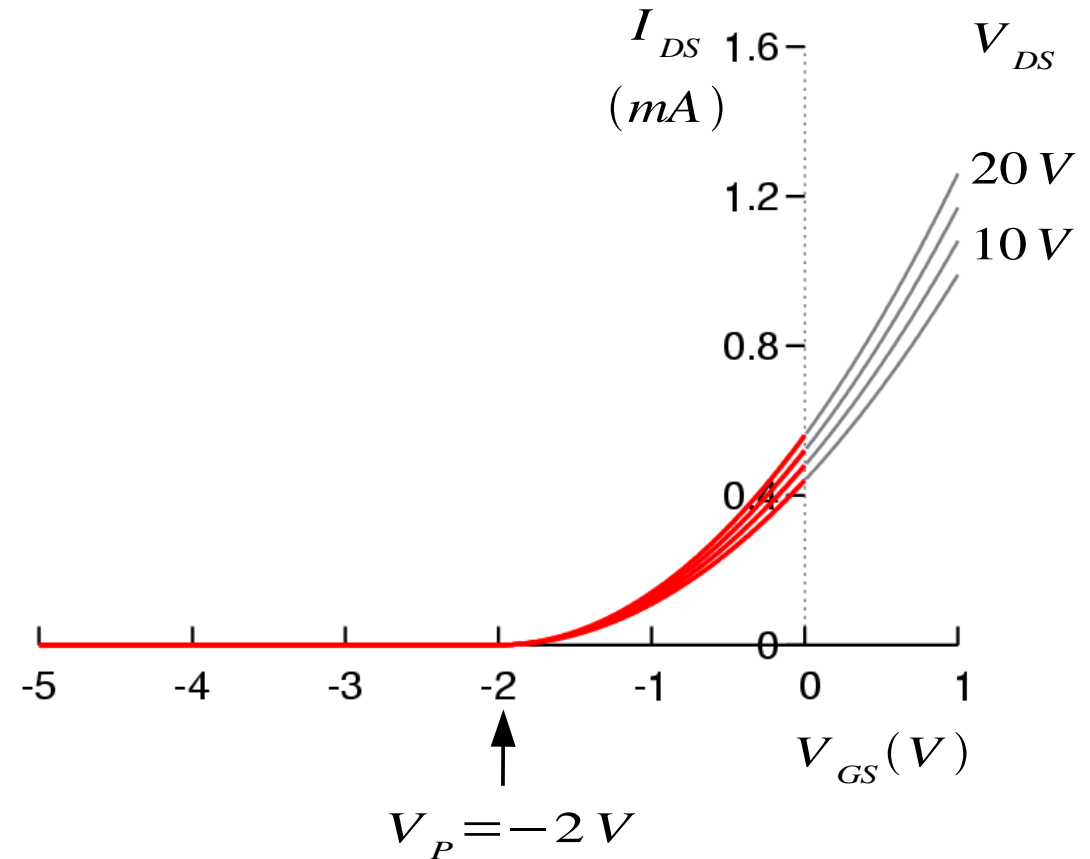


Curve caratteristiche del transistor *jfet* a canale *n*

V_P = tensione di pinch-off (V_T)

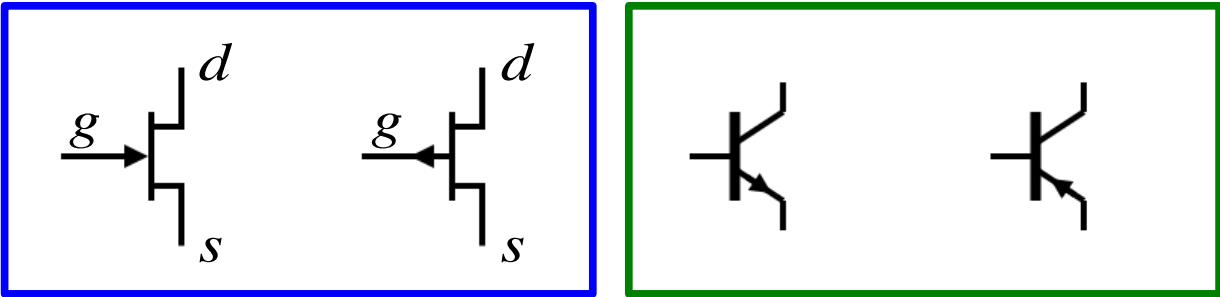
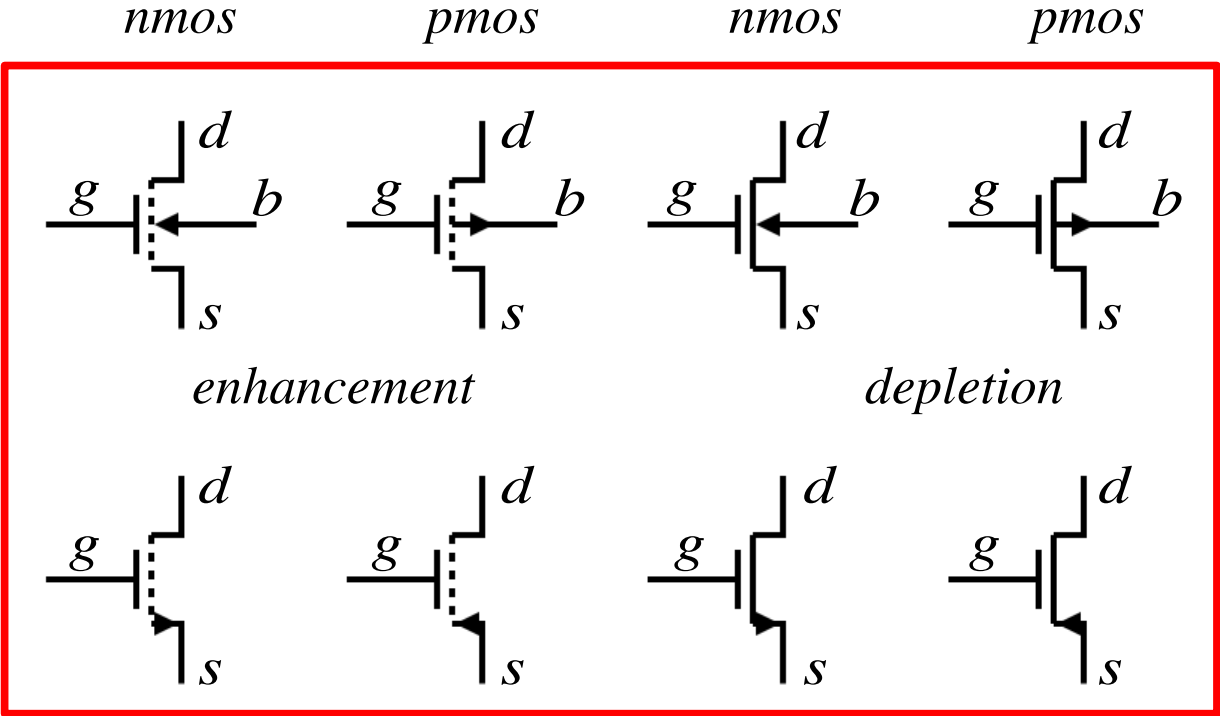
$$I_{DSS} = \frac{K_n}{2} V_P^2$$



$$I_{DS} = \frac{2 I_{DSS}}{V_P^2} \left(V_{GS} - V_P - \frac{1}{2} V_{DS} \right) V_{DS} \quad \text{per } V_{GS} - V_P \geq V_{DS} \geq 0 \quad \text{regione lineare}$$

$$I_{DS} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{per } V_{DS} \geq V_{GS} - V_P \quad \text{regione di saturazione}$$

