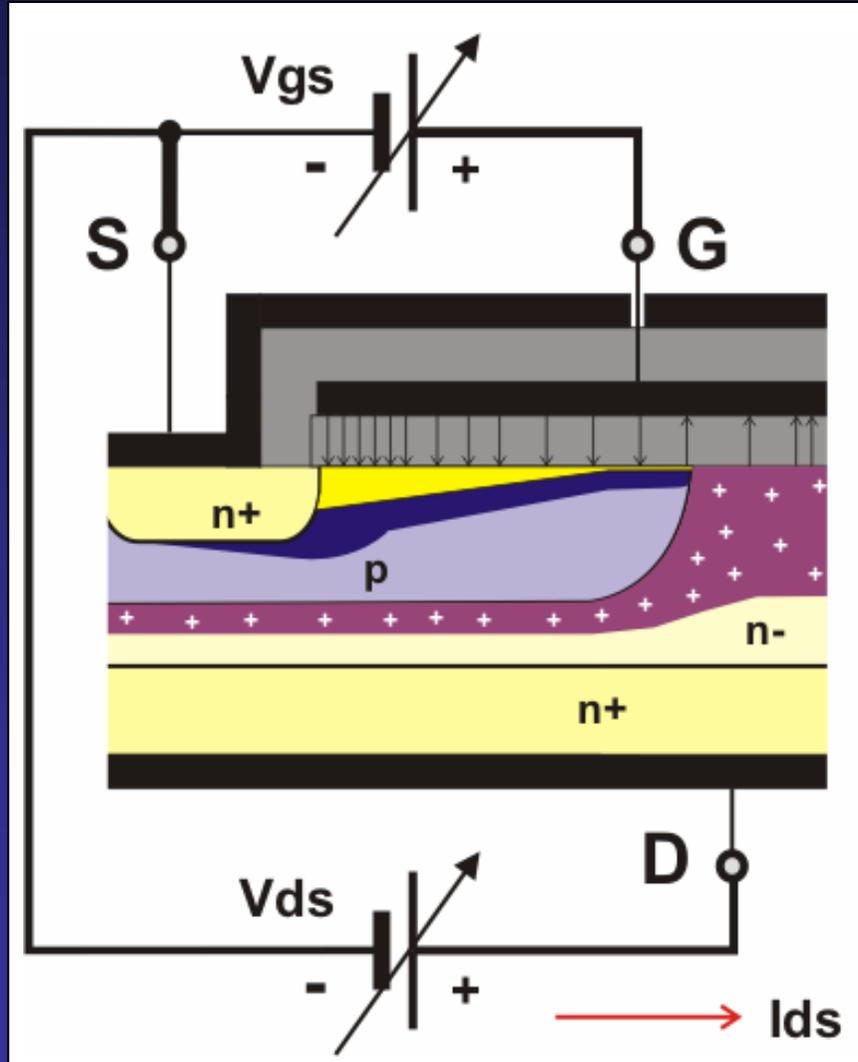


Conducción y Saturación del Canal

MOSFET

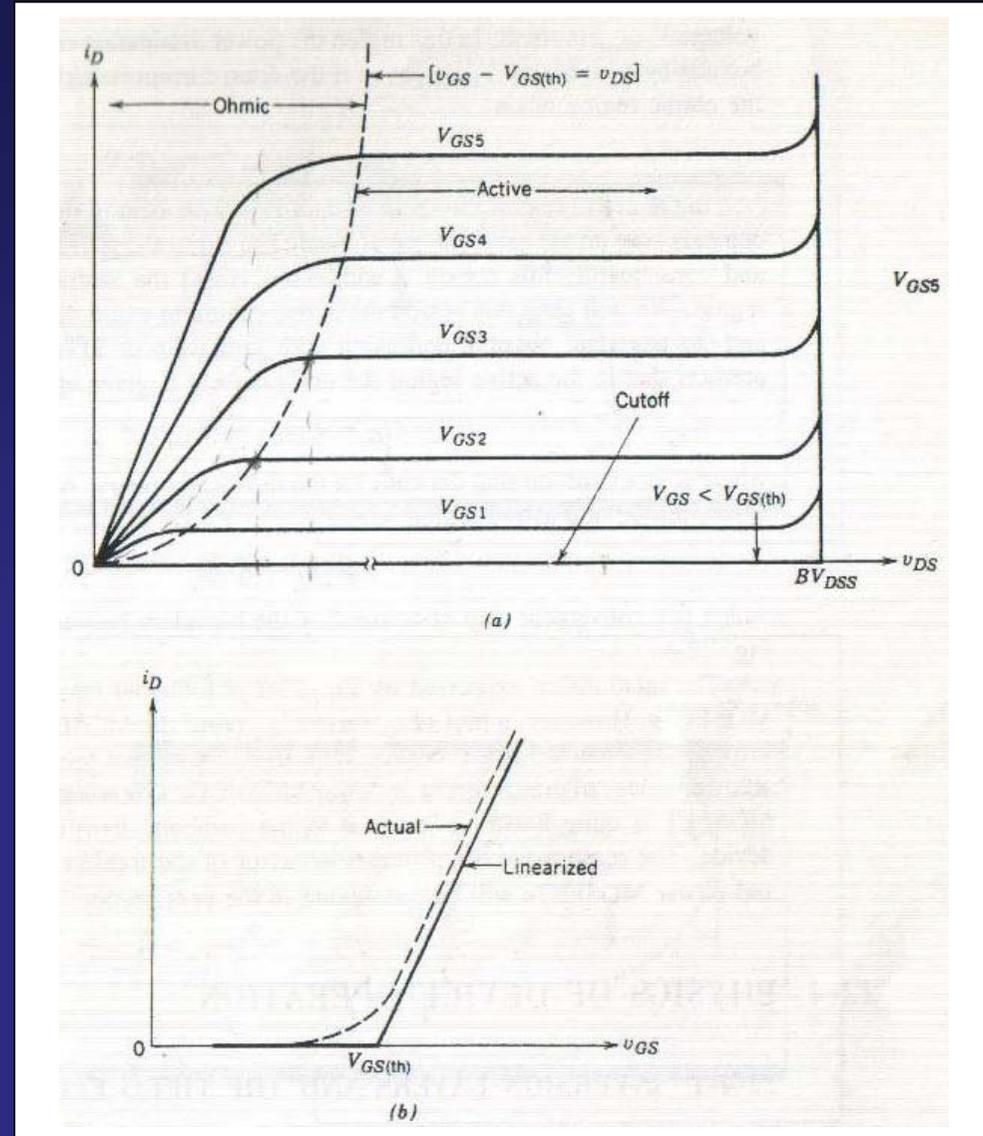
Física de la Operación y Características Estáticas

Conducción y Saturación del Canal



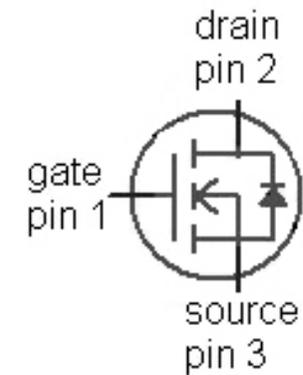
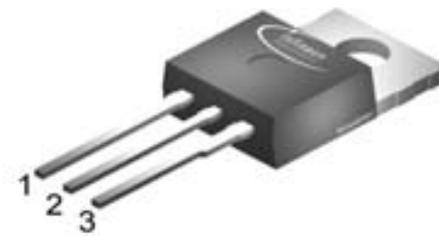
Características estáticas de funcionamiento:

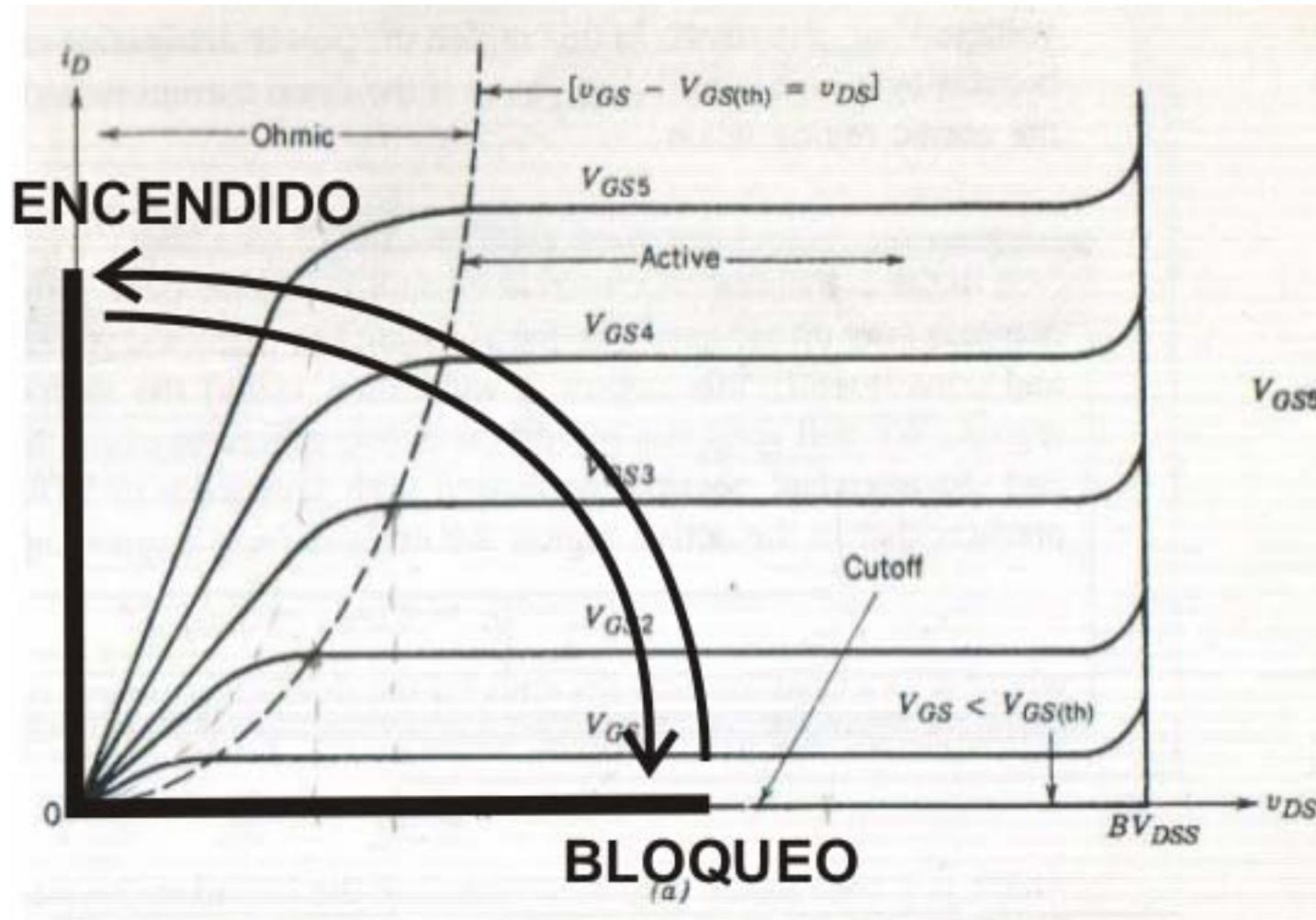
- Región Ohmica ..
 - * $V_{GS} - V_{GS(th)} > V_{DS}$
 - * Parámetro: $R_{DS(ON)}$
- Región Activa ..
 - * $V_{GS} - V_{GS(th)} < V_{DS}$
 - * Parámetro: G_m
(transconductancia)
- $G_m = \text{constante}$
- Región de bloqueo ..
 - * $V_{GS} < V_{GS(th)}$
- Ruptura por avalancha ..
 - * $V_{DS} > BV_{DSS}$



