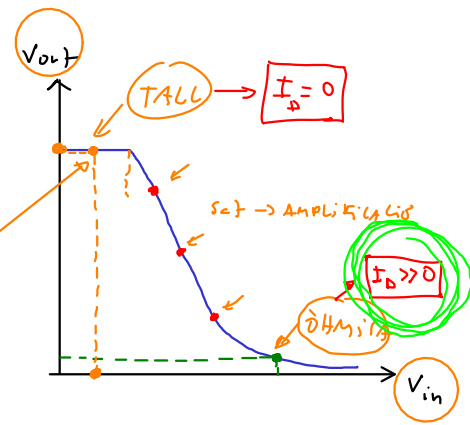
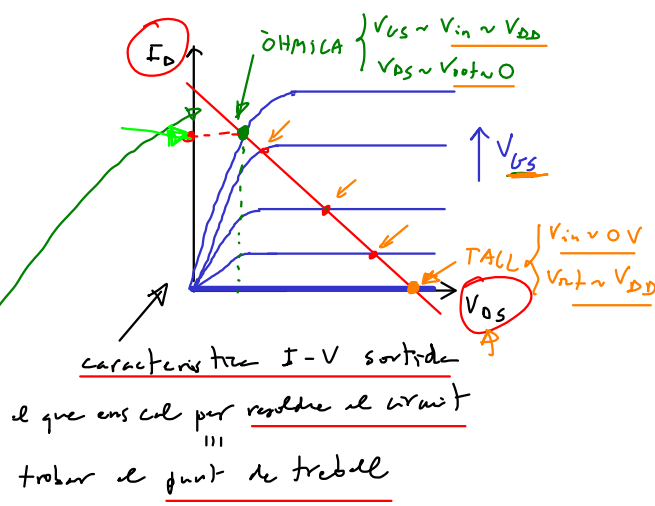
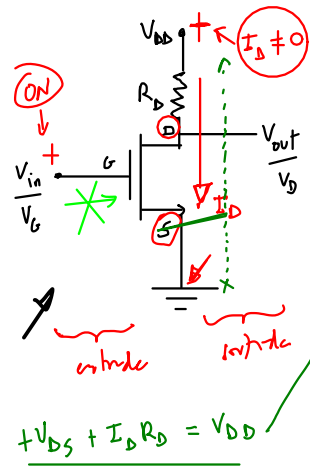
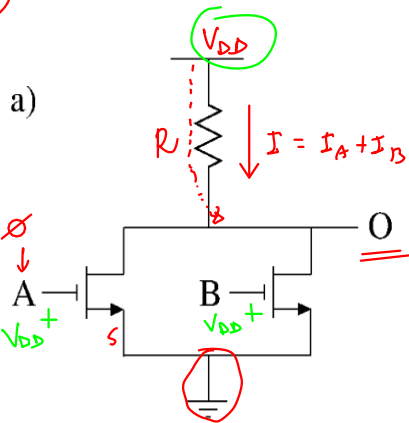


n MOS d'enriquiment com INVERSOR / PORTA NOT



relació entre entrada i sortida
resumim el comportament d'inversor

34

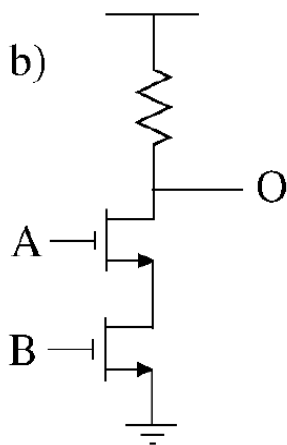


V_A	V_B	I_A	I_B	I	ΔV_R	V_{out}	
0	0	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	V_{DD}	0
0	V_{DD}	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	V_{DD}
V_{DD}	0	$\neq 0$	0	$\neq 0$	$\neq 0$	\emptyset	V_{DD}
V_{DD}	V_{DD}	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	\emptyset	V_{DD}