Simboli circuitali per transistor bjt, jfet e mosfet



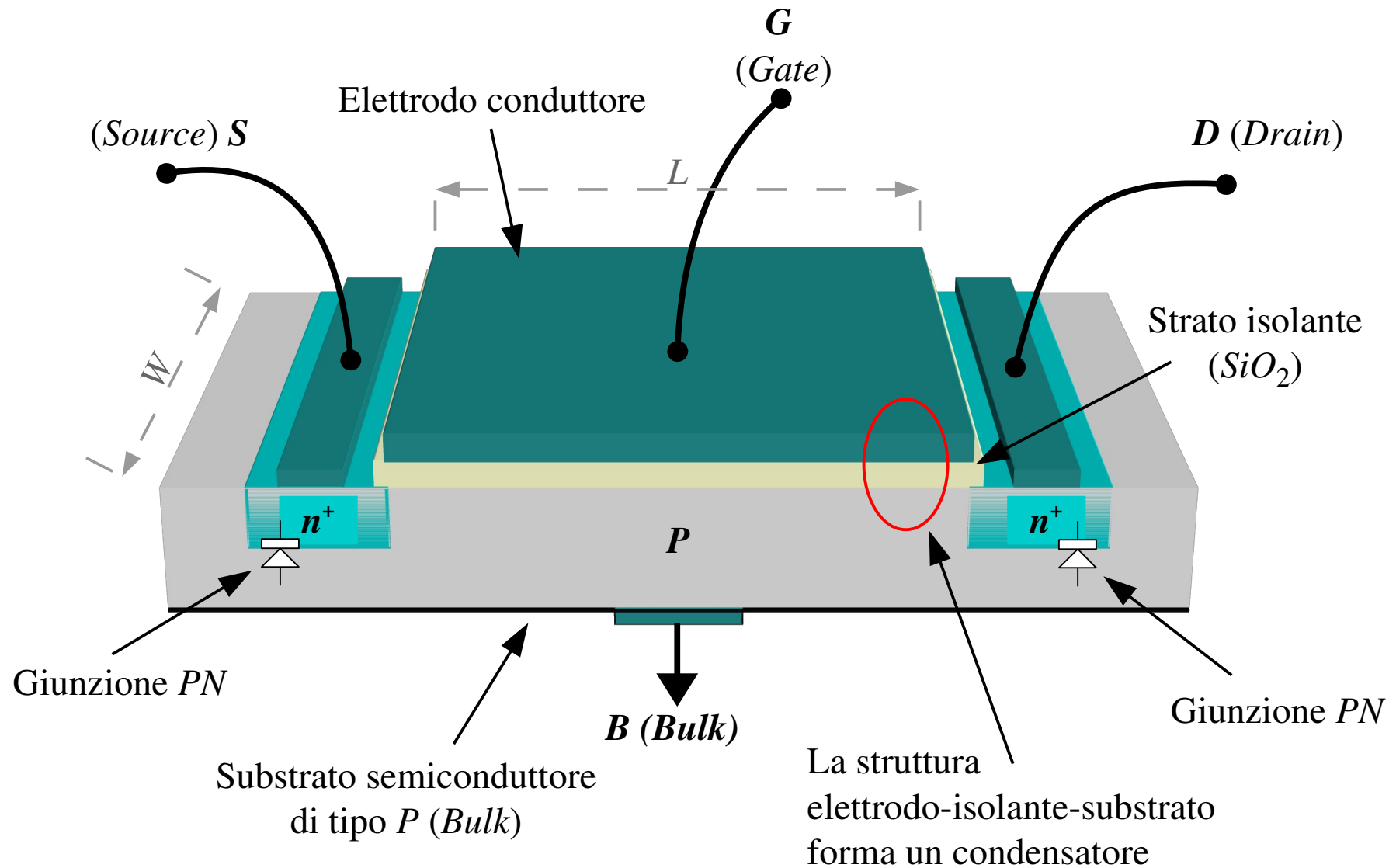
n - jfet

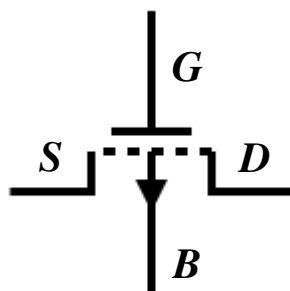
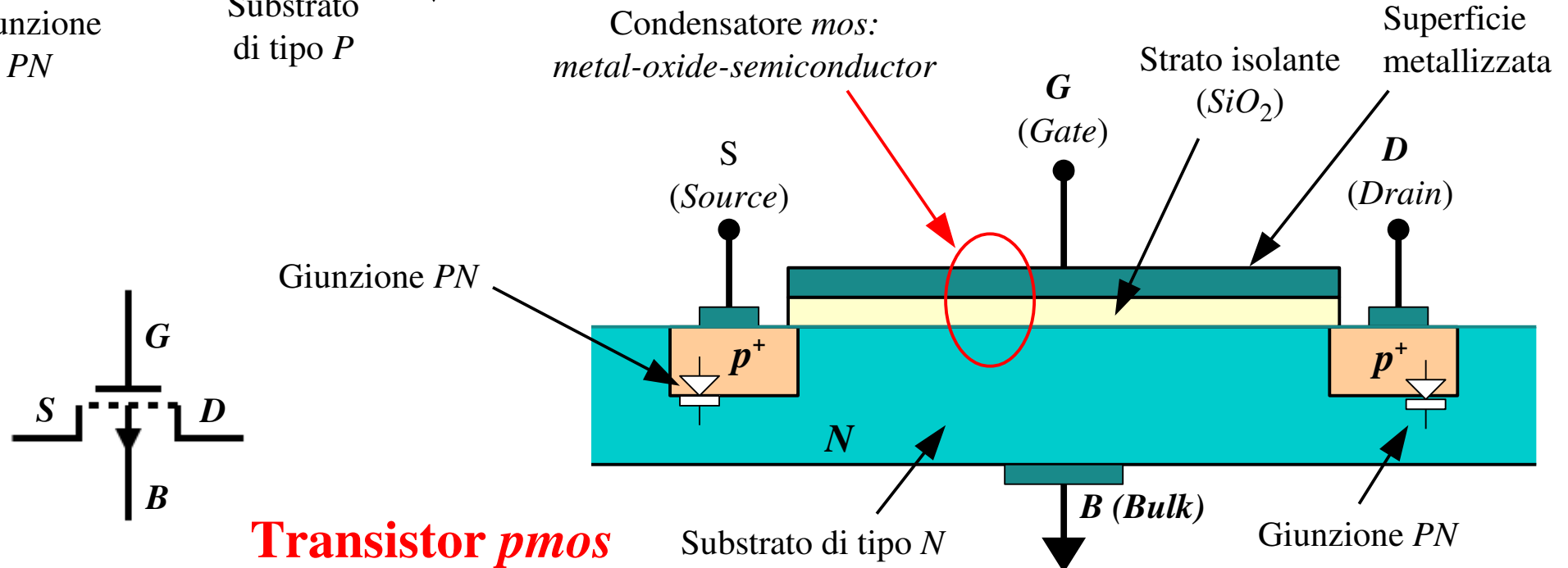
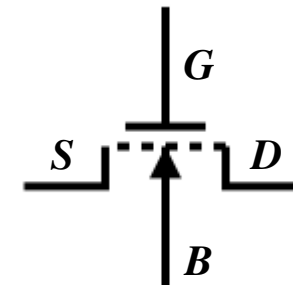
