

# TRANSISTORS D'EFECTE DE CAMP

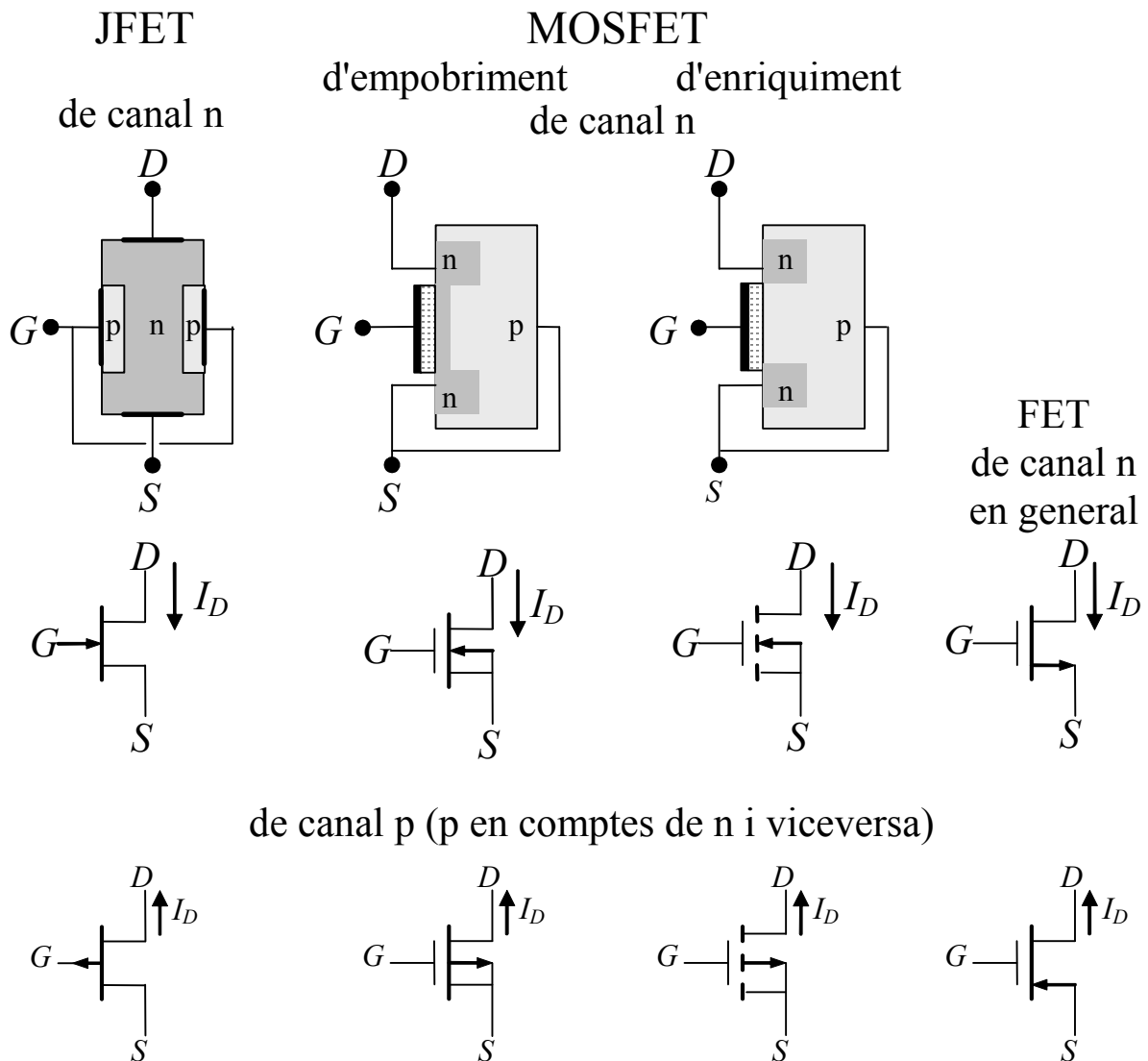
(*Field Effect Transistor*)

o unipolars: el corrent només és d' $e^-$  (FET de **canal n**)  
o de forats (FET de **canal p**)

3·terminals: **porta** (*Gate*), **font** (*Source*) i **drenador** (*Drain*),

Poden ser: **FET d'unió** (*Junction FET, JFET*)