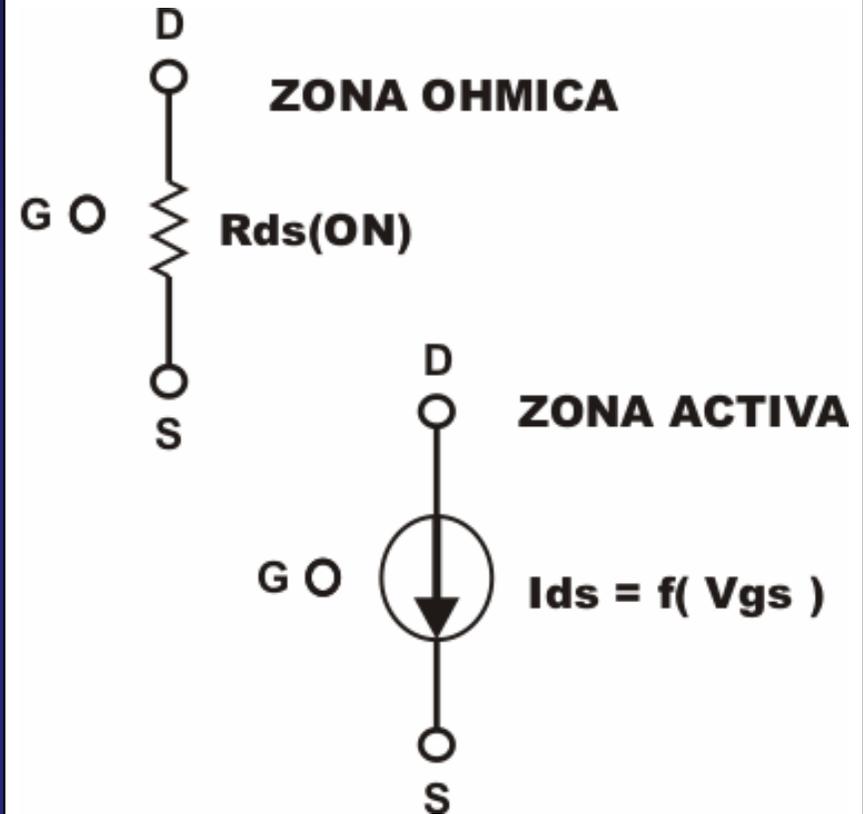
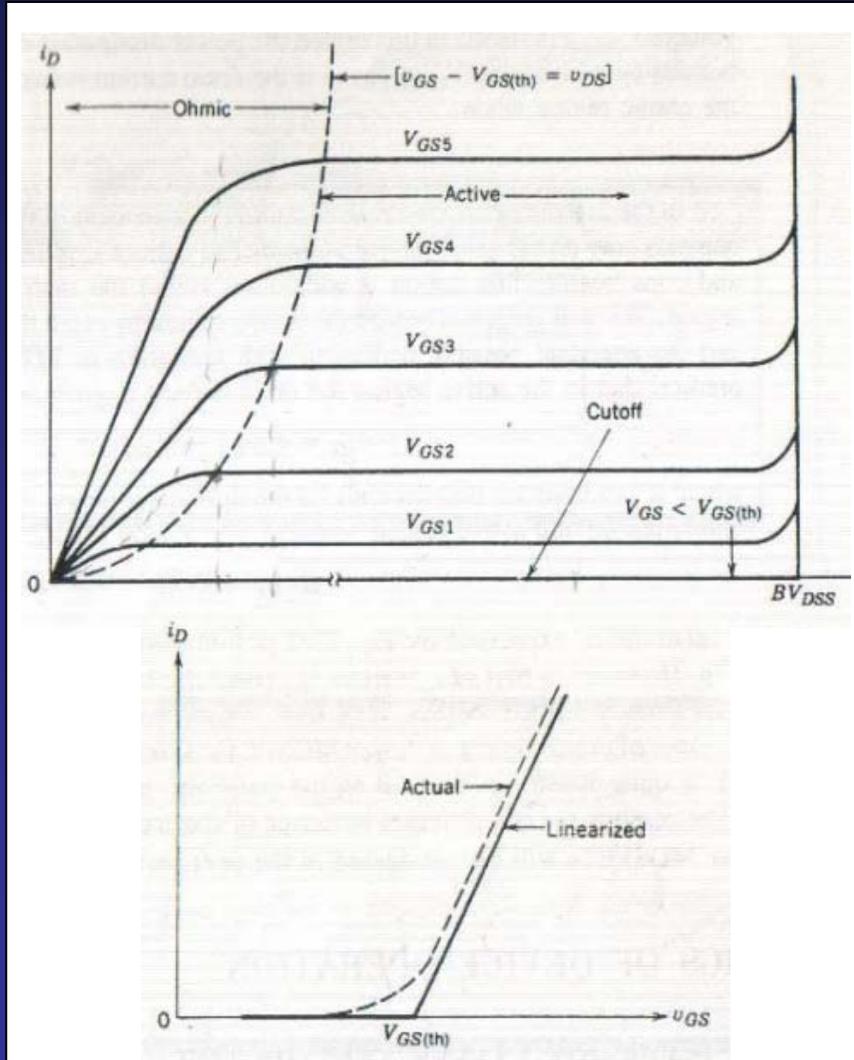
MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.

