

CMOS: conceptes bàsics

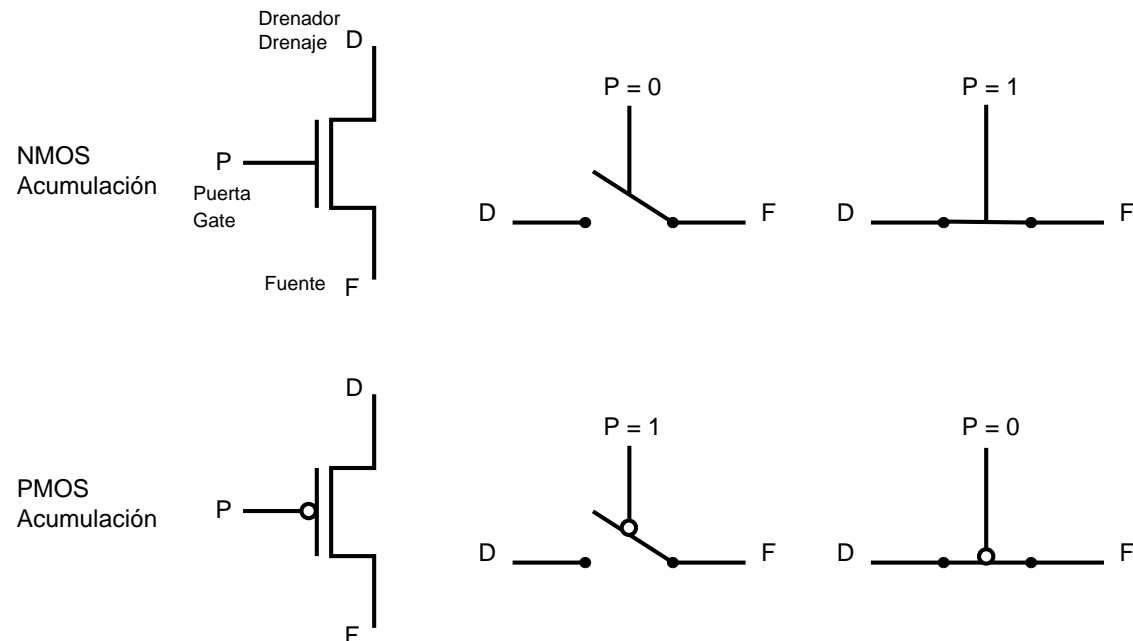
Rosa M. Badia
Ramon Canal
DM
Tardor 2004

MOS: Metal Over Silicon

- Objectius:
 - Conèixer com es dissenyen diferents tipus d'estructures lògiques mitjançant l'utilització de tecnologia MOS
- El contingut del tema se centra en:
 - Comportament lògic del transistor MOS
 - Introducció a les estructures lògiques combinacionals
 - Conceptes bàsics sobre el transistor MOS