NOR

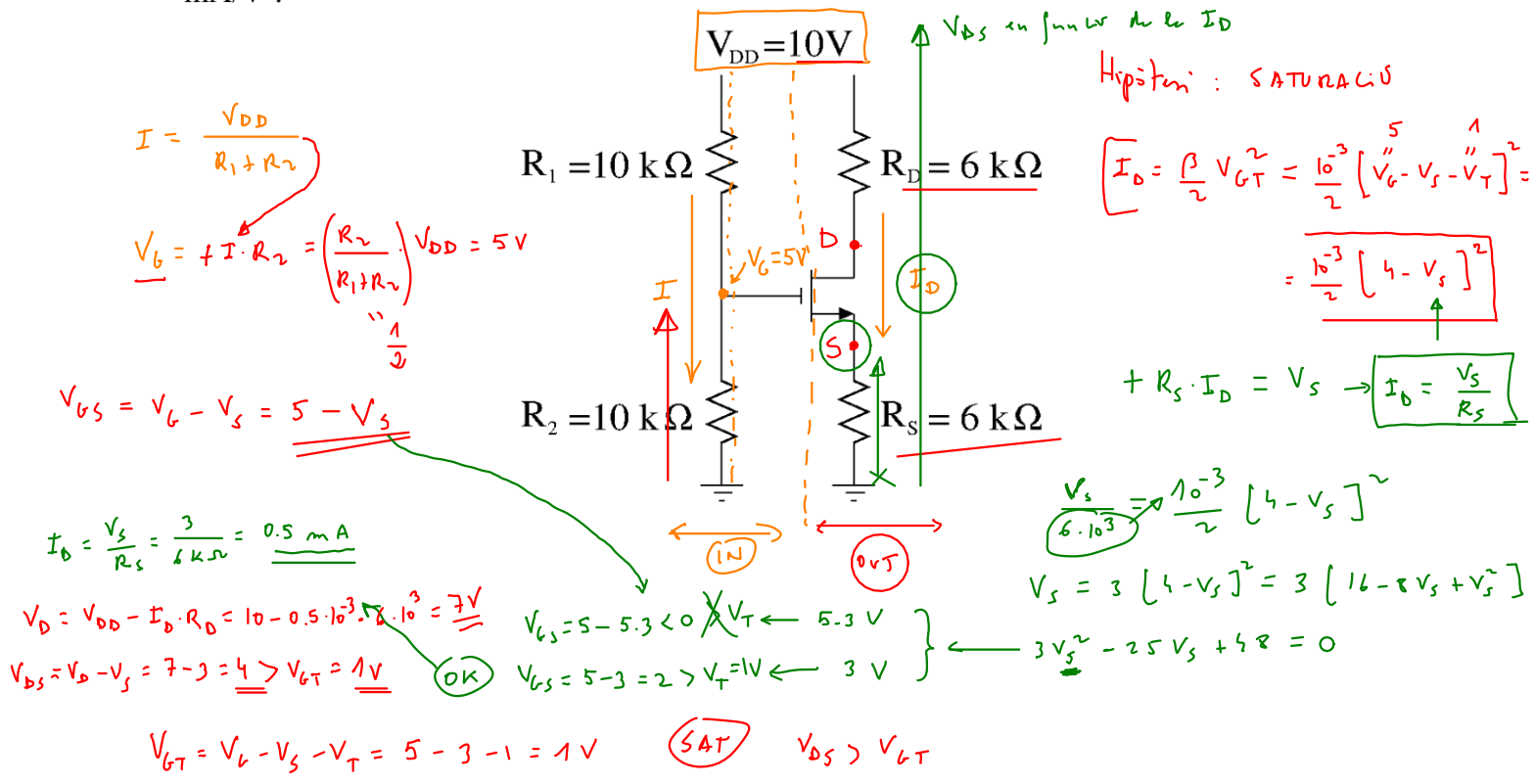
OR

PORTES AMB n MOS \equiv Lògica n MOS



NAND

26. Analitzeu el circuit de la figura i determineu les tensions de porta, drenador i font, junt amb la intensitat de drenador. Els paràmetres del transistor són $V_T = 1 \text{ V}$ i $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$.



perquè "ohmic"?

$$I_D = \beta \left[V_{GT} V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \underset{\substack{\uparrow \\ V_{DS} \ll V_{GT}}}{\approx} \beta V_{GT} \cdot V_{DS}$$

$$\Rightarrow \text{a la sortida} \quad \left. \begin{array}{l} I_D = (\beta V_{GT}) \cdot V_{DS} \\ I = \frac{V}{R} \end{array} \right\} r_{DS} = \frac{1}{\beta V_{GT}}$$