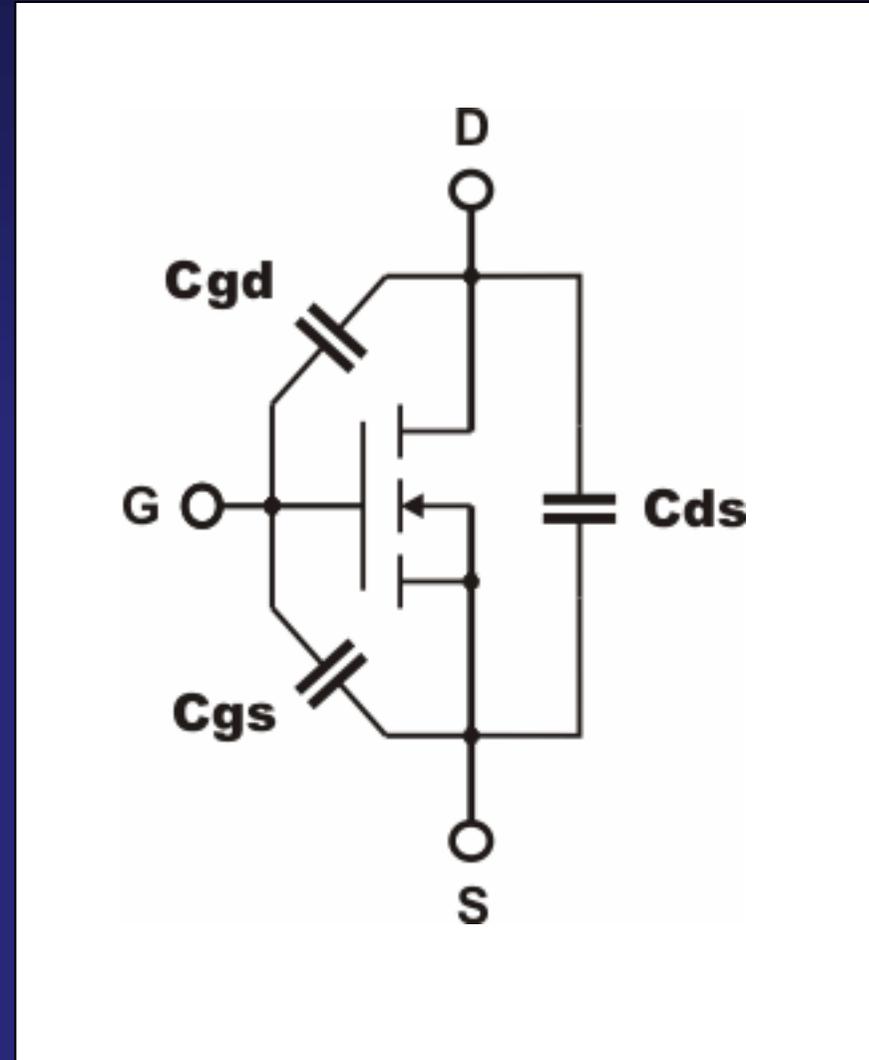
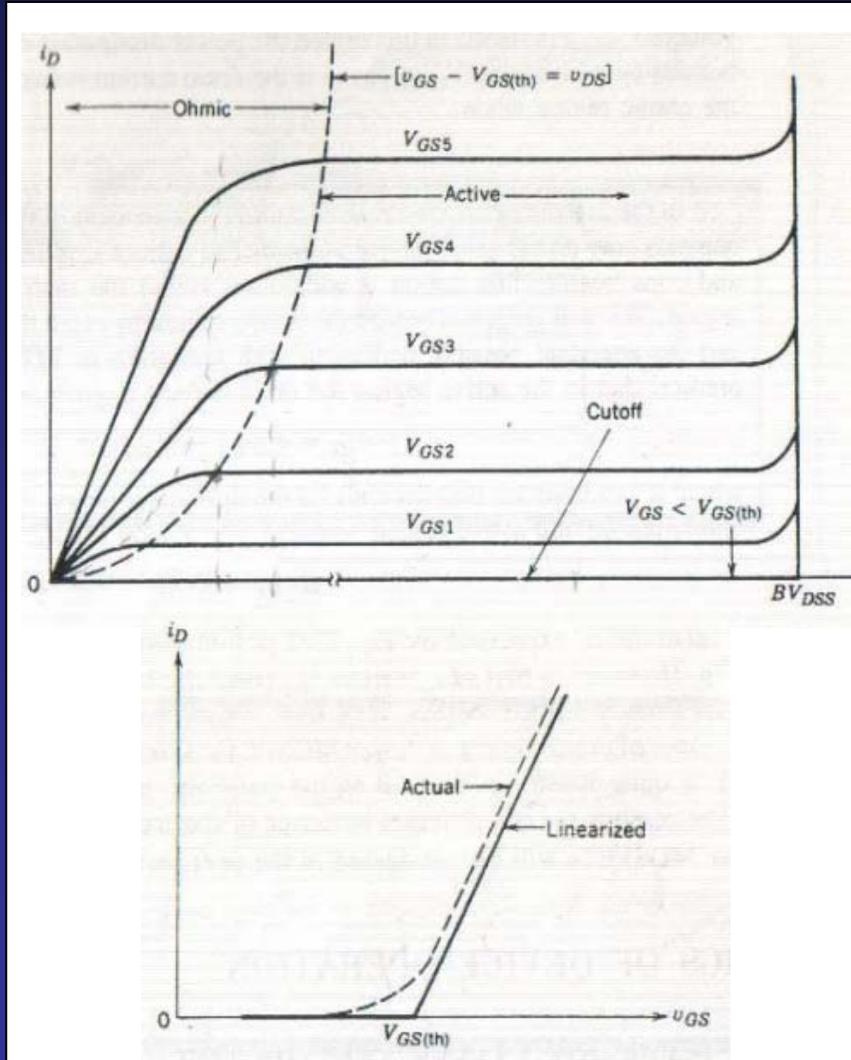




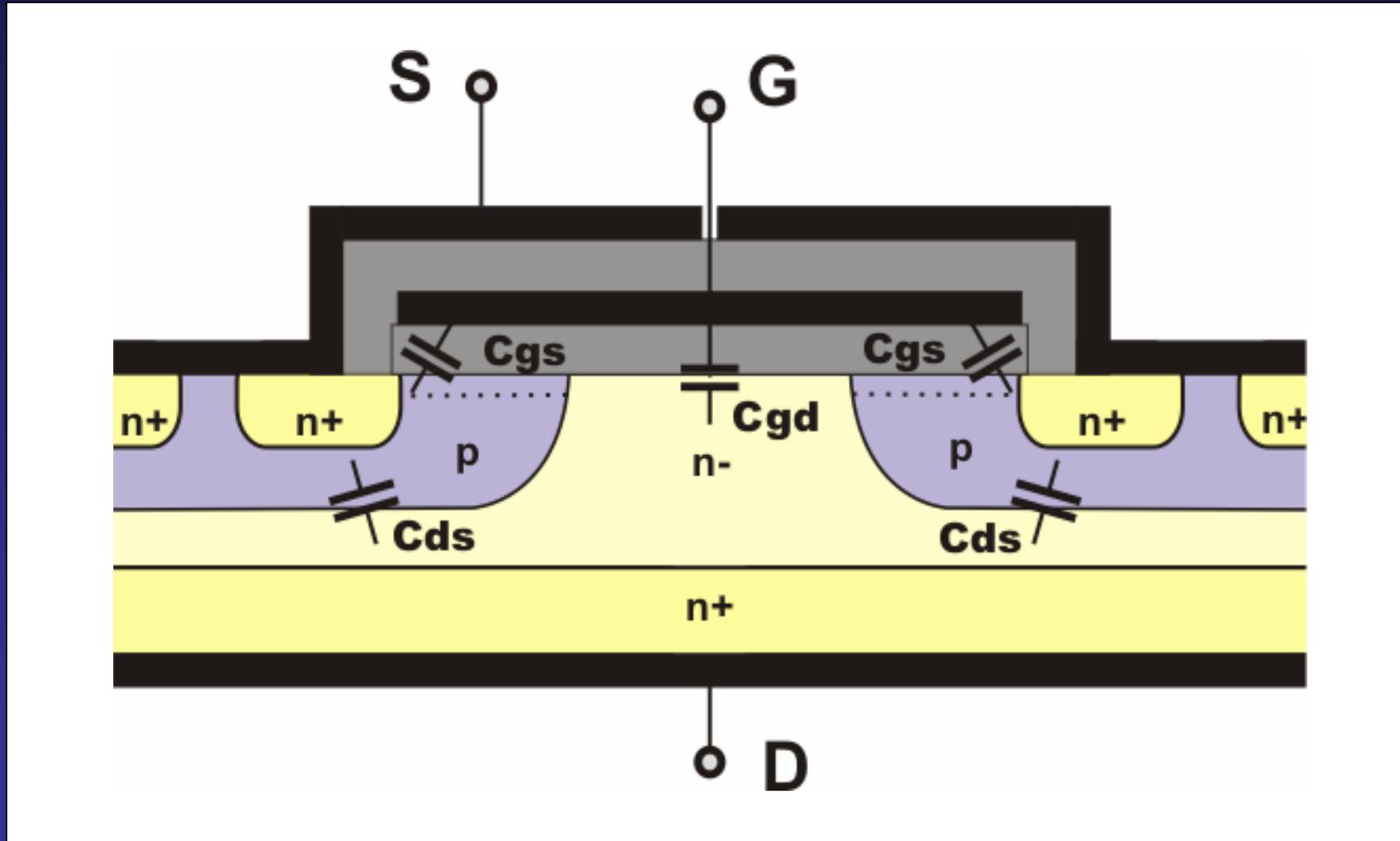
Construcción del Modelo para el MOSFET



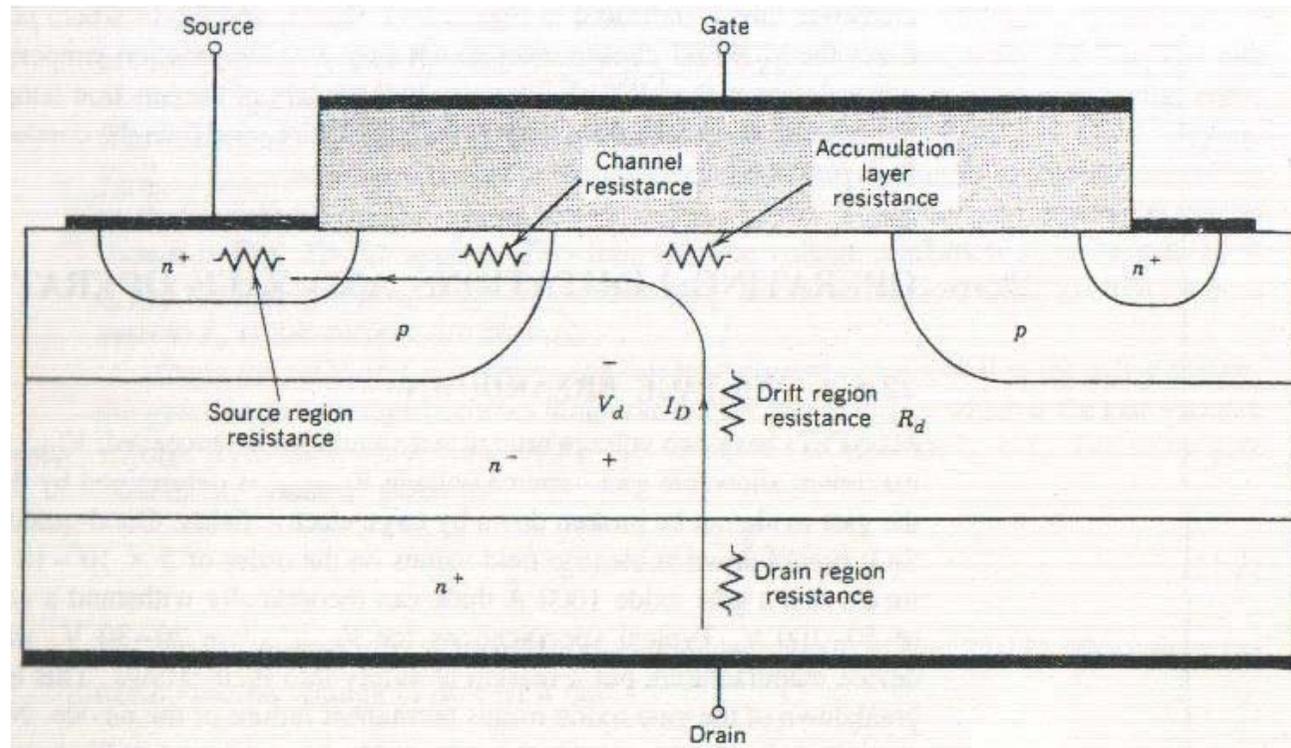
Construcción del Modelo para el MOSFET – Capacidades parásitas