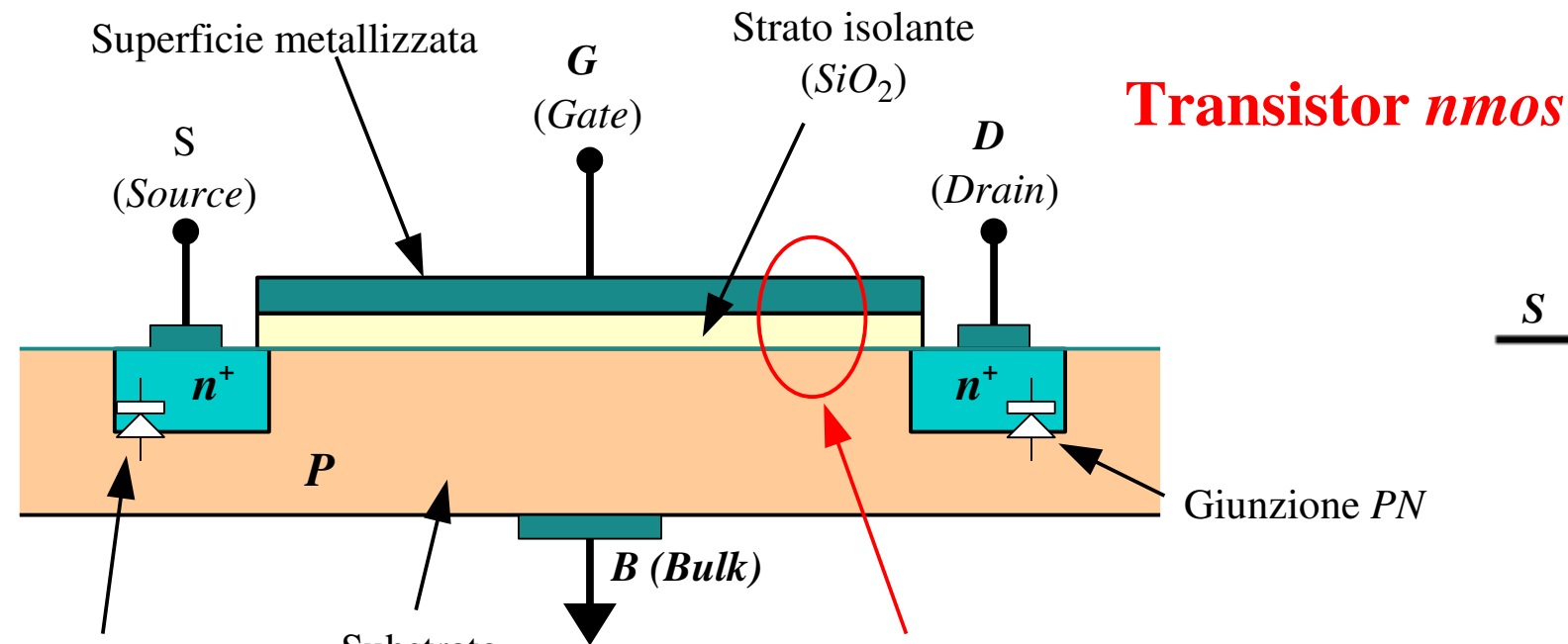
p - jfet

nnp - bjt

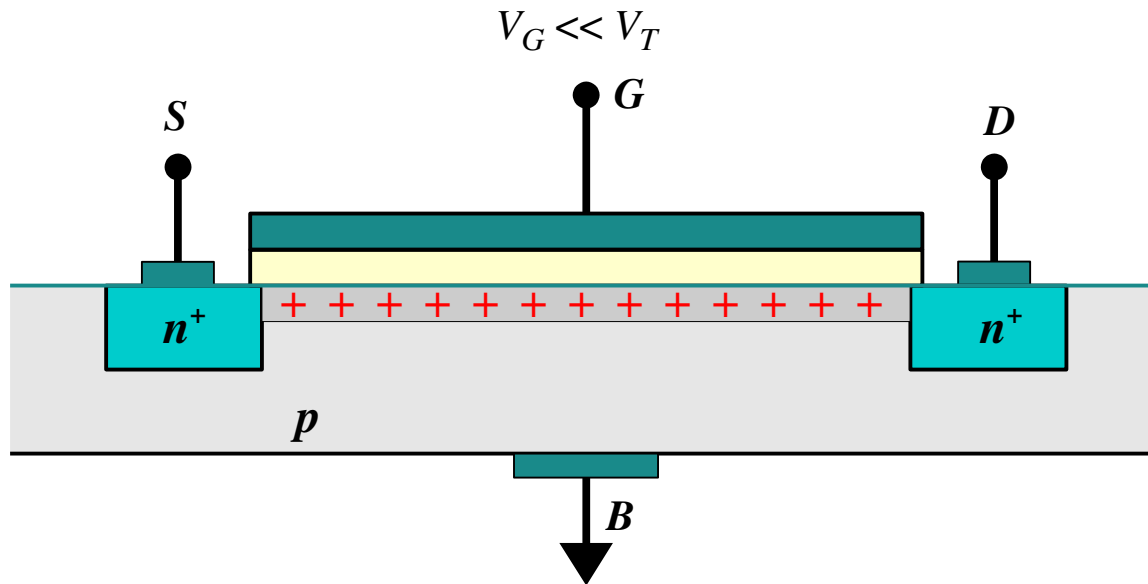
pnp - bjt

Struttura del transistor *n-mos fet* (*n channel - metal - oxide - semiconductor field - effect - transistor*)