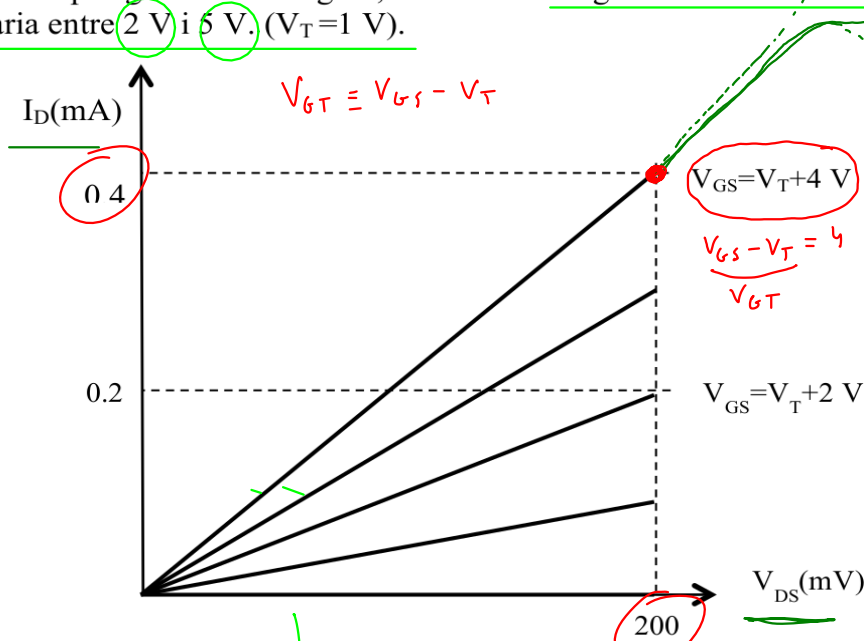
14. Per un transistor NMOS d'enriquiment amb $V_T = 2 \text{ V}$ circula un corrent de 1 mA quan $V_{GS} = V_{DS} = 3 \text{ V}$. Determineu:

a) el valor del corrent quan $V_{GS} = 4 \text{ V}$ i $V_{DS} = 5 \text{ V}$

→ b) el valor de la resistència r_{DS} quan $V_{GS} = 4 \text{ V}$

$$r_{DS} = \frac{1}{\beta V_{GT}} = \frac{1}{\underset{\substack{\uparrow \\ V_{GS} - V_T}}{2 \cdot 10^{-3}} [4 - 2]}} = \underline{\underline{250 \Omega}}$$

13. Per a un NMOS d'enriquiment, tenim que per a valors petits de V_{DS} , la intensitat és proporcional a $(V_{GS}-V_T)V_{DS}$. Determineu la constant de proporcionalitat pel dispositiu representat pel gràfic de la figura, i doneu el rang de resistències font-drenador quan V_{GS} varia entre 2 V i 5 V. ($V_T=1$ V).



regió ohmica lineal

$$I_D = \beta V_{GT} \cdot V_{DS}$$

$$0.4 \cdot 10^{-3} = \beta \cdot 4 \cdot 200 \cdot 10^{-3}$$

$$\beta = 500 \frac{\mu A}{V^2}$$

$$I_D = \beta \left[V_{GT} V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\beta = \frac{I_D}{\left[\right]} = 513 \frac{\mu A}{V^2}$$

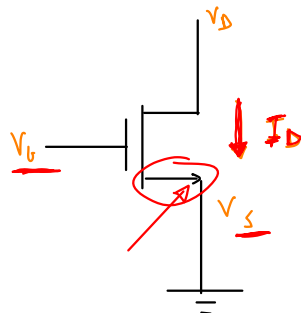
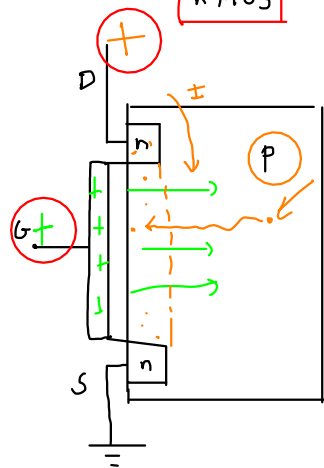
$$0.513 \cdot 10^{-3}$$

$$r_{DS} = \frac{1}{\beta [V_{GS} - V_T]}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{GS} = 5V \rightarrow 0.5 \text{ k}\Omega \\ V_{GS} = 2V \rightarrow 2 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$$