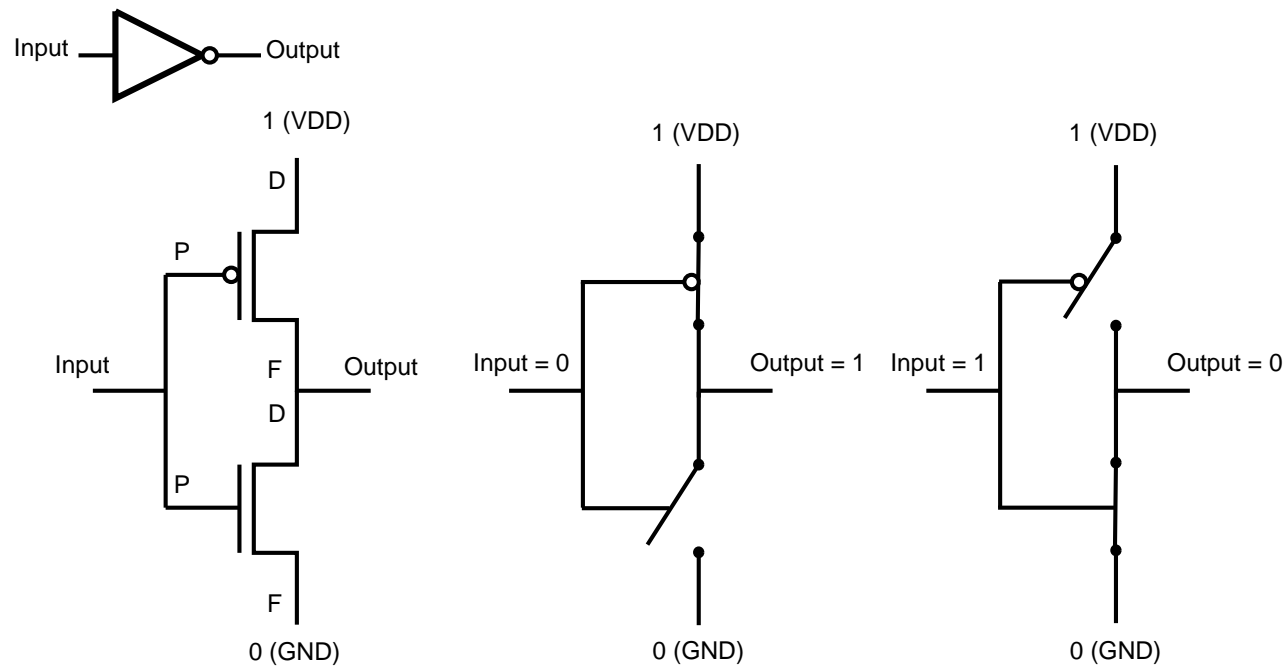
Tecnologia MOS

- Comportament ideal: interruptor digital



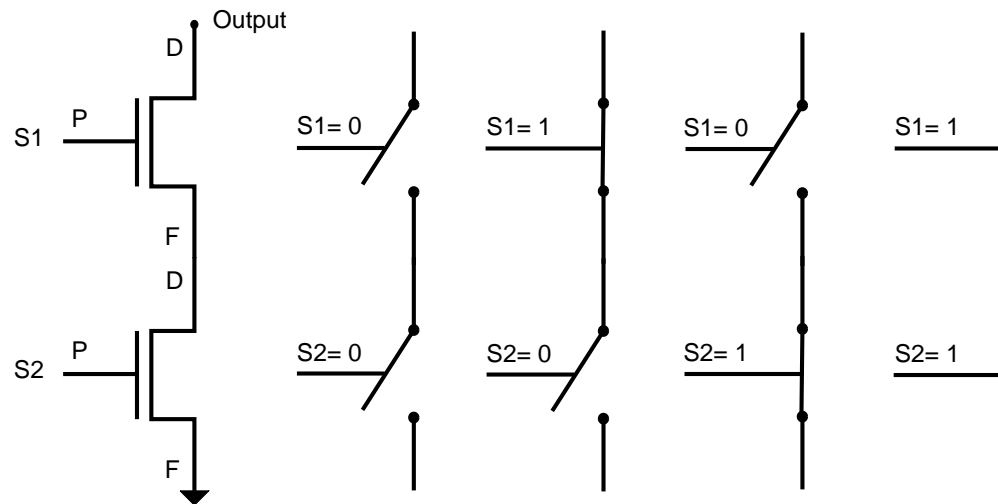
Tecnologia MOS

- Inversor CMOS: Complementary MOS



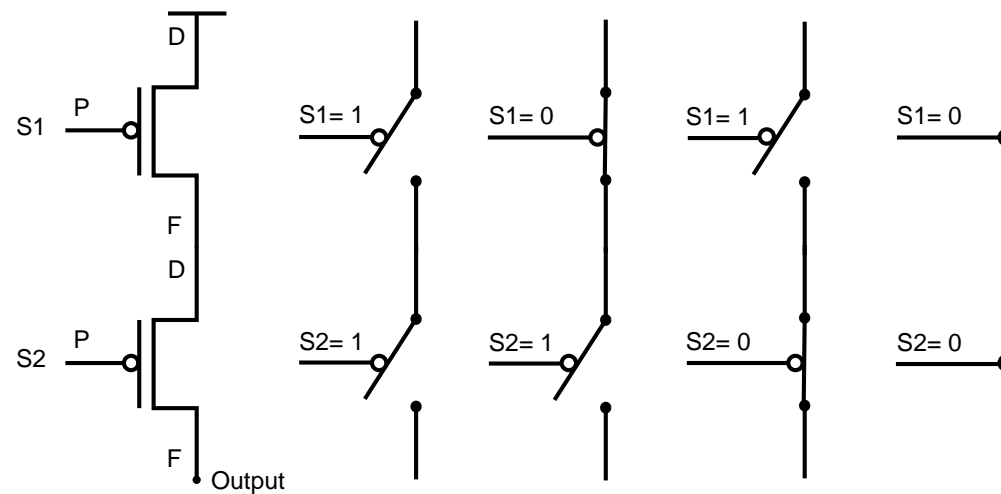
Tecnologia MOS

- Combinació serie nMOS:
 - Output = 0 si $S1=1$ i $S2=1$



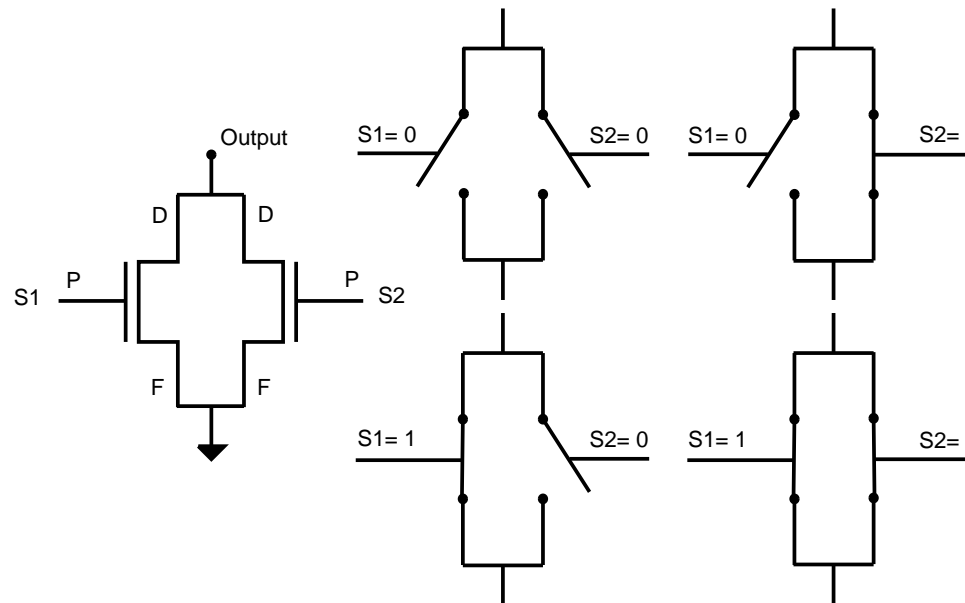