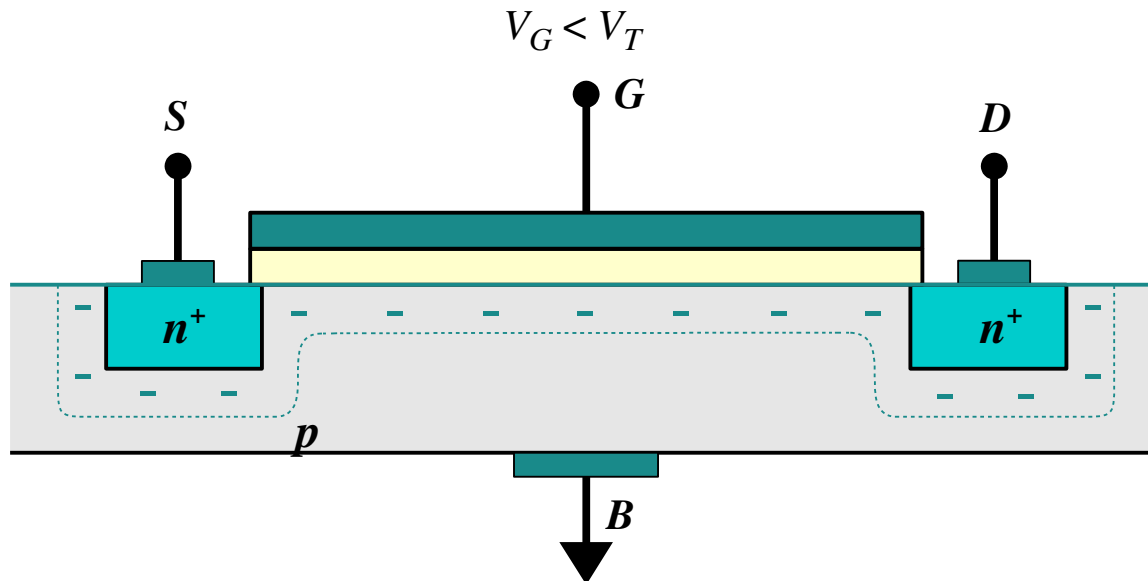


Regime di *accumulo* e *svuotamento* nel transistor *nmos*



Accumulo

Una polarizzazione negativa del *gate* (rispetto a *source* e *substrato*) porta ad un accumulo dei portatori positivi della regione p in un sottile strato superficiale. Non c'è conduzione tra *source* e *drain*.



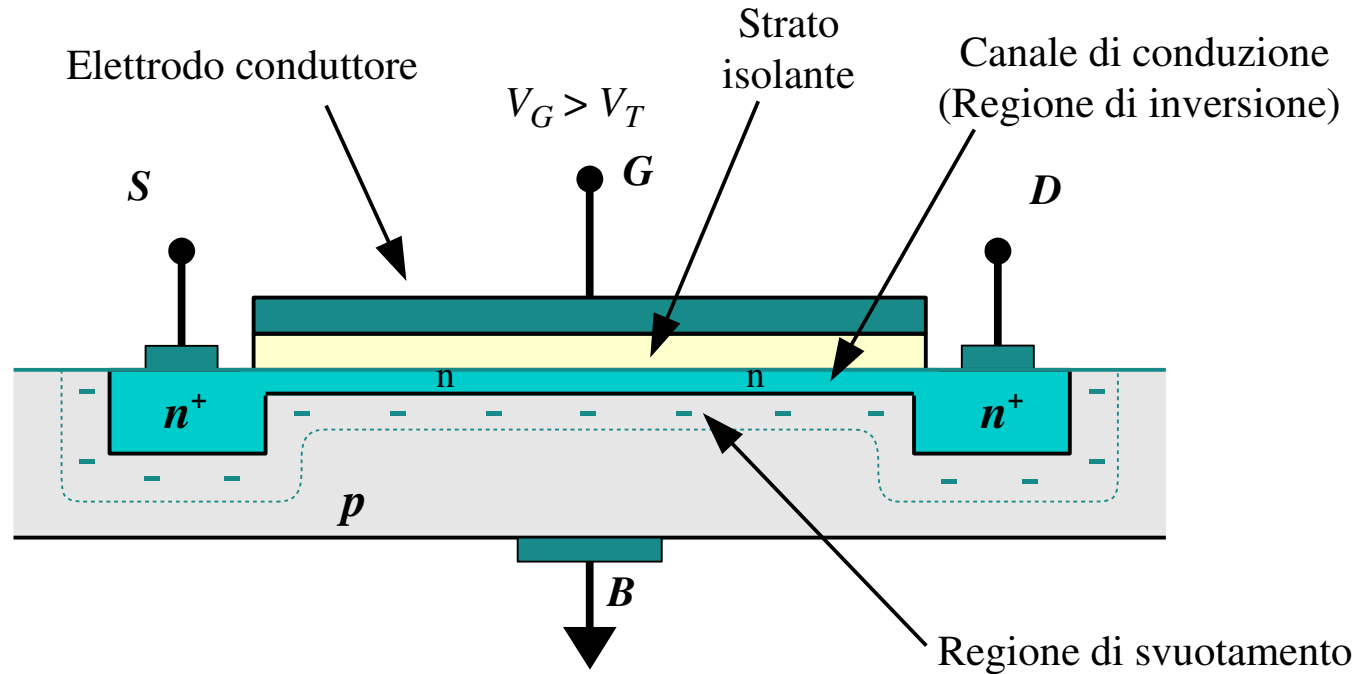
V_T = tensione di soglia (*Threshold*)

Svuotamento

Una polarizzazione lievemente positiva del *gate* porta alla formazione di una zona superficiale di svuotamento priva di portatori (cariche negative fisse del reticolo).

Non c'è conduzione tra *source* e *drain*.

Regime di *inversione* Formazione del *canale*



Inversione

Una polarizzazione sufficientemente positiva ($V_G > V_T$) del *gate* G rispetto a substrato e source porta alla formazione di uno strato superficiale di portatori negativi (minoritari nel semiconduttore di tipo p) con concentrazione *in eccesso* dei maggioritari: localmente il semiconduttore ha subito una inversione da tipo p a tipo n .

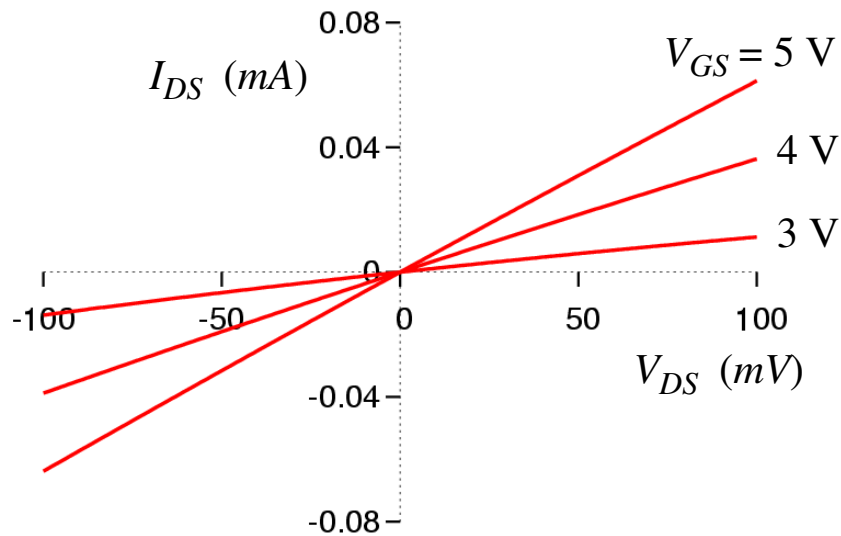
Si e' formato un *canale di conduzione* tra *source* e *drain*.