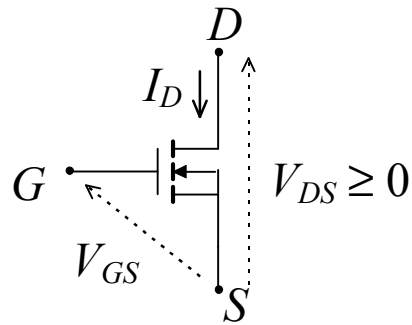
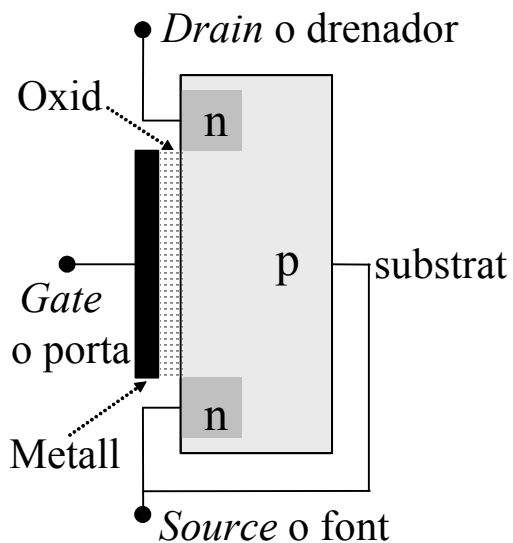
**MOSFET** (*Metal Oxide Semiconductor FET, MOS*)



- Es pot considerar que només circula corrent entre el drenador i la font. Aquest corrent s'anomena **corrent de drenador**,  $I_D$ .

- Mitjançant  $V_{GS}$  (entrada) es regula  $I_D$  (sortida)

## MOS d'enriquiment de canal n



$$V_{GS} = (V_G - V_S) \quad \text{i} \quad V_{DS} = (V_D - V_S)$$

$$V_{DS} > 0 \quad \text{i} \quad V_{GS} = 0 \quad \rightarrow \quad I_D = 0$$

No té un canal n (de fabricació)

- L'òxid impedeix el pas de corrent entre  $G$  i  $S$
- El substrat connectat a  $S$  (i  $V_{DS} > 0$ ) garanteix pn en inversa

$$V_{DS} = 0 \quad \rightarrow \quad I_D = 0$$

$$V_{DS} > 0 \quad \text{i} \quad V_{GS} \leq V_T \quad \rightarrow \quad I_D = 0$$

$$V_{DS} > 0 \quad \text{i} \quad V_{GS} > V_T \quad \rightarrow \quad I_D \neq 0 \quad (V_{DS} \uparrow \text{ o } V_{GS} \uparrow \Rightarrow I_D \uparrow)$$

$V_T \equiv$  tensió llindar (*threshold voltatge*)

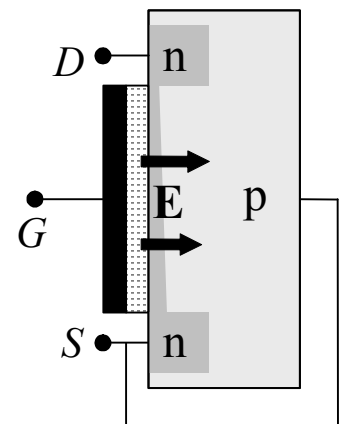
Quan  $V_{GS} > V_T$  ( $V_G > V_p + V_T \rightarrow \mathbf{E}$  de  $G$  a  $p$ )

$G$  repeleix forats de  $p$

i atrau  $e^-$  minoritaris de  $p$

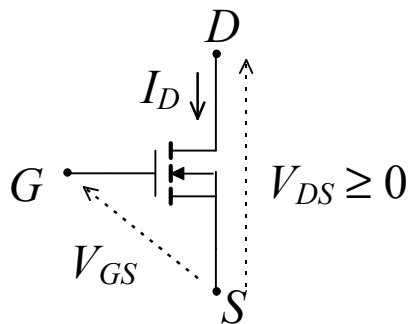
apareix un canal n (enriquit amb  $e^-$ )

i pot passar corrent de  $D$  a  $S$



- Només passa  $I_D$  quan  $V_{GS}$  és positiu

## Característiques dels MOS d'enriquiment de canal n



El **corrent de drenador**  $I_D$

entra pel drenador i surt per la font

La **tensió drenador-font**  $V_{DS} = V_D - V_S$

ha de ser positiva (o nul·la)