Tecnologia MOS

- Combinació serie pMOS:
 - Output = 1 si $S1=0$ i $S2=0$



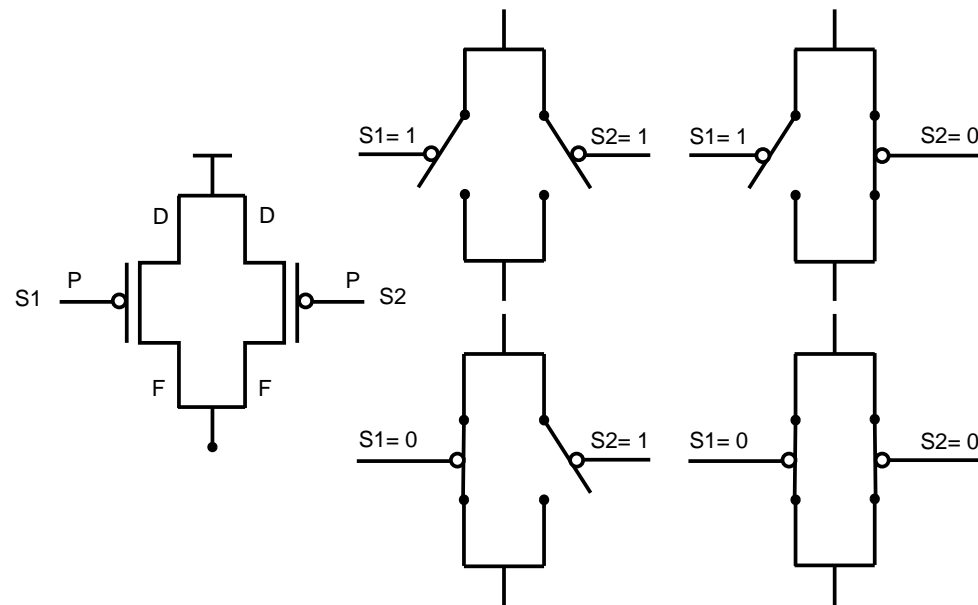
Tecnologia MOS

- Combinació paral·lela nMOS:
 - Output = 0 si $S1=1$ o $S2=1$



Tecnologia MOS

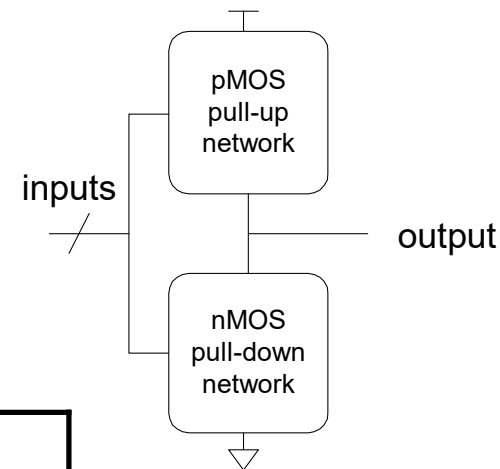
- Combinació paral·lela pMOS:
 - Output = 1 si $S1=0$ o $S2=0$