La tensione V_T e' la *tensione di soglia* ($T = threshold$): il valore minimo di tensione V_{GS} a cui comincia a formarsi lo strato di inversione.

Il transistor *n-mos* come resistenza variabile

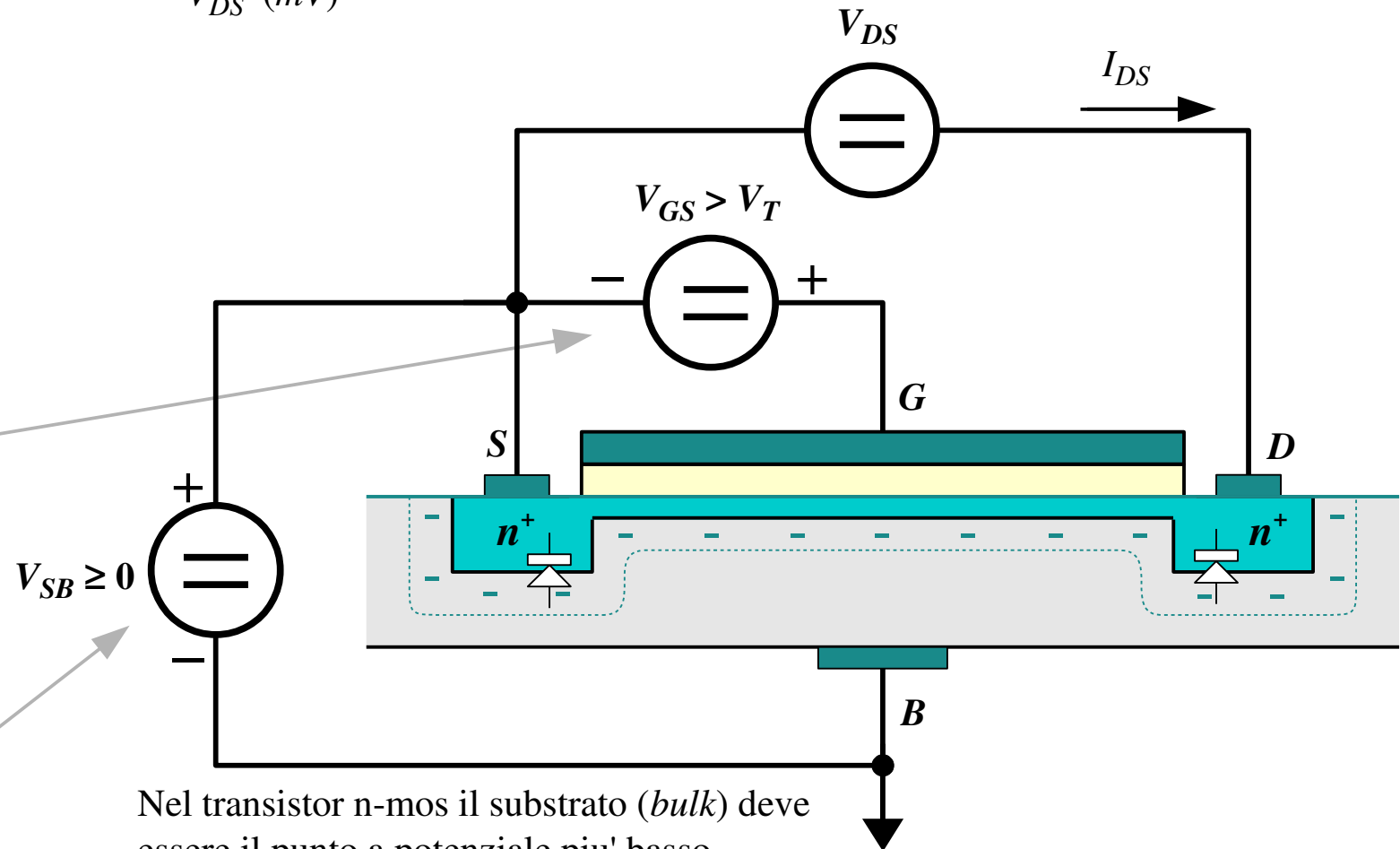
Regione lineare

Applicando una tensione tra *drain* e *source* si ha passaggio di corrente. Per tensioni $|V_{DS}| \ll V_{GS}$ il canale si comporta come una resistenza (ohmica).



Il *gate* si deve trovare ad un potenziale positivo sufficiente alla formazione del canale ($V_{GS} > V_T$).

Le due giunzioni tra *source* e substrato e tra *drain* e substrato devono rimanere contropolarizzate.



Nel transistor *n-mos* il substrato (*bulk*) deve essere il punto a potenziale più basso.