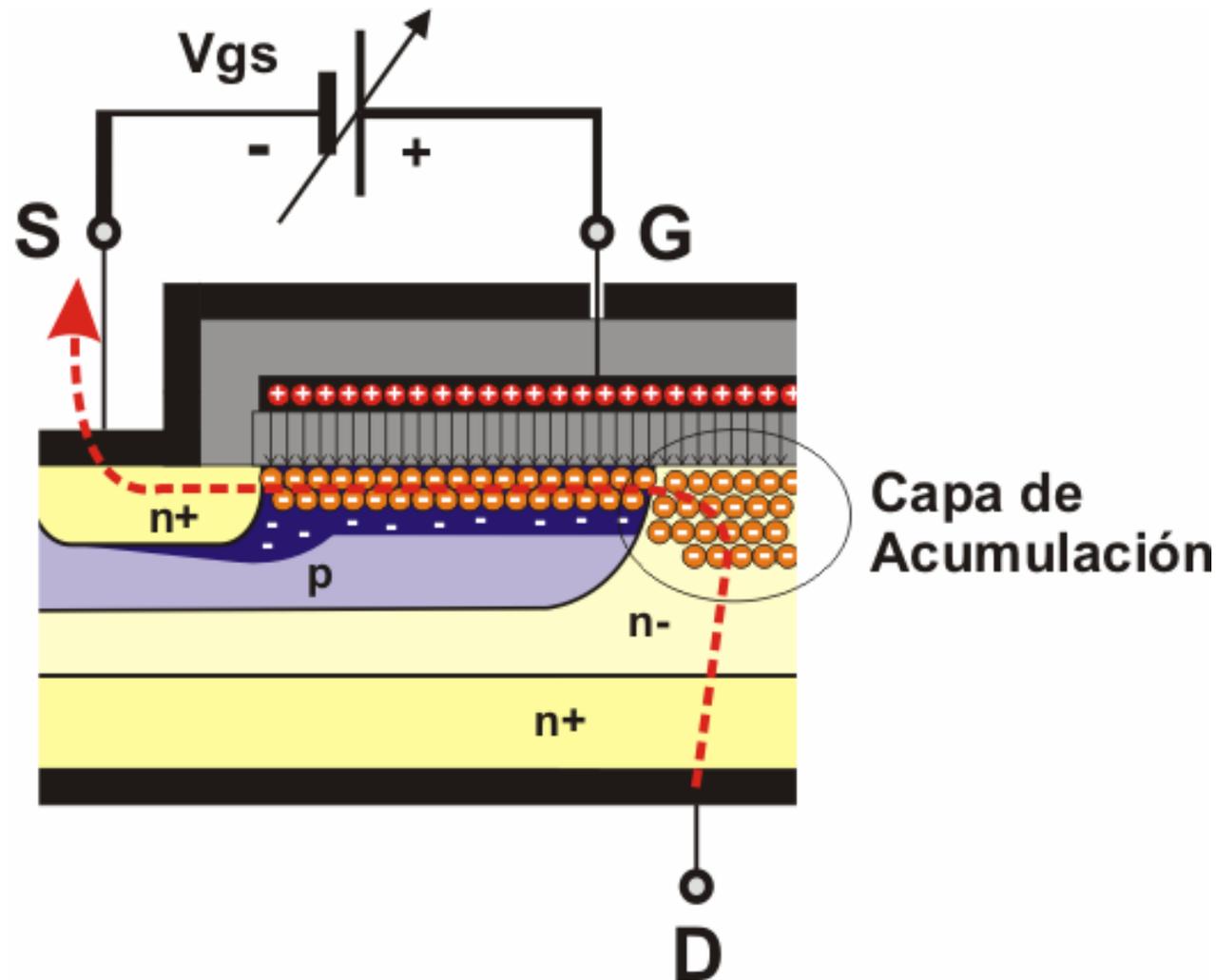


Origen de las capacidades parásitas

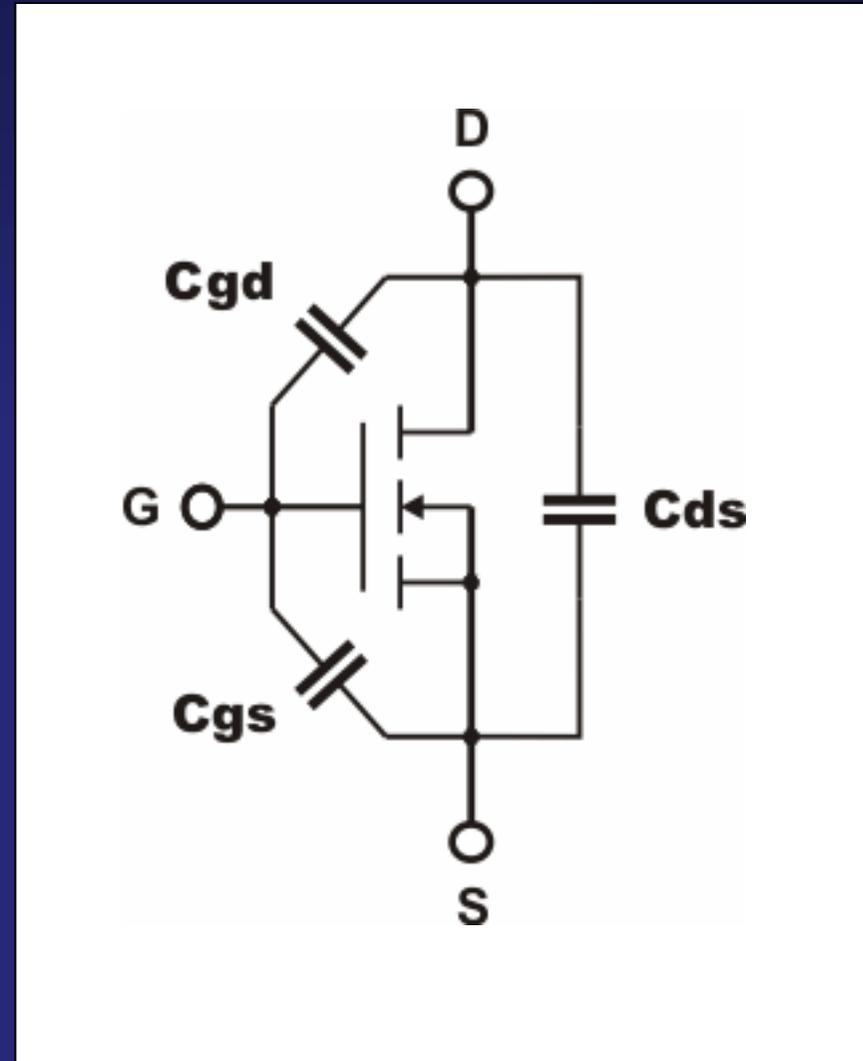
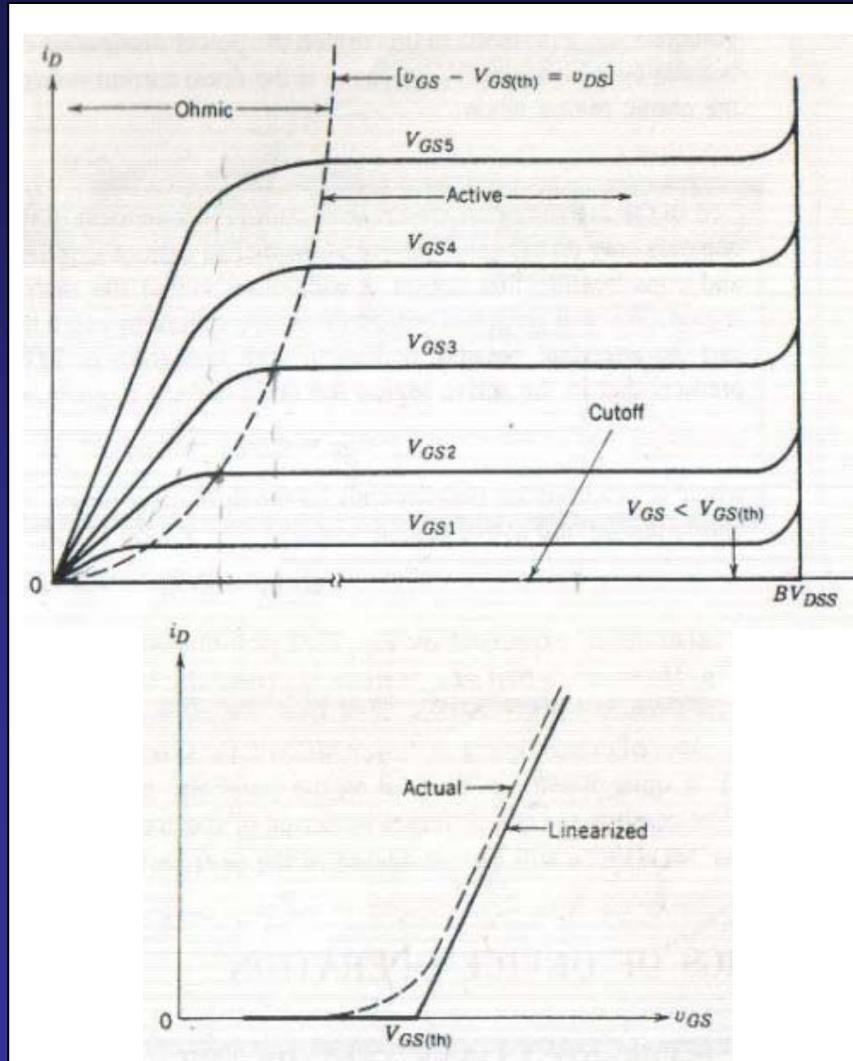