Complementary CMOS

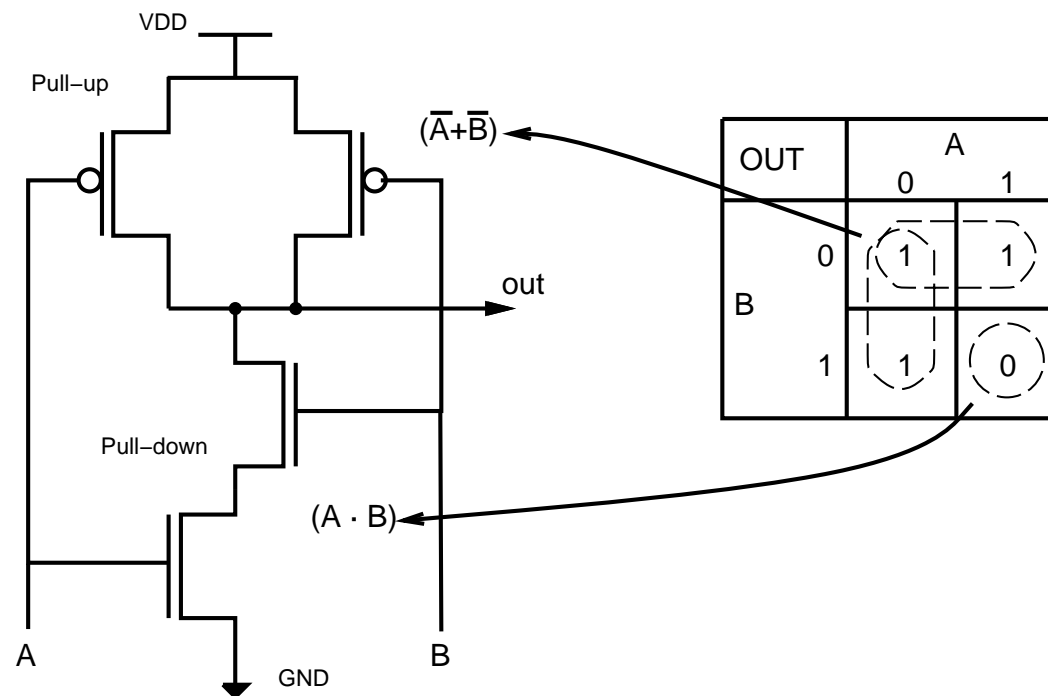
- Complementary CMOS logic gates
 - nMOS *pull-down network*
 - pMOS *pull-up network*
 - a.k.a. static CMOS

	Pull-up OFF	Pull-up ON
Pull-down OFF	Z (float)	1
Pull-down ON	0	X (crowbar)