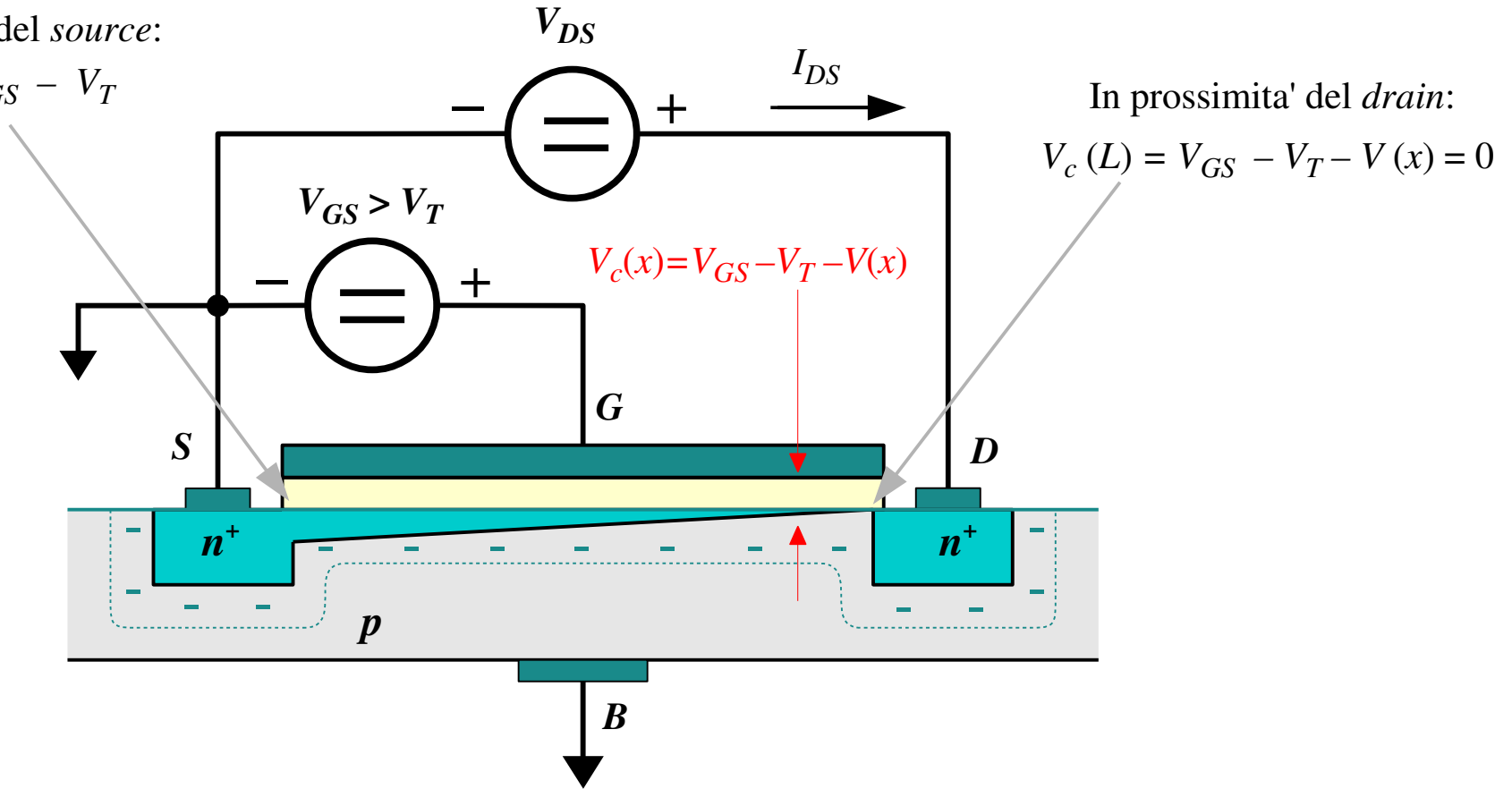
Saturazione del canale - *pinch-off*

Aumentando la tensione V_{DS} fino al valore $V_{DS} = V_{GS} - V_T$ il canale arriva a scomparire in prossimità del *drain*.

Pinch-off : strozzamento (del canale).

In prossimità del *source*:

$$V_c(0) = V_{GS} - V_T$$



Curve caratteristiche del transistor n-mos

L'equazione $I_{DS} = K_n \cdot \left(V_{GS} - V_T - \frac{V_{DS}}{2} \right) \cdot V_{DS}$

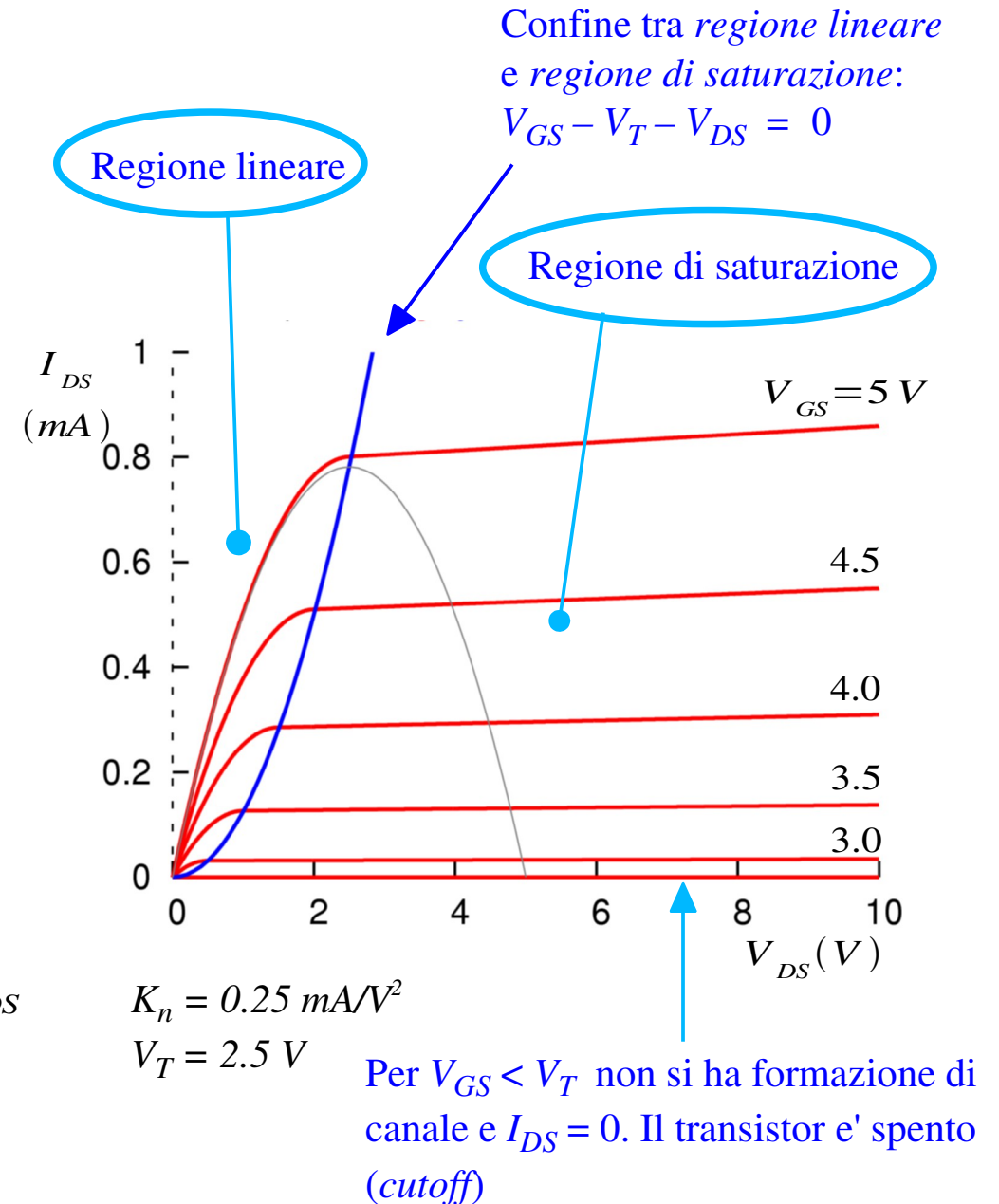
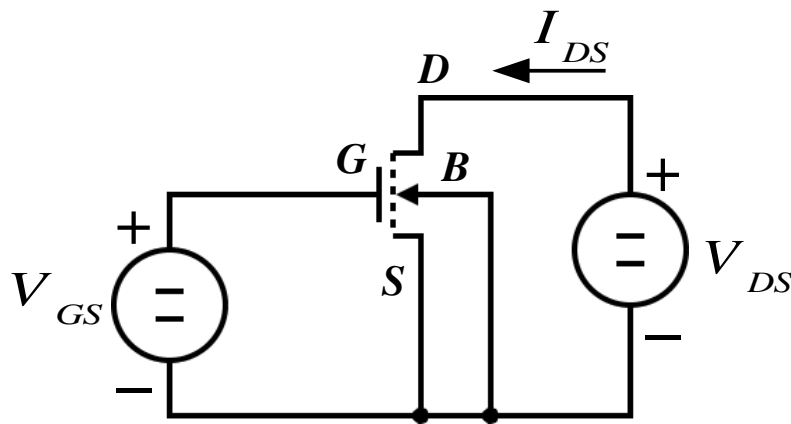
con $K_n = \mu_n \cdot C \cdot \frac{W}{L}$