Composición de la $R_{ds(ON)}$ del MOS

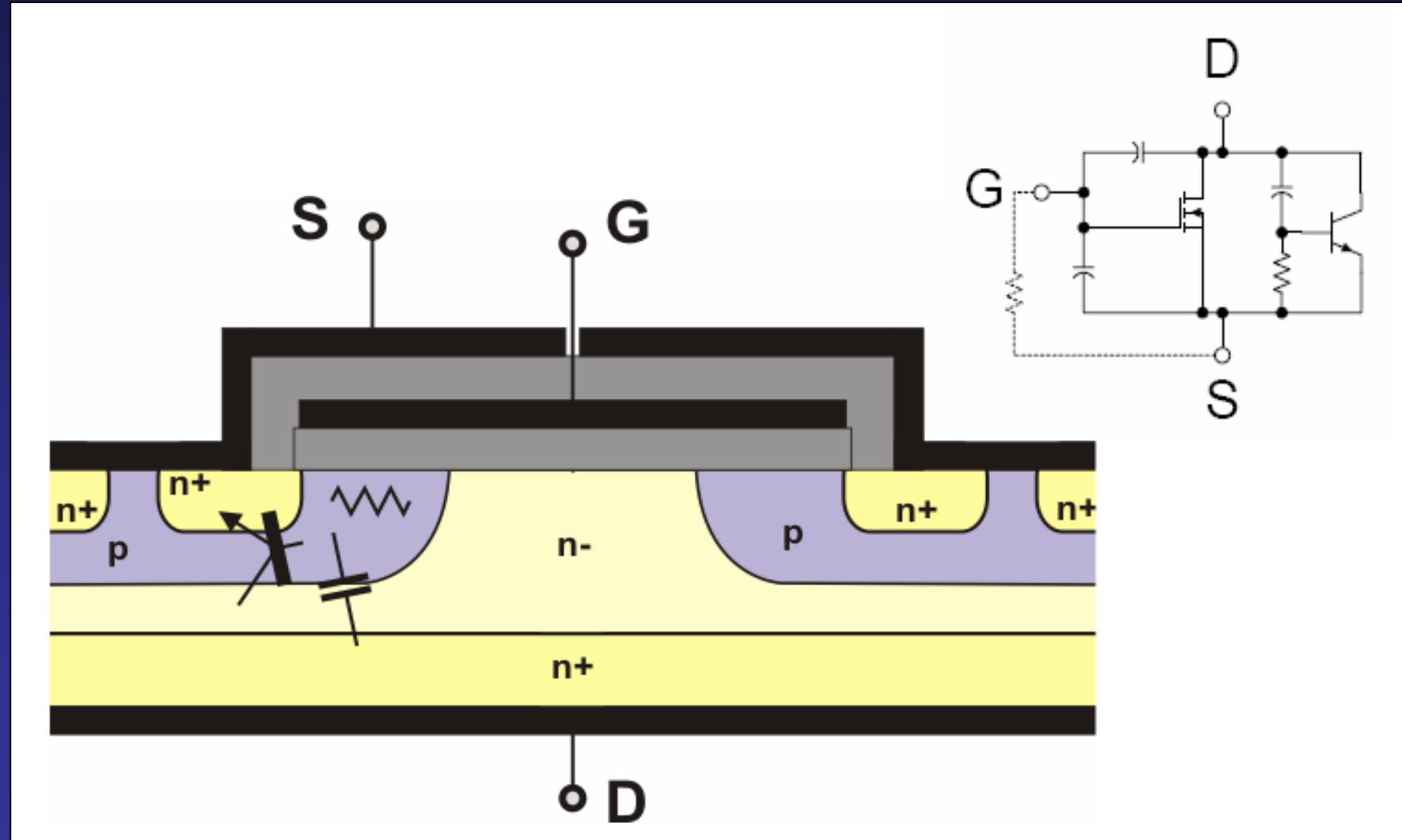


Composición de la $R_{ds(ON)}$ del MOS

Construcción del Modelo para el MOSFET



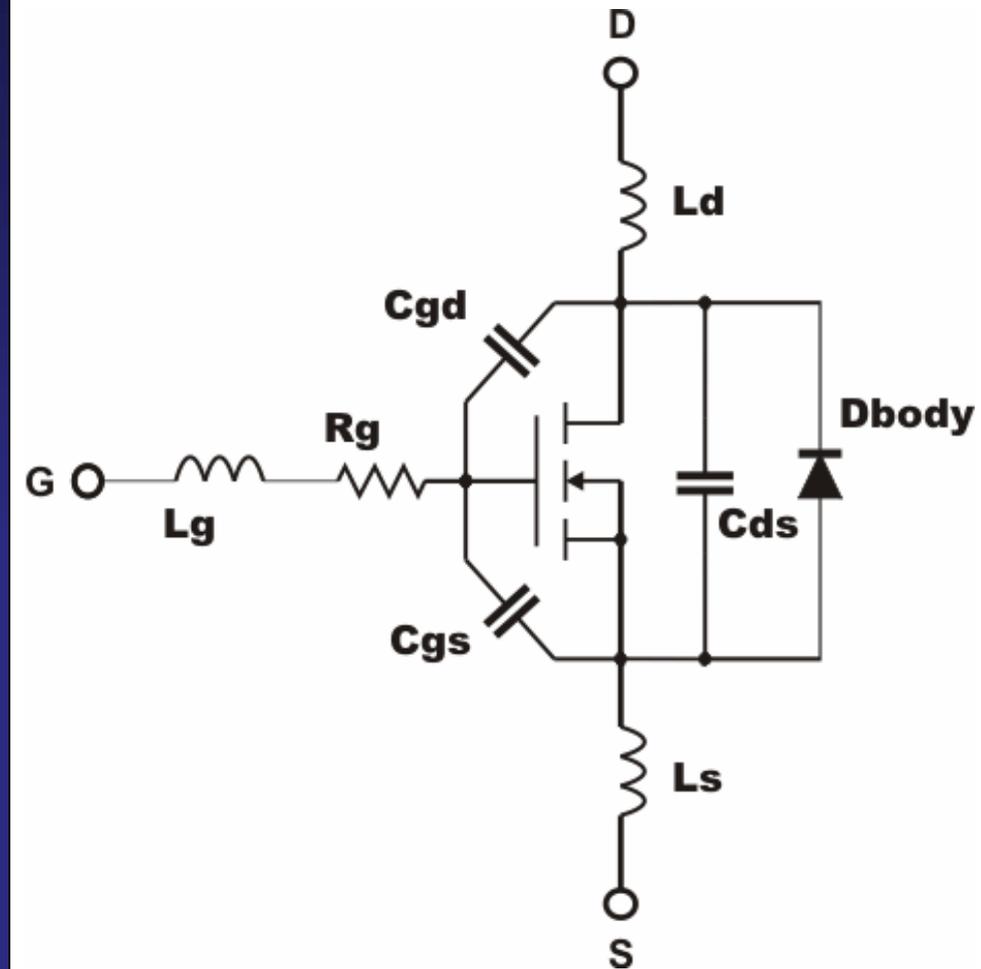
TBJ parásito y Diodo de cuerpo



Parámetros del Modelo:

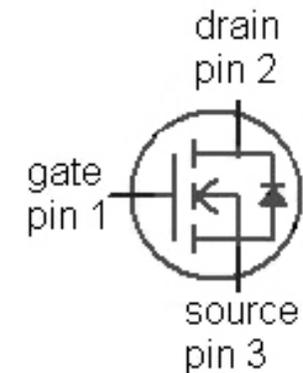
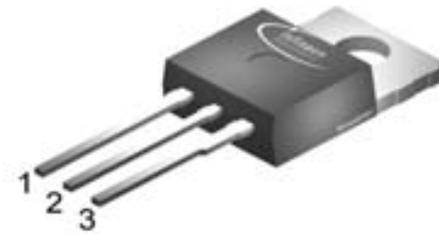
- $V_{gs(th)}$
- G_m
- $R_{ds(ON)}$
- C_{gs}, C_{gd}, C_{ds}
- R_{gate}
- L_g, L_d, L_s
- $V_{diode(ON)}$

Todos estos parámetros pueden obtenerse de las hojas de datos.



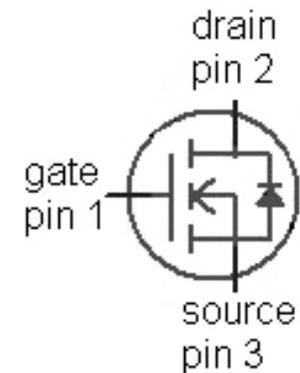
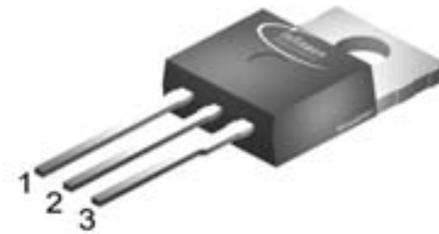
MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.
5. Hoja de datos y Simulación.