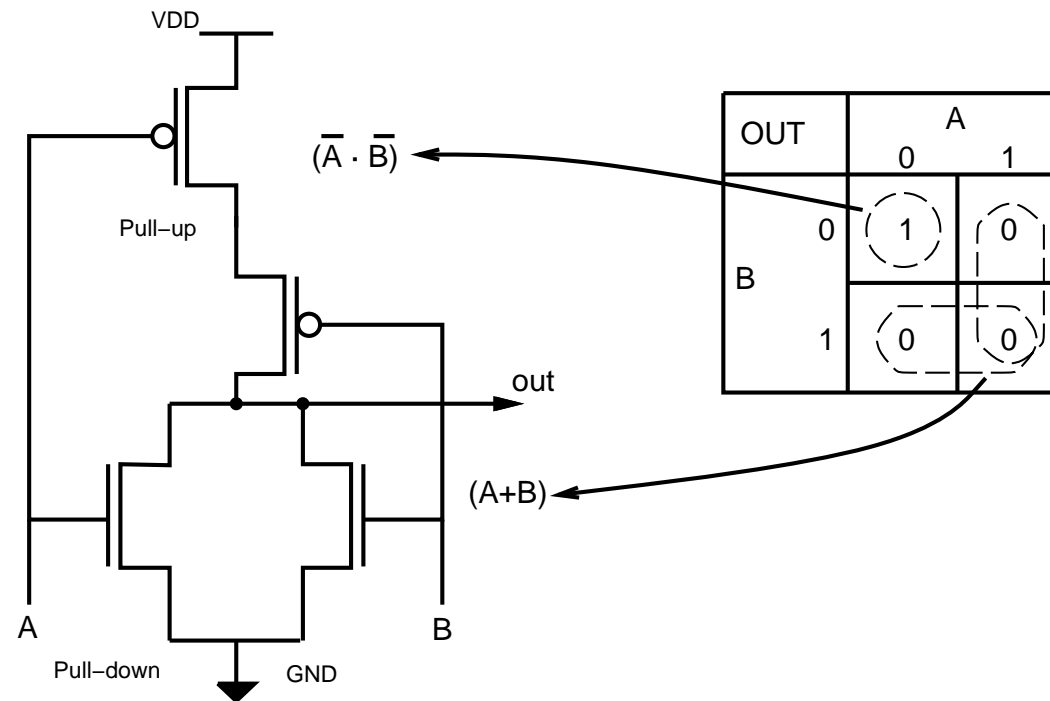
Portes CMOS

- Porta NAND



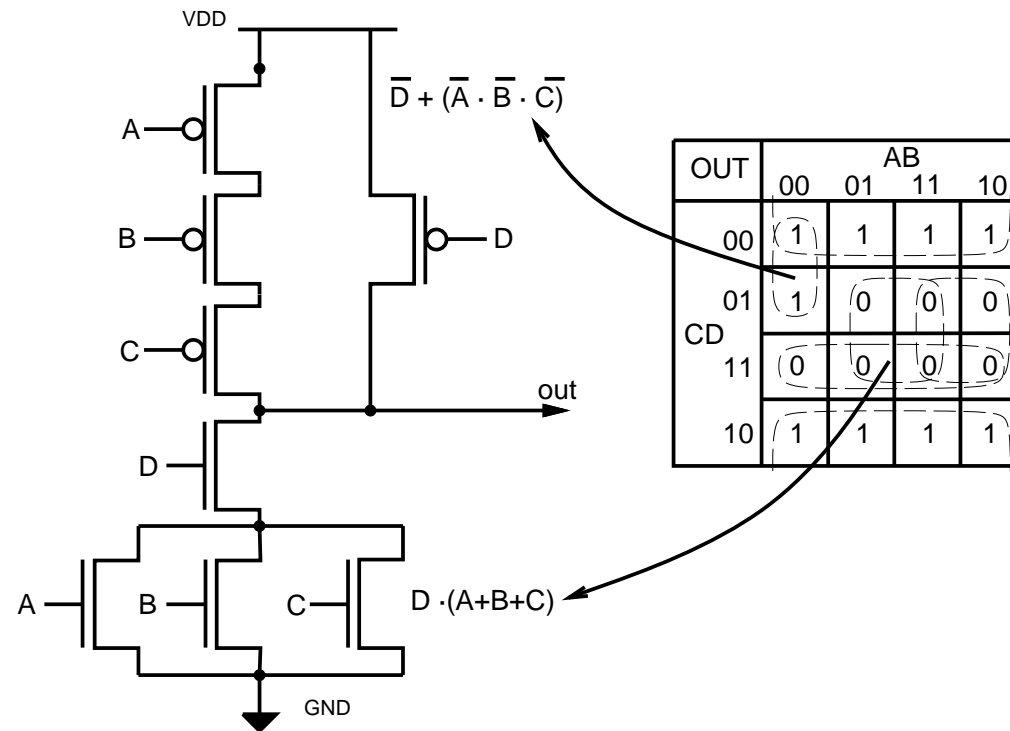
Portes CMOS

- Porta NOR



Portes CMOS

- Portes complexes

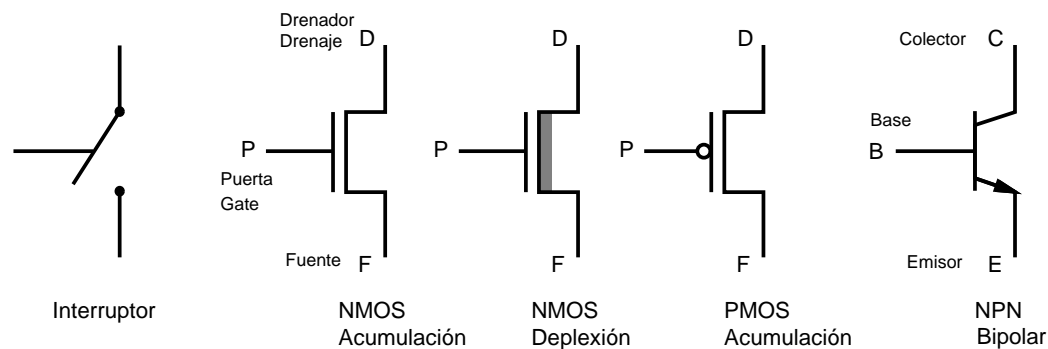


Portes CMOS

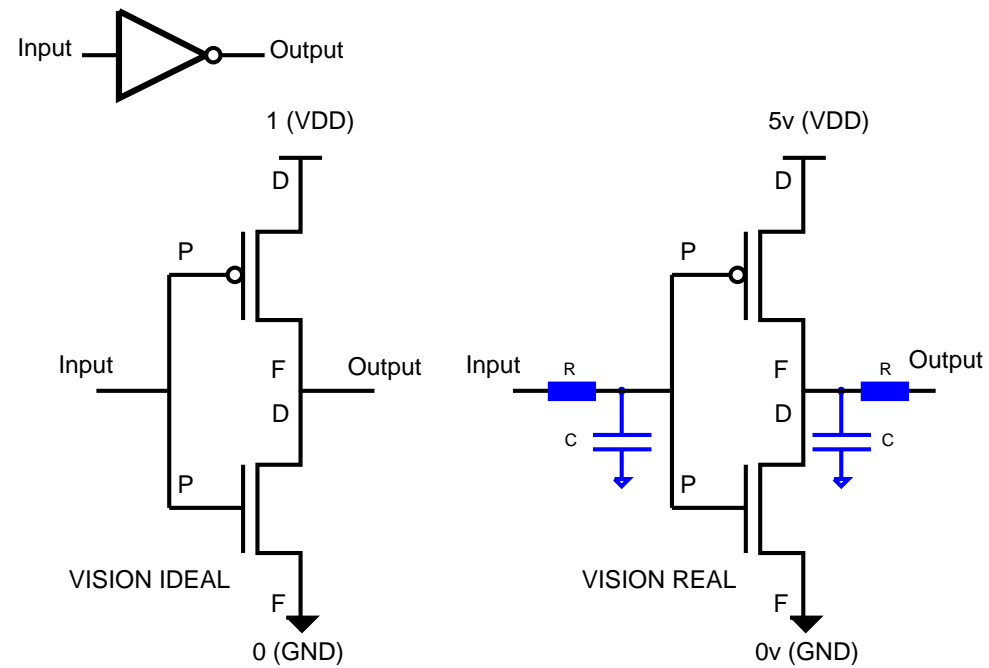
- Portes complexes:
 - L'expressió de la funció ha de ser una expressió complementada
 - Operador “.”:
 - Pull-down: Transistors nMOS en sèrie
 - Pull-up: Transistors pMOS en paral·lel
 - Operador “+”:
 - Pull-down: Transistors nMOS en paral·lel
 - Pull-up: Transistors pMOS en sèrie