TRANSISTORS pmos

n MOS



(IN)

$$V_{GS} < V_T \quad \text{OFF}$$

(OUT)

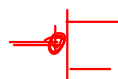
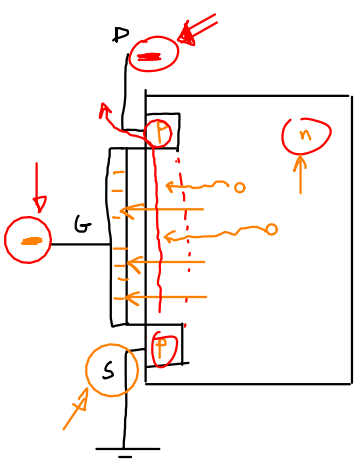
$$I_D = 0 \quad \text{TALL}$$

$$V_{GS} > V_T \quad \text{ON}$$

$$\text{òHMIC} \begin{cases} 0 < V_{DS} < V_{GT} \\ I_D = \beta \left[V_{GT} V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \end{cases}$$

$$\text{SATURACIÓ} \begin{cases} V_{GT} < V_{DS} \\ I_D = \frac{\beta}{2} V_{GT}^2 \end{cases}$$

pmos



(IN)

$$V_{GS} > V_T \quad \text{OFF}$$

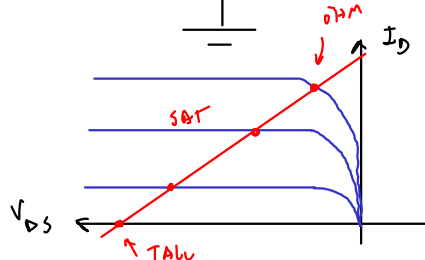
(OUT)

$$I_D = 0 \quad \text{TALL}$$

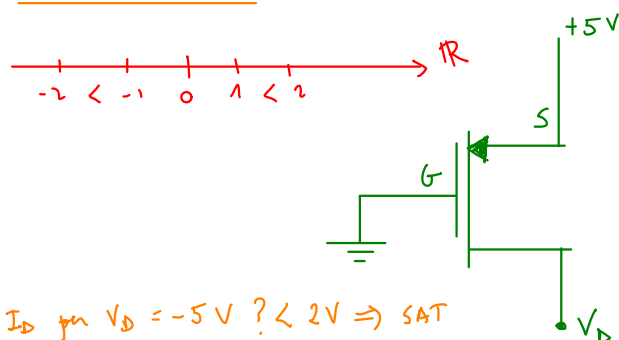
$$V_{GS} < V_T \quad \text{ON}$$

$$\text{òHMIC} \begin{cases} 0 < V_{DS} < V_{GT} \\ I_D = \beta \left[V_{GT} V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \end{cases}$$

$$\text{SATURACIÓ} \begin{cases} V_{GT} < V_{DS} \\ I_D = \frac{\beta}{2} V_{GT}^2 \end{cases}$$



27. Un transistor PMOS d'enriquiment està caracteritzat per $V_T = -2V$ i $\beta = 100 \mu A/V^2$. Si la porta està connectada al terra i la font a $+5V$, quin és el voltatge més gran que es pot aplicar al drenador mentre el dispositiu opera en saturació? Determineu el corrent per $V_D = -5V$



(IN)

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 5 = -5V < -2V$$

(OUT)

$$V_{DS} < V_{GT}$$

$$V_D - V_S < V_G - V_S - V_T$$

$$\underline{V_D} < \underline{V_G - V_T} = 0 - (-2) = \underline{+2V}$$

(IN)

$$V_{GS} > V_T \quad \text{OFF}$$

(OUT)

$$I_D = 0 \quad \text{TALL}$$

$$V_{GS} < V_T \quad \text{ON}$$

$$0 > V_{DS} > V_{GT}$$

òHMIC

SATURACIÓ

$$I_D \text{ per } V_D = -5V ? < 2V \Rightarrow \text{SAT}$$

$$I_D = \frac{\beta}{2} V_{GT}^2 = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{2} \left[-5 - (-2) \right]^2 = 0.45 \text{ mA}$$

29. Determineu el valor de les resistències R_2 i R_D de forma que el transistor de la figura operi a la regió de saturació amb una intensitat de 0.5 mA i $V_D = 3 \text{ V}$ ($V_T = -1 \text{ V}$ i $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$). Quin és el màxim valor possible de R_D per tal que es mantingui a la regió de saturació?