descrive il comportamento del mosfet nella regione lineare, cioè per $V_{GS} - V_T - V_{DS} > 0$.

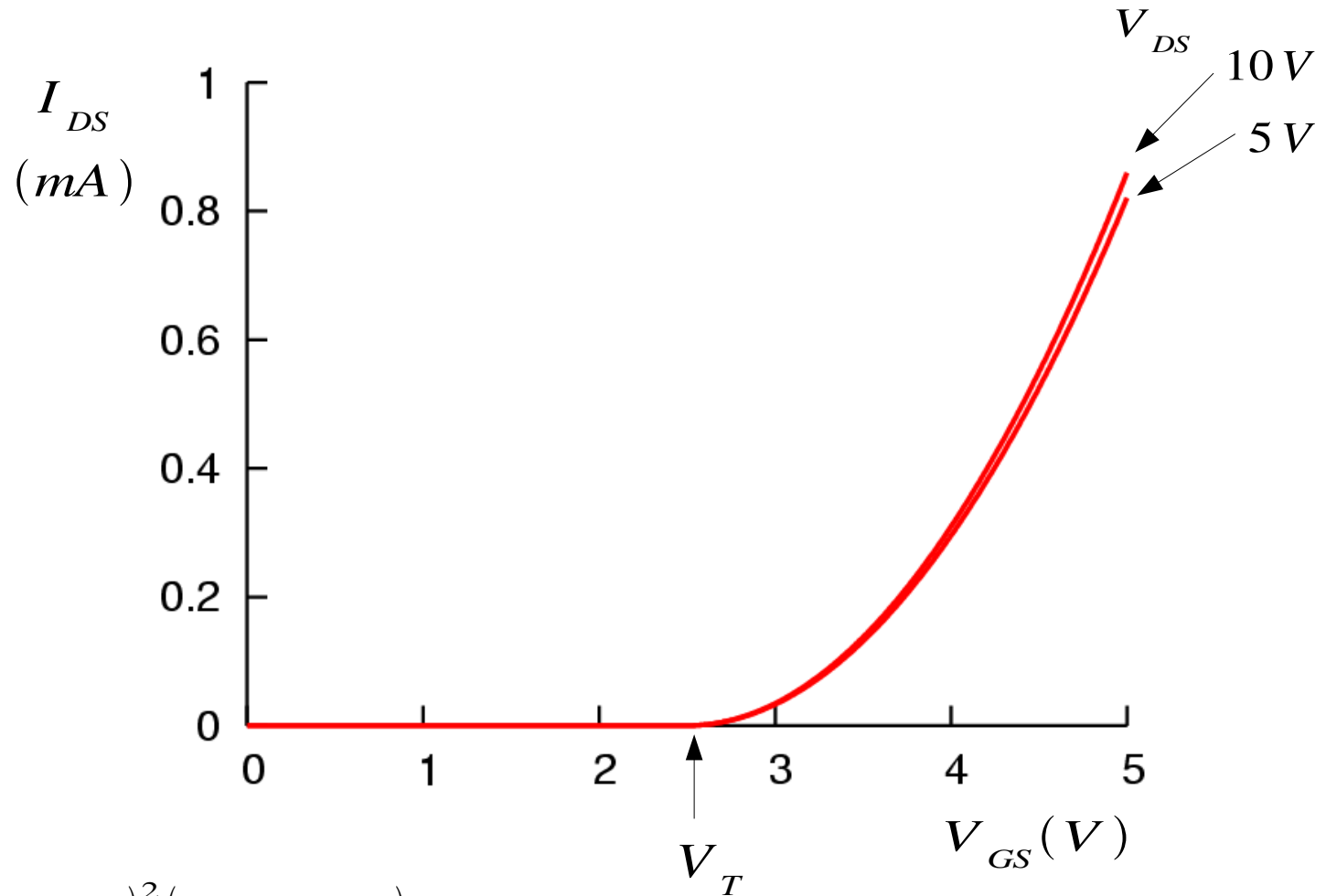
Oltre questo limite l'equazione prevede l'andamento indicato in figura dalla parabola grigia. Il transistor entra nella regione di saturazione e l'equazione non è più valida. La corrente di saturazione è:

$$I_{DS} = \frac{K_n}{2} \cdot (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

Il coefficiente λ è il parametro di modulazione della lunghezza del canale (l'analogo del coefficiente di Early $1/V_A$ nel bjt).