$I_D$  es controla mitjançant la **tensió porta-font**,  $V_{GS} = V_G - V_S$

Es pot caracteritzar amb: la **tensió llindar**  $V_T$

una **constant característica**  $K$

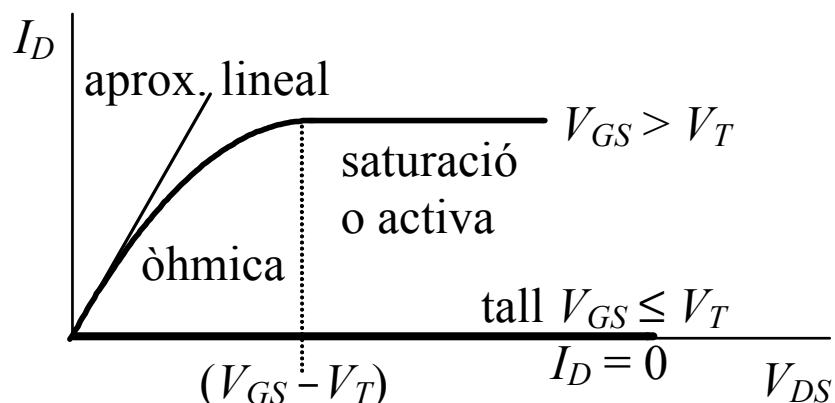
$$V_{GS} < V_T \quad \rightarrow \quad \text{tall} \quad I_D = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS} > V_T \\ V_{DS} > (V_{GS} - V_T) \end{array} \right\} \rightarrow \text{saturació o activa} \quad I_D = \frac{K}{2V_T^2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS} > V_T \\ 0 < V_{DS} < (V_{GS} - V_T) \end{array} \right\} \rightarrow \text{òhmica} \quad I_D = \frac{K}{V_T^2} \left[ (V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

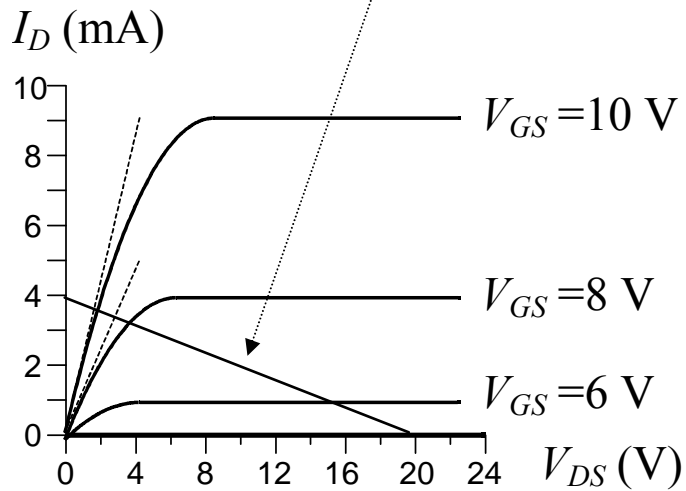
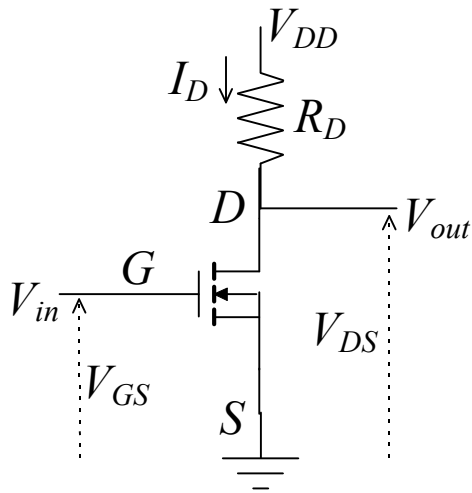
$$0 < V_{DS} < \frac{1}{4}(V_{GS} - V_T) \rightarrow I_D = V_{DS} / R_{DS} \text{ aprox. lineal}$$

**resistència controlada per  $V_{GS}$**   $R_{DS} = \frac{V_T^2}{K(V_{GS} - V_T)}$



$$V_{out} = V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D$$

$$\text{Recta de càrrega} \equiv I_D = \frac{V_{DD}}{R_D} - \frac{1}{R_D} V_{DS}$$



Exemple amb  $V_{DD} = 20 \text{ V}$  i  $R_D = 5 \text{ k}\Omega$   
i  $V_T = 4 \text{ V}$  i  $K = 8 \text{ mA}$

Mitjançant  $V_{in} = V_{GS}$  (entrada) es regula  $I_D$  i  $V_{out} = V_{DS}$  (sortida)

$V_{in} < V_T$  **tall**  $I_D = 0$  i  $V_{DS} = V_{DD}$

$V_{in} > V_T$  ?

$V_{DS} > (V_{GS} - V_T)$  **saturacio**  
**o activa**  $I_D = \frac{K}{2V_T^2} (V_{GS} - V_T)^2$

$0 < V_{DS} < (V_{GS} - V_T)$  **òhmica**  $I_D = \frac{K}{V_T^2} \left[ (V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$

$0 < V_{DS} < \frac{1}{4}(V_{GS} - V_T)$   
**aproximacio lineal**  $I_D = \frac{V_{DS}}{R_{DS}}$  ;  $V_{DS} = R_{DS} I_D$

$$R_{DS} = \frac{V_T^2}{K(V_{GS} - V_T)}$$