Tipus de transistors

- Transistors de tipus MOS: nMOS i pMOS
- Transistors nMOS: acumulació y buidament
- Transistors bipolars: NPN, PNP
- Operació (interruptor electrònic):
 - MOS: controlat per tensió (interruptor ideal)
 - Bipolar: controlat per corrent (interruptor + amplificador)

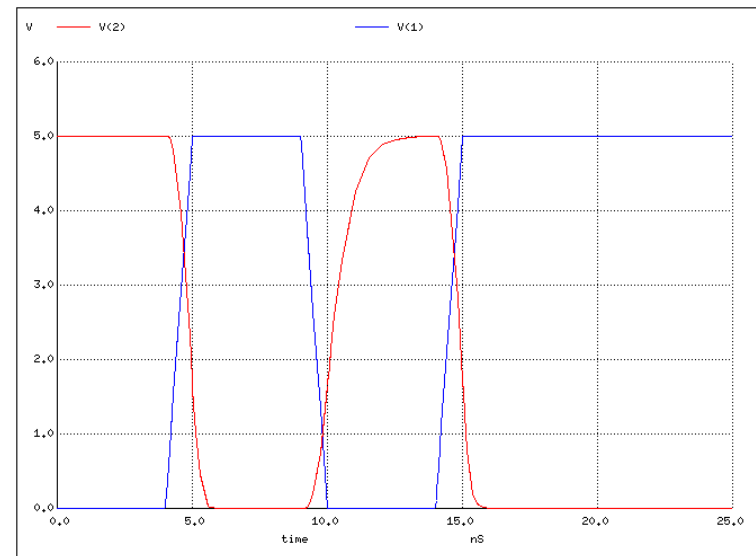
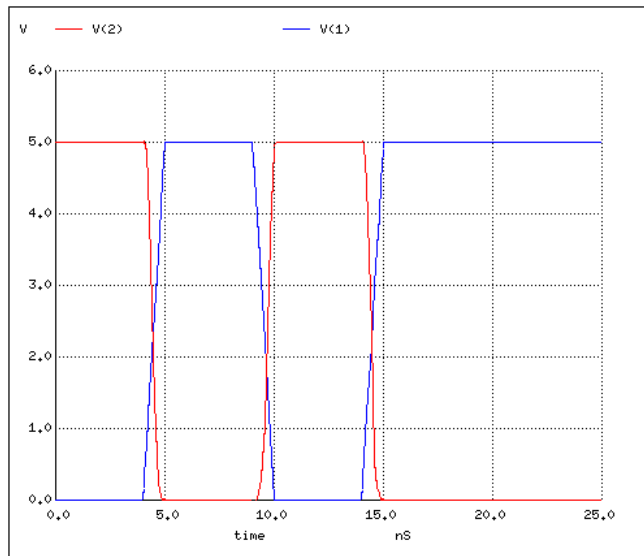