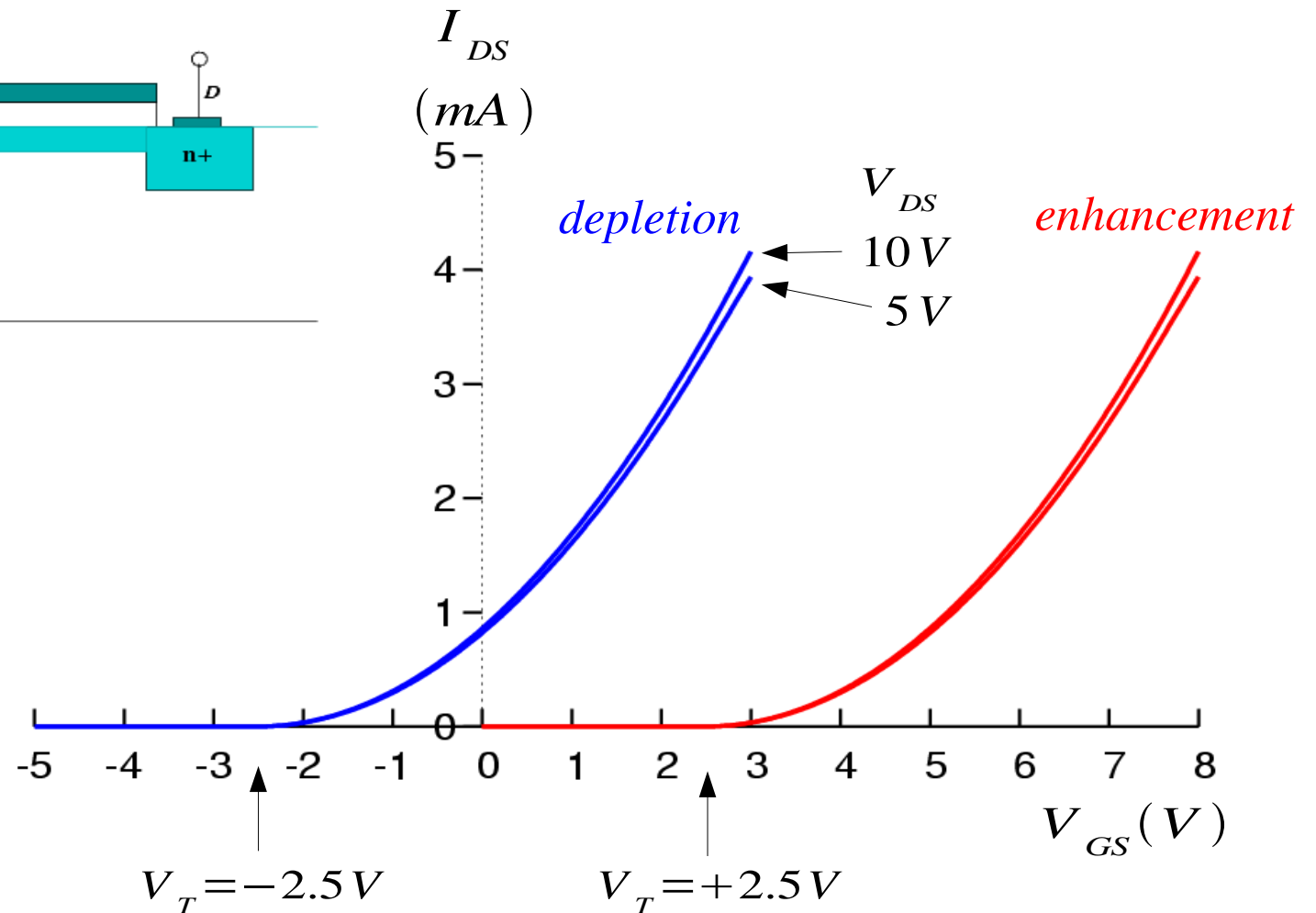
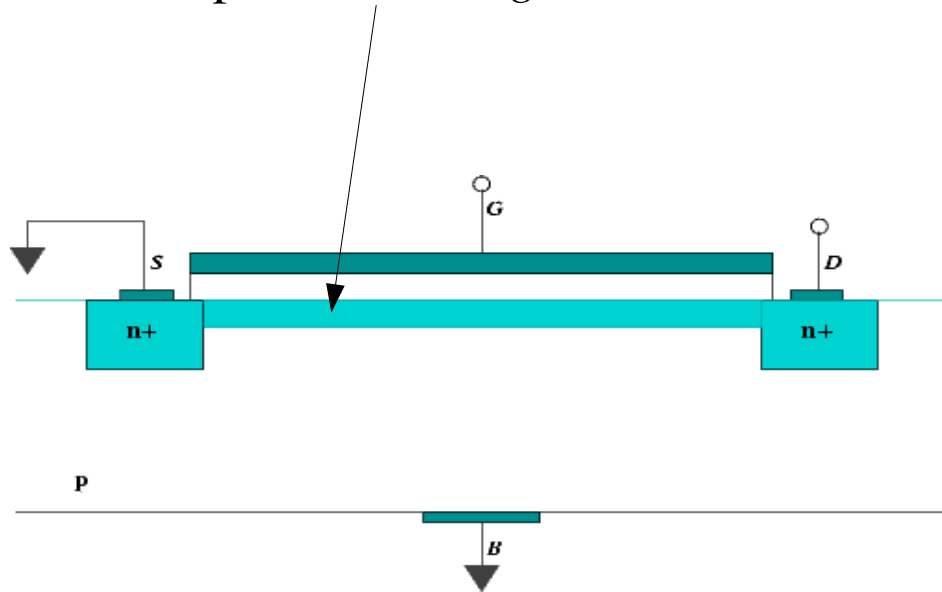
Curve $I_{DS}(V_{GS})$ del transistor *nmos* ad “arricchimento”
(regione di saturazione).



$$I_{DS} = \frac{K_n}{2} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

Transistor mosfet di tipo *depletion* (ad impoverimento)

Canale di portatori n “impiantato”
in corrispondenza del *gate*

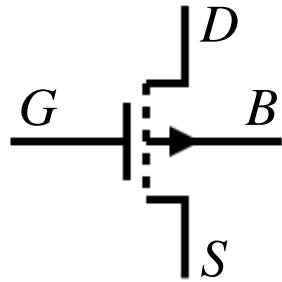
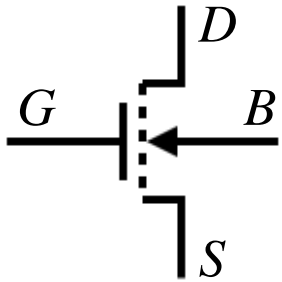


Varieta' di transistor mosfet

enhancement

nmos

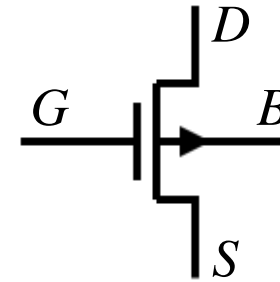
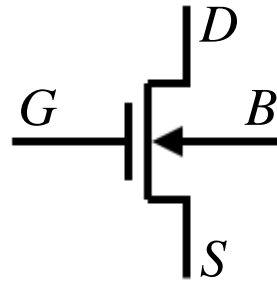
pmos



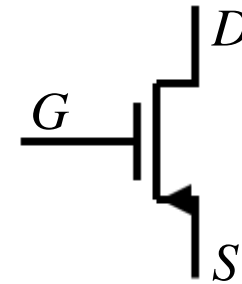
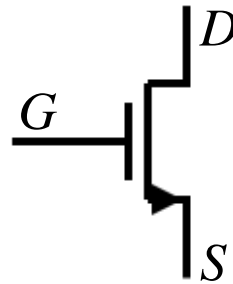
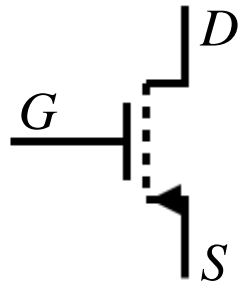
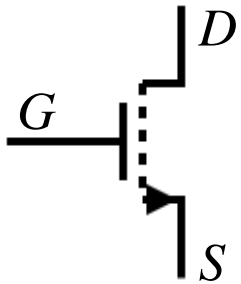
depletion

nmos

pmos



Source e Bulk
(substrato)
non connessi
internamente



Source e Bulk
(substrato)
connessi
internamente

Transistor *jfet* (a canale *n*)