MOSFET de Potencia

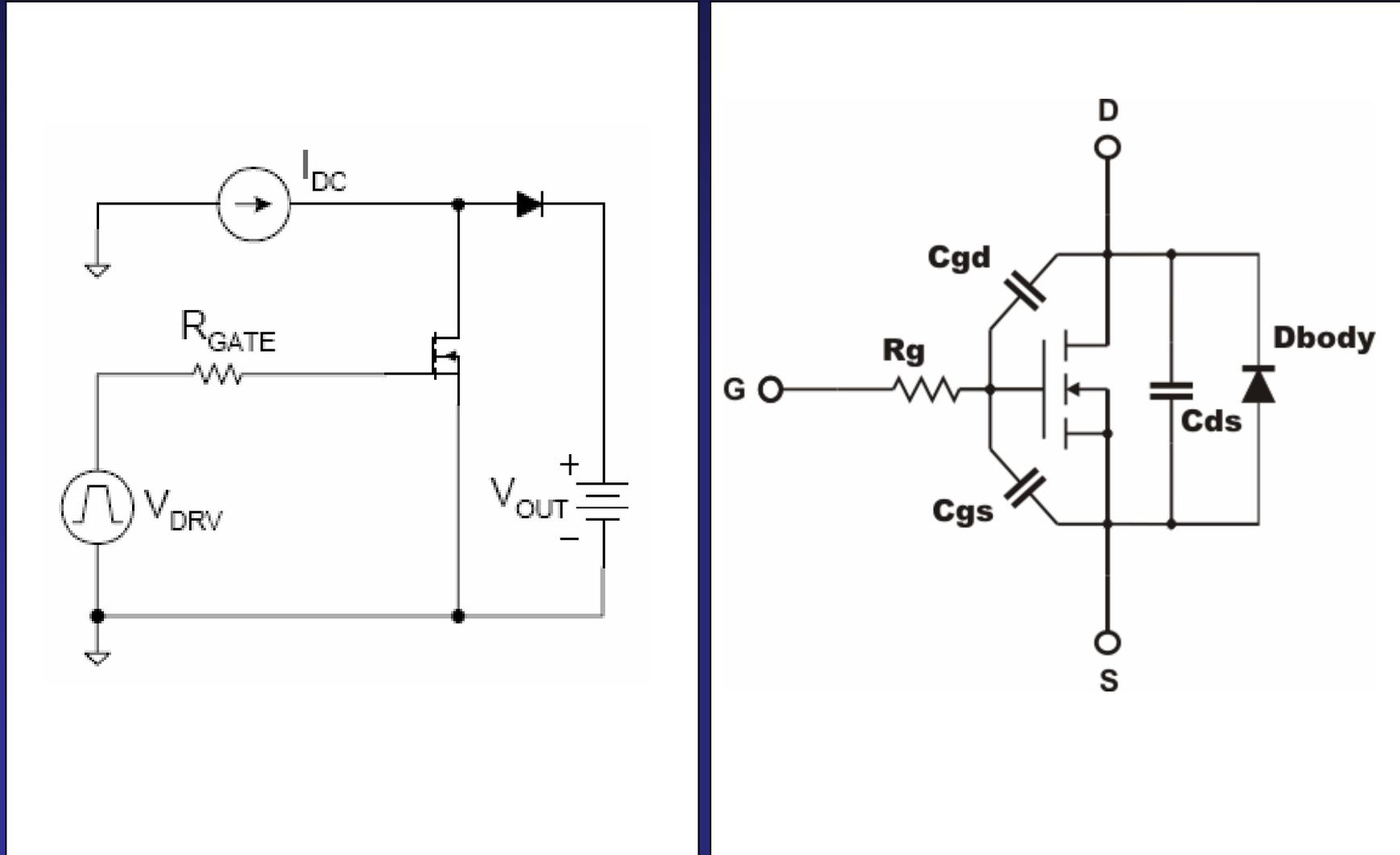
1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.
5. Hoja de datos y Simulación.
6. Proceso de Hard-Switching.