Visió ideal vs. visió real



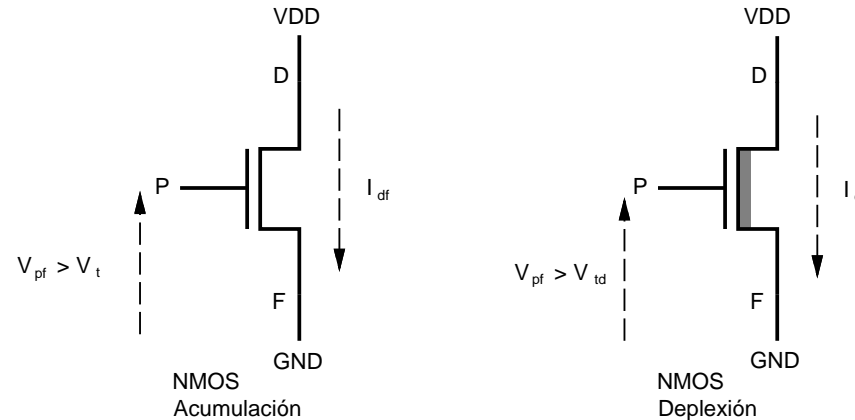
Visió ideal vs. visió real

- Exemple: relació input/output d'un inversor CMOS



Transistors de tipus nMOS

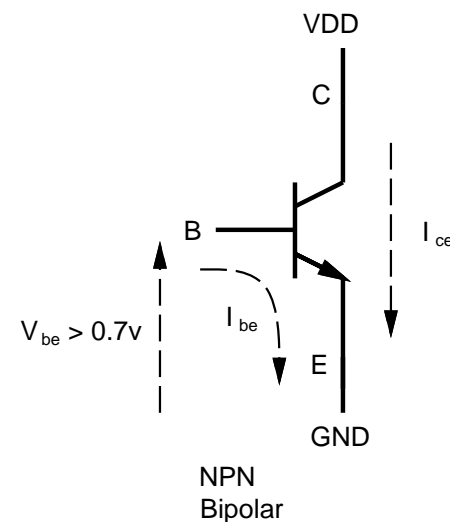
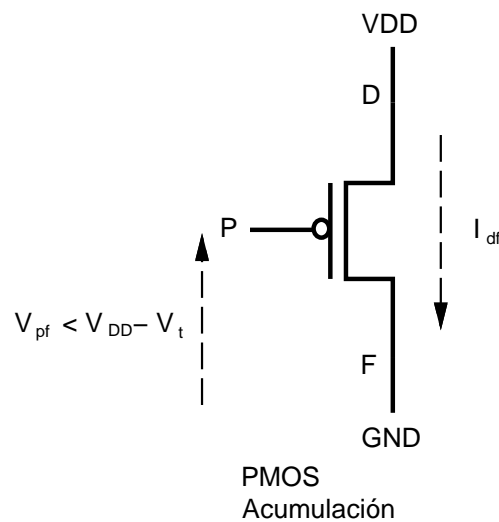
- Intensitat Drenador – Font (I_{ds}) si:
 - nMOS acumulació: $V_{pf} > V_t > 0$
 - nMOS buidament: $0 > V_{pf} > V_t$



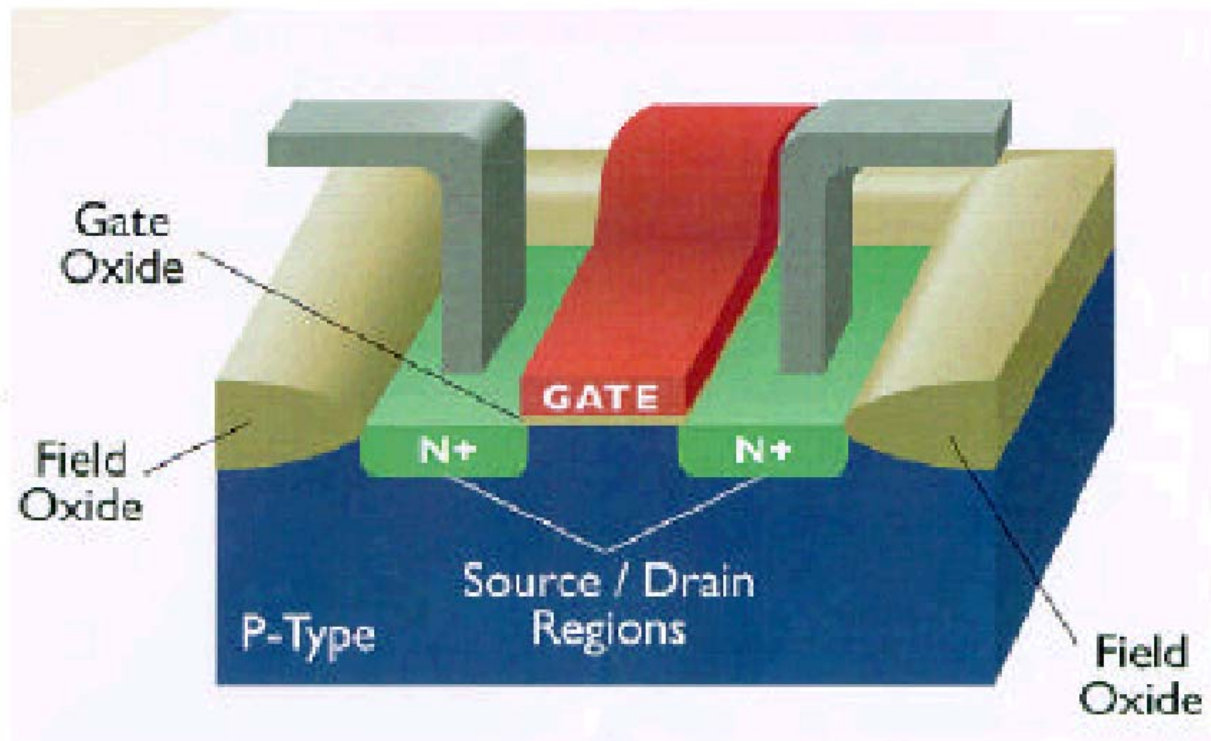
- Afegir perquè no passen be els zeros els transistors p, i perquè passen be els uns