IN

?

OUT

$$I_D = \frac{\beta}{2} V_{GS}^2 \quad \text{sat}$$

$$V_{GS}^2 = \frac{2 I_D}{\beta} \Rightarrow V_{GS} = \pm \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta}}$$

$$V_{GS} = V_T \pm \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta}} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{GS} = 0 \text{ V} - 1 \text{ V} = V_T \\ V_{GS} = -2 \text{ V} < -1 \text{ V} = V_T \end{array} \right.$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = -2 \Rightarrow V_G - 5 = -2 \Rightarrow V_G = +5 - 2 = 3 \text{ V} \rightarrow I = \frac{5-3}{2 \cdot 10^6} = 1 \mu\text{A} \rightarrow R_2 = \frac{3-0}{10^{-6}} = 3 \cdot 10^6 = 3 \text{ M}\Omega$$

SATURACIÓ

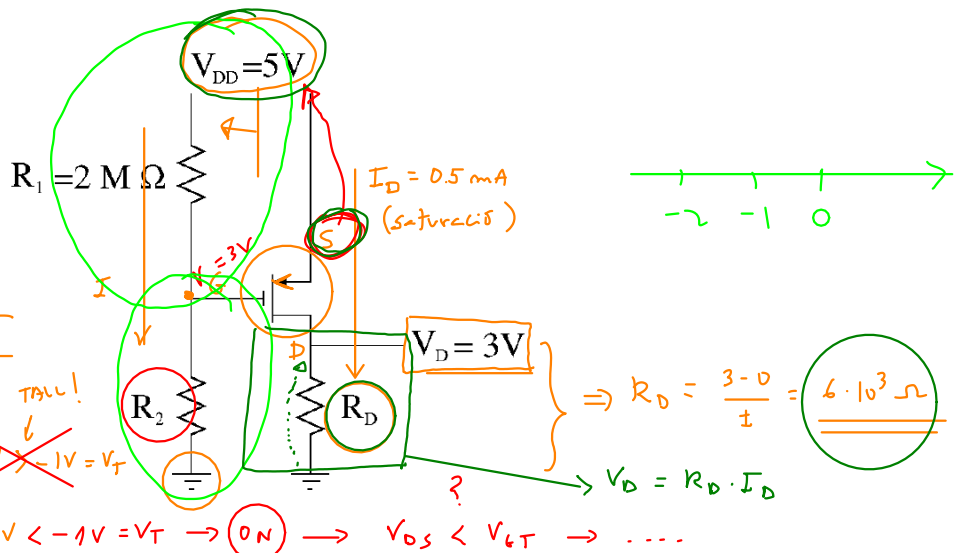
$$V_{DS} < V_{GS} \Rightarrow \text{transistor en una designació on hi surti } R_D$$

$$V_D - V_S = V_{DS}$$

$$R_D \cdot \frac{\beta}{2} V_{GS}^2 - V_{DD} < V_{GS}$$

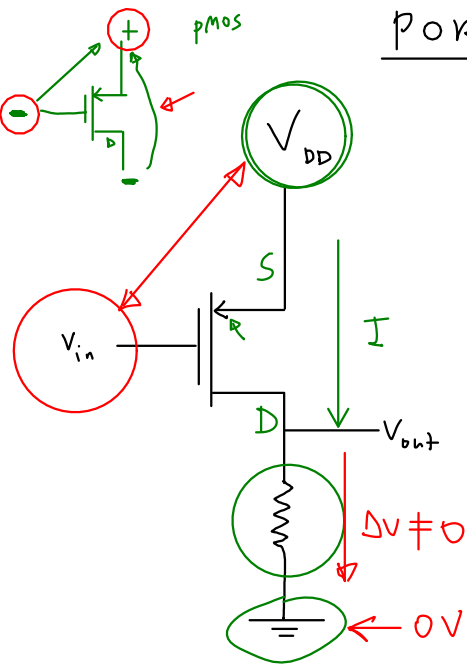
$$R_D \frac{\beta}{2} V_{GS}^2 < V_{DD} + V_{GS}$$