MOSFET

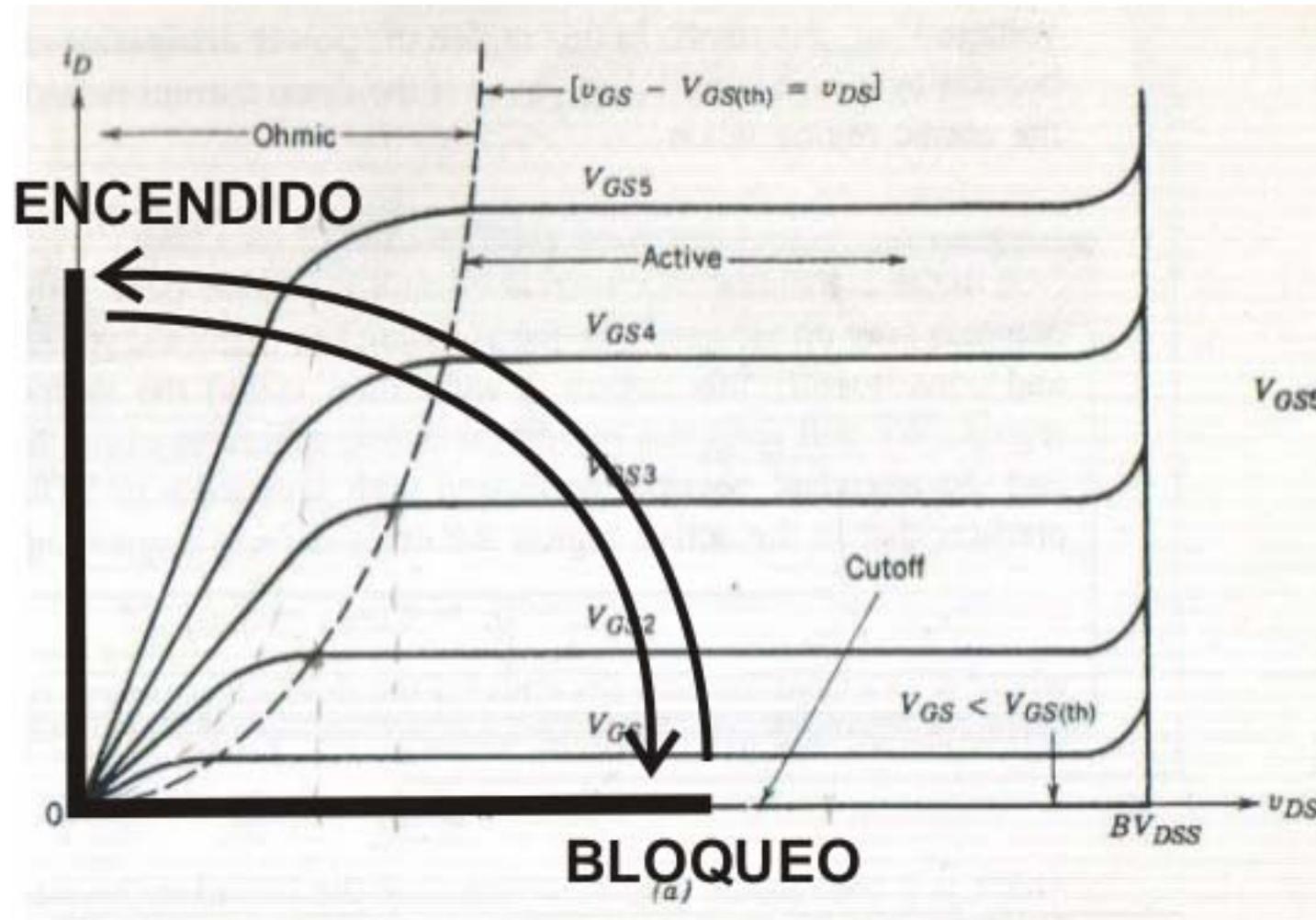
Conmutación: Proceso de Hard-Switching

Circuito y Modelo para el análisis de la conmutación



MOSFET

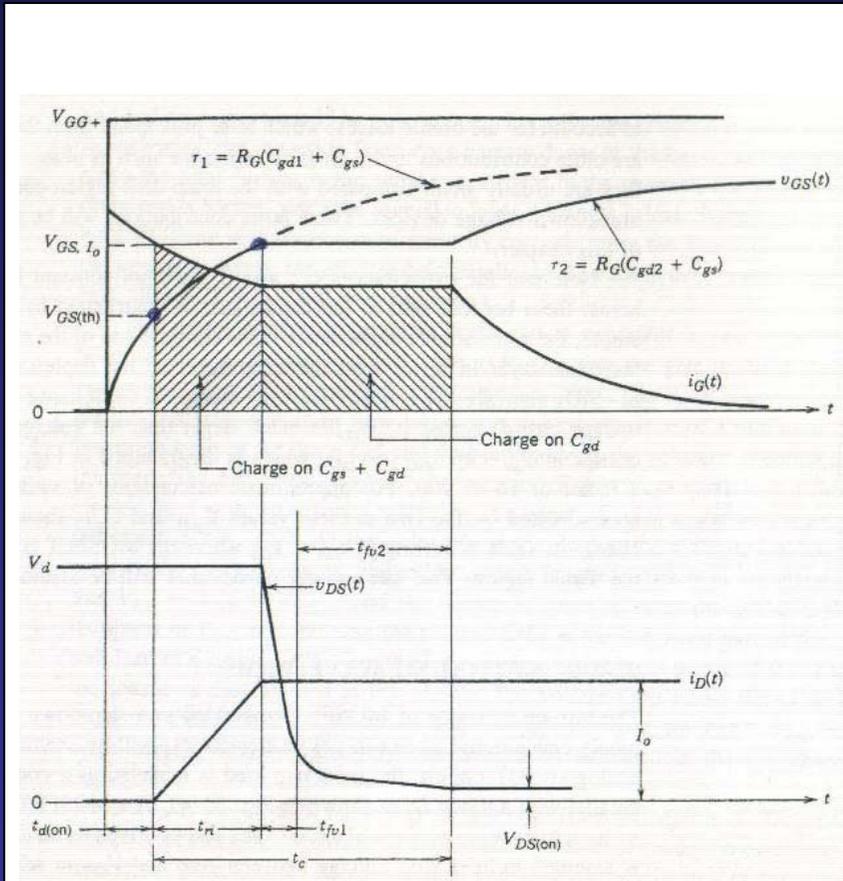
Conmutación: Proceso de Hard-Switching



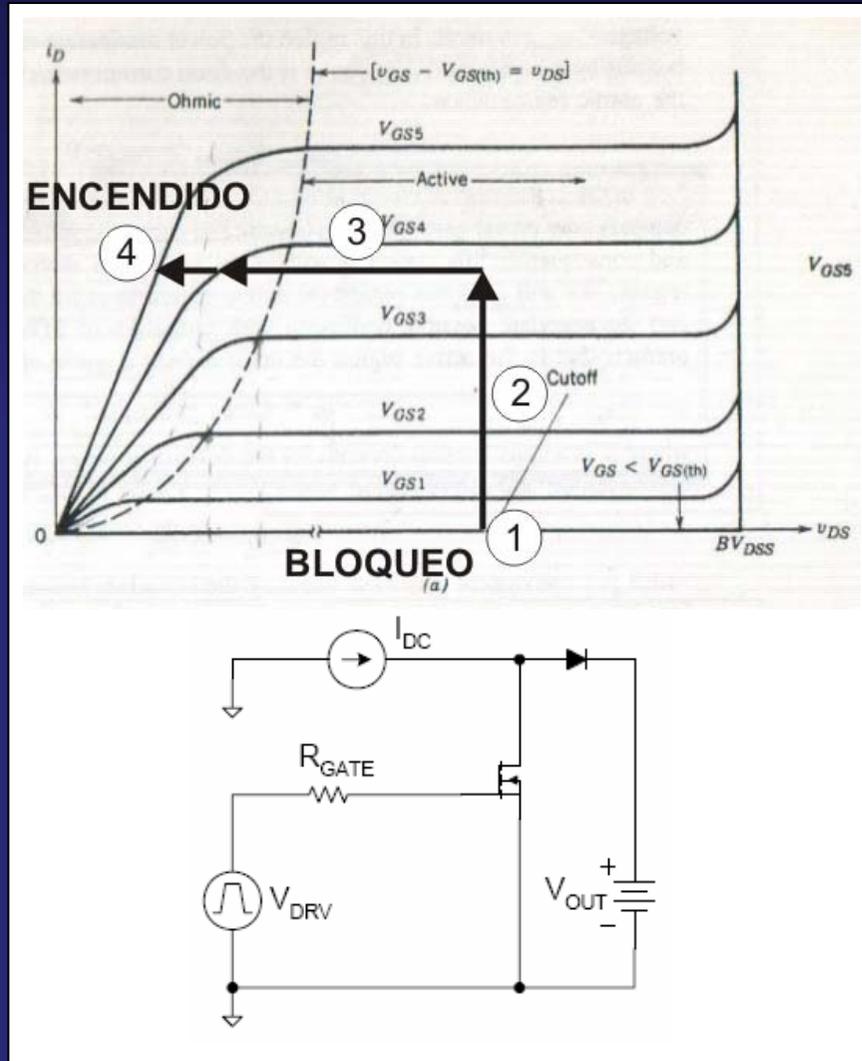
MOSFET

Conmutación: Proceso de Hard-Switching

Conmutación: Proceso de Hard-Switching para el ENCENDIDO



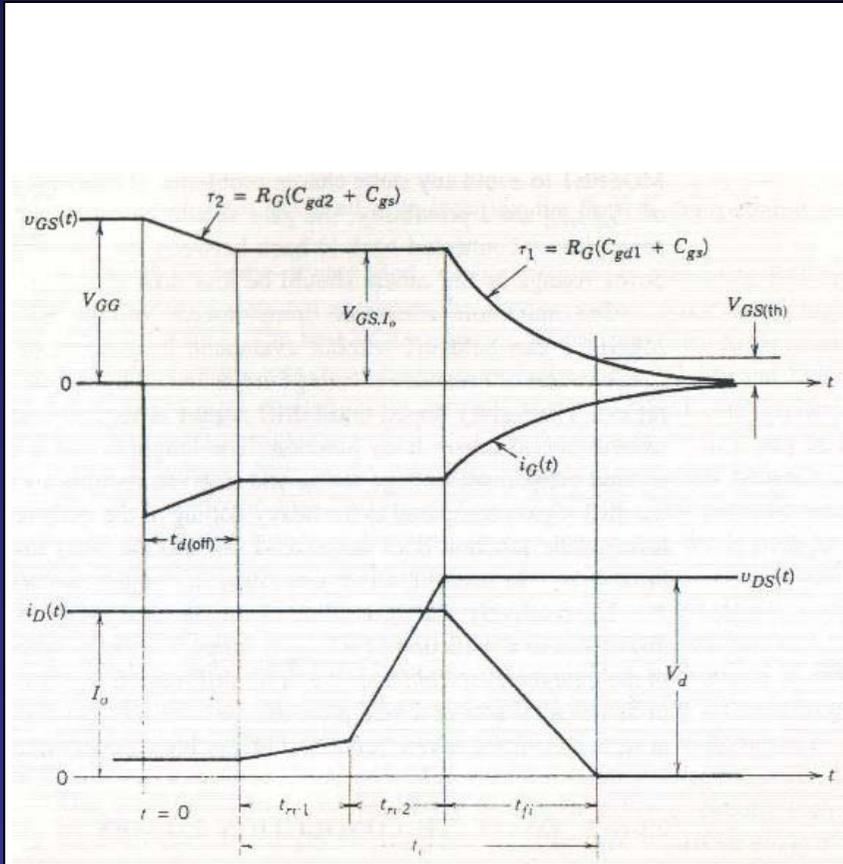
Proceso de ENCENDIDO: 4 tiempos



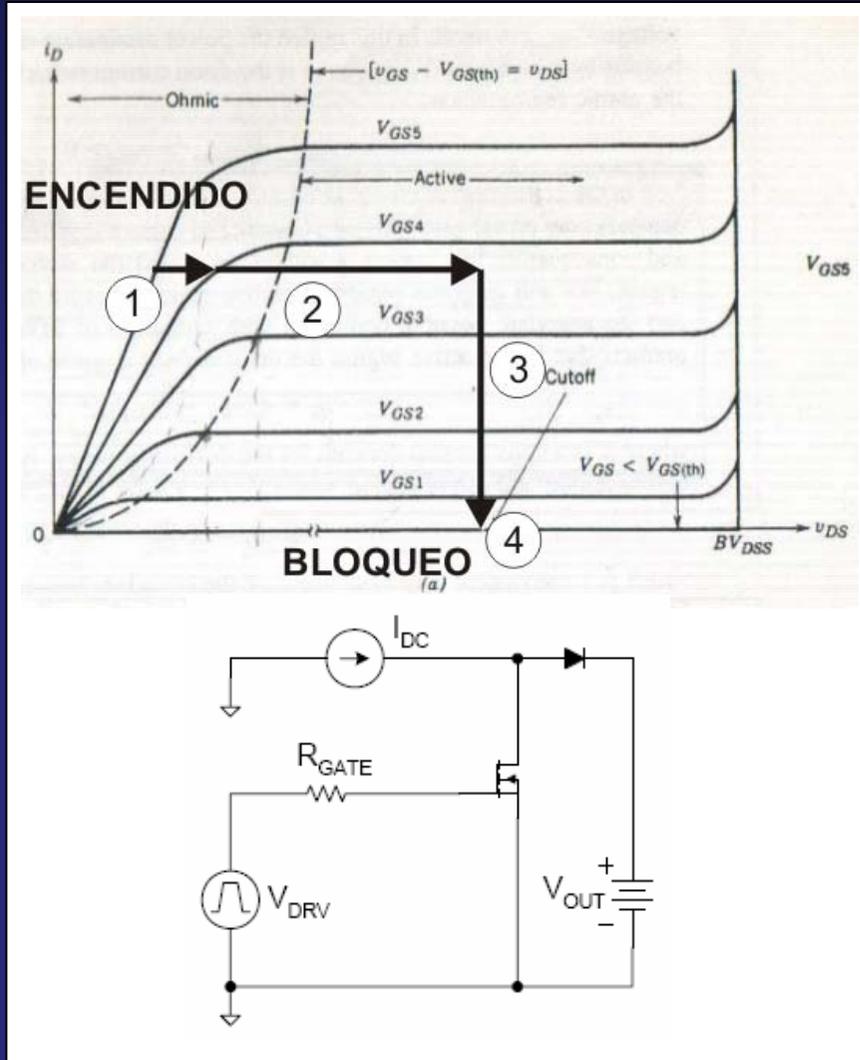
MOSFET

Conmutación: Proceso de Hard-Switching

Conmutación: Proceso de Hard-Switching para el APAGADO



Proceso de APAGADO: 4 tiempos



Resumen del proceso de conmutación:

-Se producen PICOS DE POTENCIA durante las conmutaciones.

-La POTENCIA PROMEDIO disipada en la conmutación es proporcional a la FRECUENCIA:

$$P_{sw} = 0.5 * V_{cc} * I_{cc} * (t_{off} + t_{on}) * f_s$$

-Para reducir la P_{sw} , hay que reducir los tiempos de conmutación (principalmente 2 y 3).

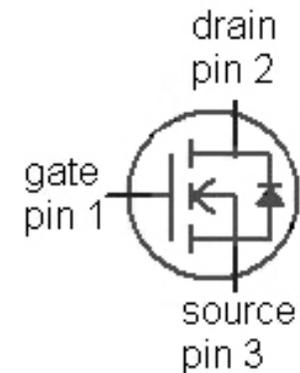
-La Q_{rr} del diodo debe ser removida por el MOS, y por tanto incrementa notablemente la disipación.

-La carga total del entrada al Gate, Q_g , permite estimar la potencia entregada por la fuente del driver:

$$P(V_{drv}) = Q_g * V_{drv} * f_s$$

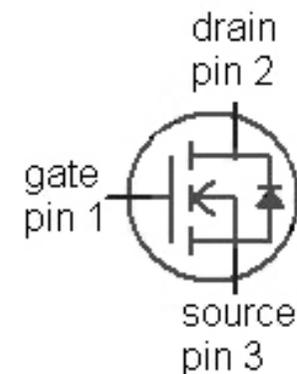
MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.
5. Hoja de datos y Simulación.
6. Proceso de Hard-Switching.
7. Hoja de datos y Simulación.



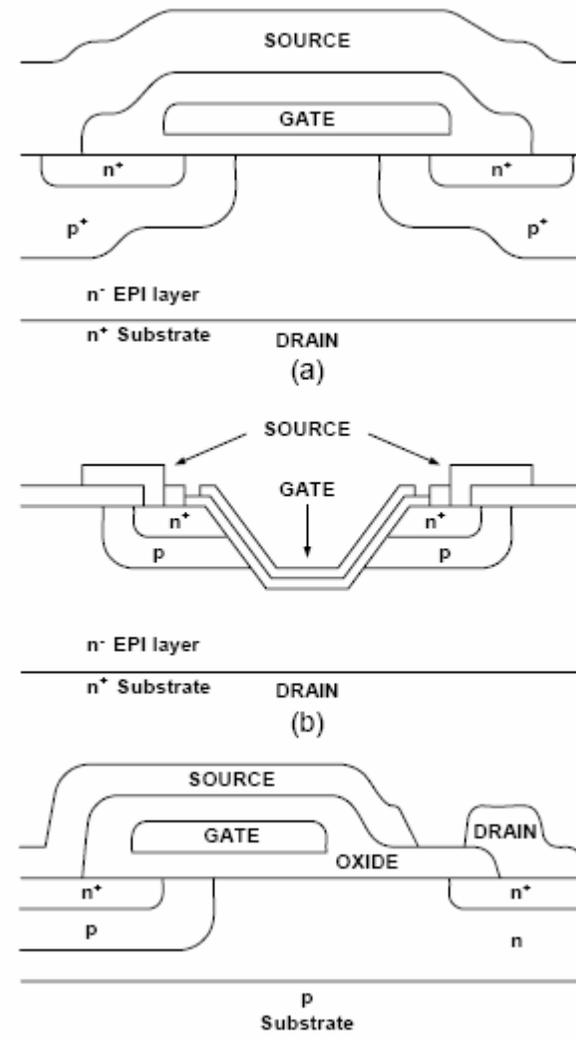
MOSFET de Potencia

1. Introducción.
2. Estructura.
3. Física de la operación del dispositivo y características estáticas de funcionamiento.
4. Modelo.
5. Hoja de datos y Simulación.
6. Proceso de Hard-Switching.
7. Hoja de datos y Simulación.
8. Otros tipos de MOS y algunas consideraciones prácticas.



Tipos de MOS según las geometrías usadas en la implementación:

- VDMOS
- V-GROOVE ó TRENCH
- LATERAL POWER MOS
- Diversas geometrías de celdas (HEXFETs, Super-TRENCH, etc.)

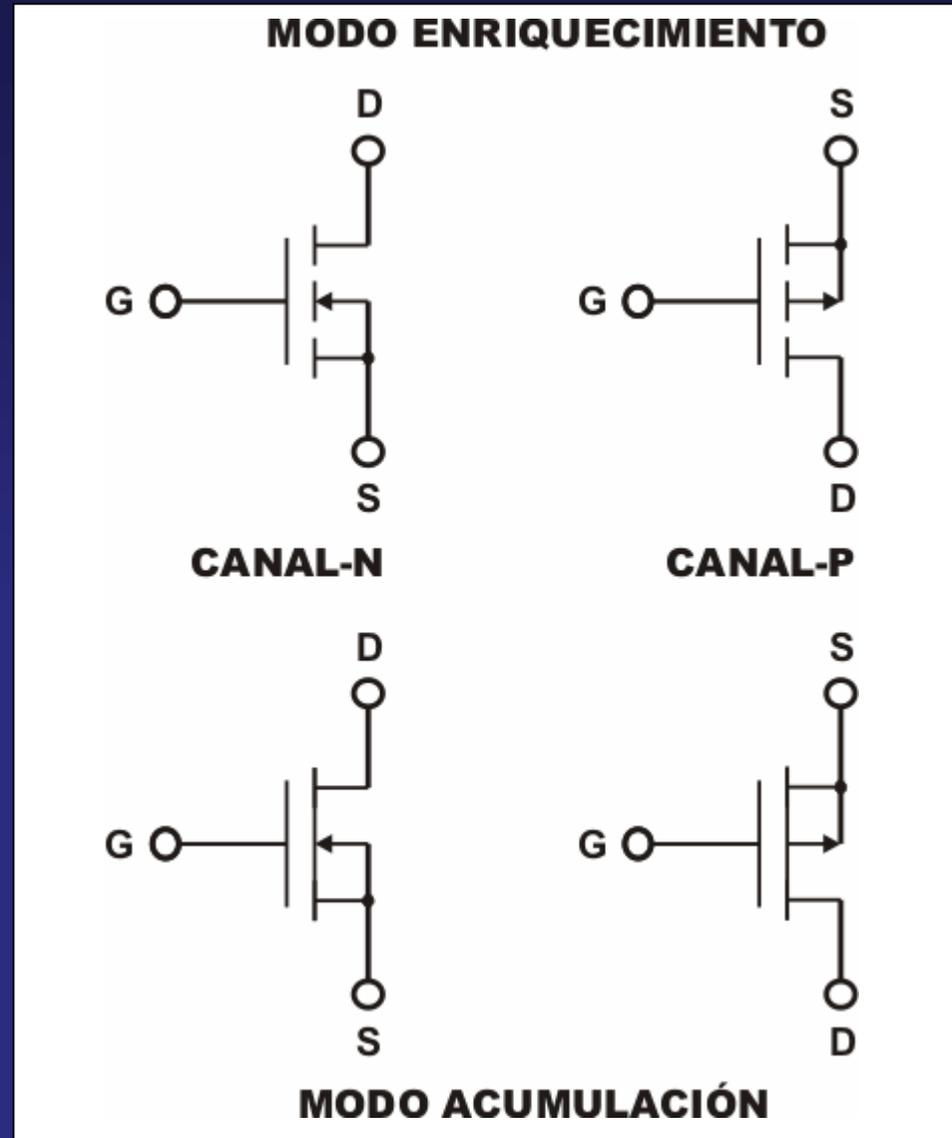


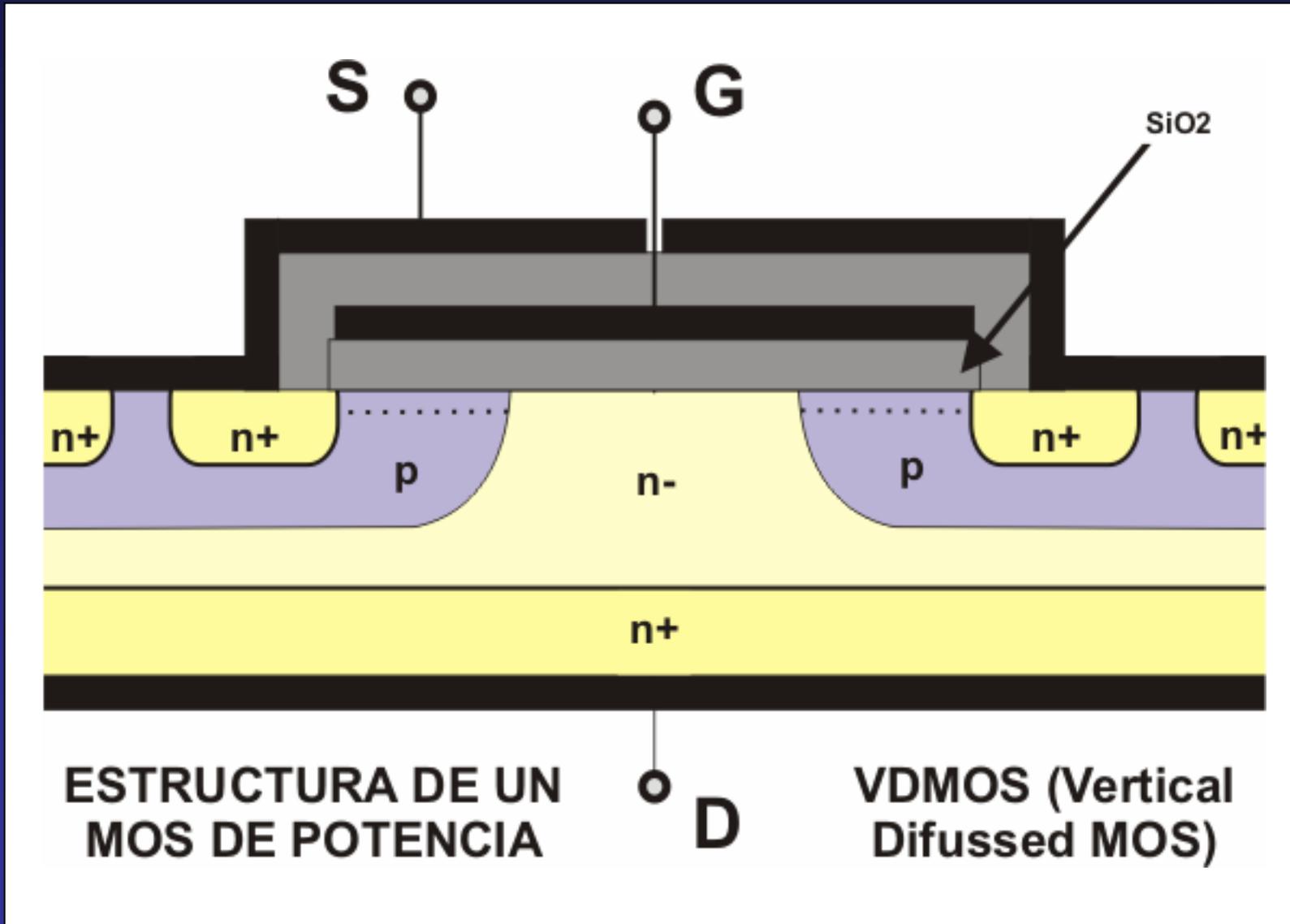
Tipos de MOS según el modo de formación del canal:

- ENRIQUECIMIENTO
- ACUMULACIÓN

Tipos de MOS según el tipo de portadores del canal:

- Canal-N
- Canal-P





Algunas consideraciones prácticas...

- Fuente doble en el driver para acelerar el apagado.
- Usar diodos para acelerar/desacelerar el encendido y el apagado por separado.
- Layout y trazado de pistas adecuado para reducir inductancias parásitas.
- Capacitor de snubber para suavizar el apagado.
- Diodo Schottky para evitar las pérdidas por Q_{rr} .
- Paraleleo de MOSFETs.