$$R_D < \frac{2}{\beta V_{GS}^2} (V_{DD} + V_{GS}) = 8 \text{ k}\Omega$$



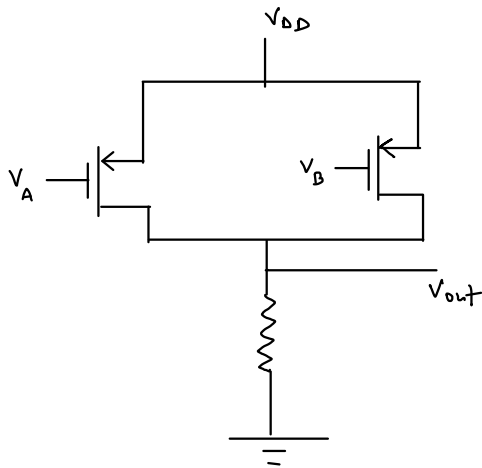
$$\Rightarrow R_D = \frac{3-0}{I_D} = \frac{3-0}{0.5 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^3 \Omega$$

PORTES AMB pMOS \equiv "LÒGICA pMOS"



V_{in}	I	ΔV_R	V_{out}
$\rightarrow 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$V_{DD} (I \neq 0)$
$\rightarrow V_{DD}$	$= 0$	$= 0$	0

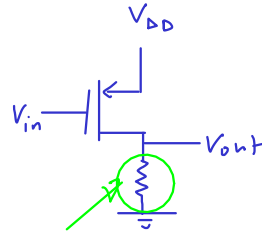
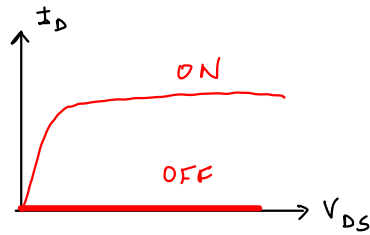
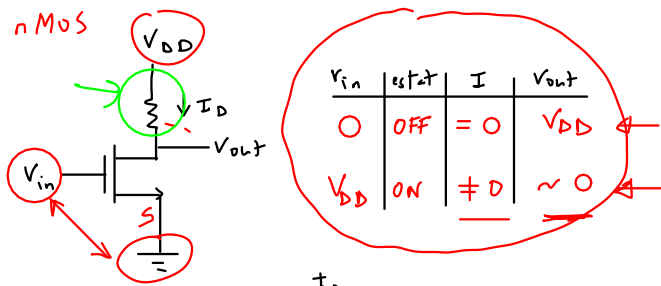
\Rightarrow INVERSION



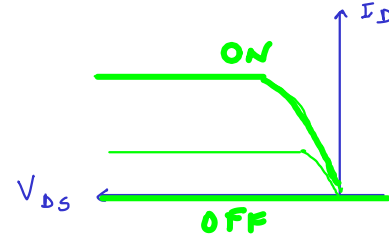
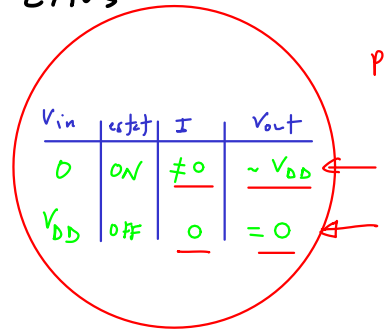
V_A	V_B	I_A	I_B	I	ΔV_R	V_{out}
0	0					
0	V_{DD}					

LOGICA CMOS → INVERSOR CMOS

nMOS

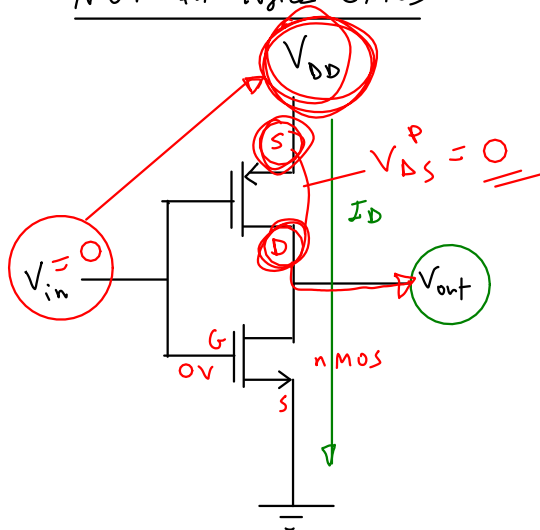


pMOS



→ FRANK WANLASS 1963

NOT in logic CMOS



$V_{in} = 0$

n → OFF → $I_D = 0$

p → ON

$V_{in} = V_{DD}$