Transistors de tipus pMOS

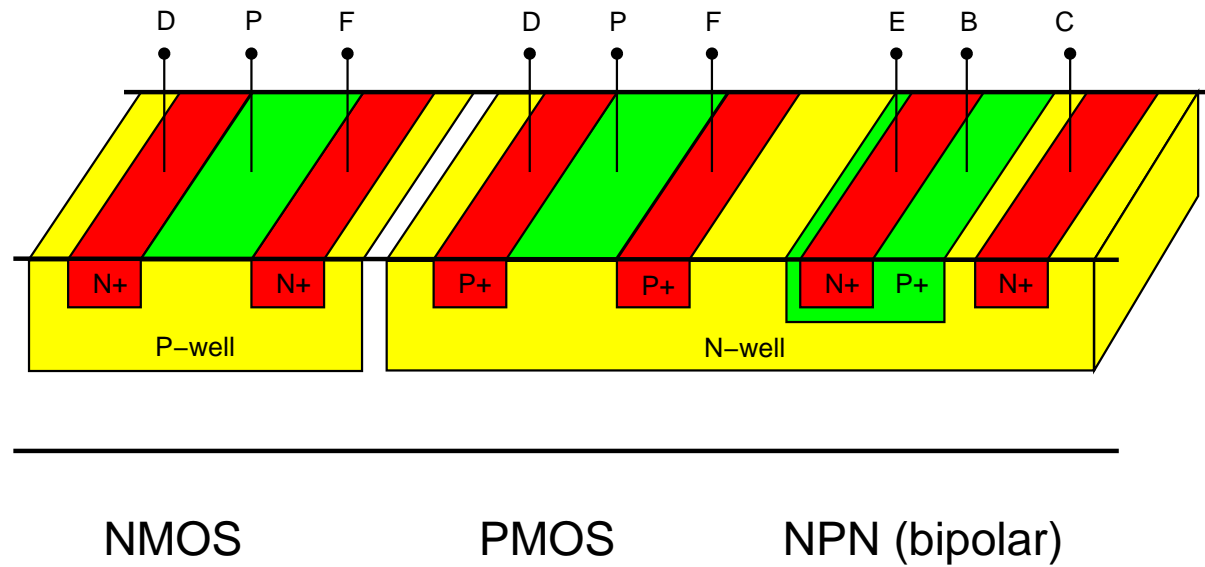
- Intensitat Drenador – Font (I_{ds}) si:
 - $V_{DD} - V_t > V_{pf}$



Implementació tecnològica



Implementació tecnològica



Comparació entre diferents tecnologies

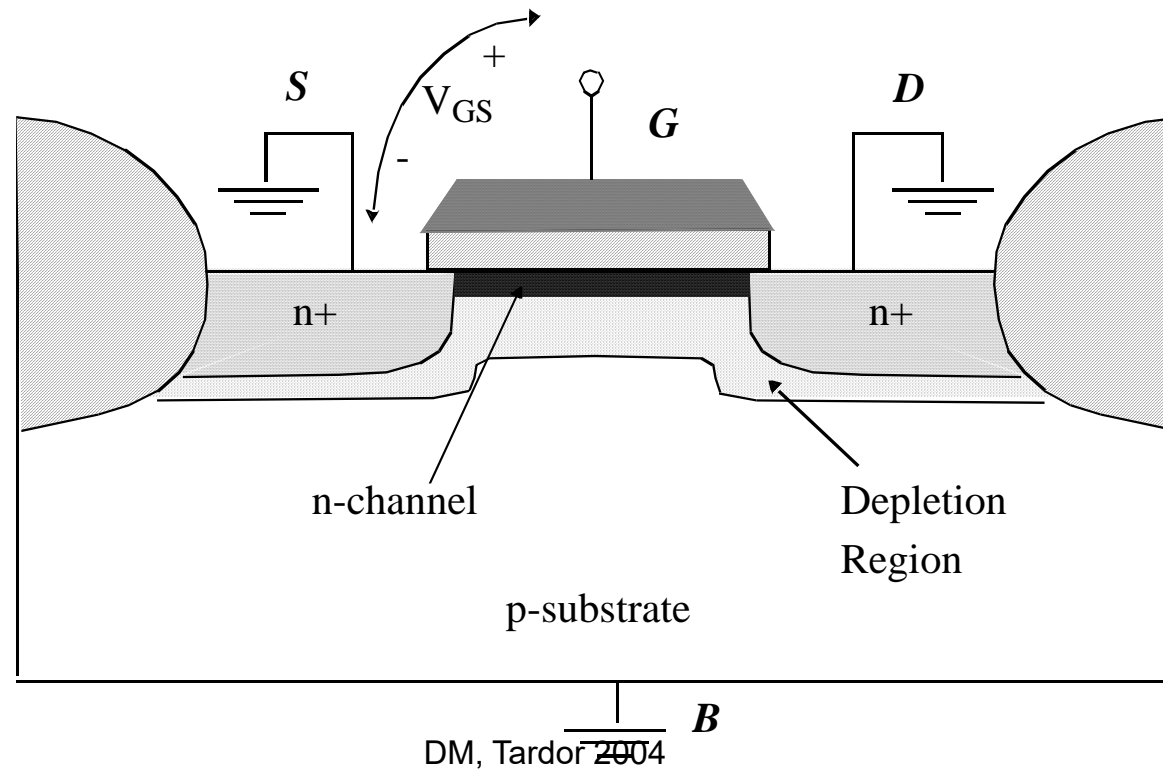
Característica	nMOS	pMOS	NPN
Resistència d'entrada	Alta	Alta	Baixa
Resistència de sortida	Baixa	Baixa	baixa
Movilitat	Alta	Baixa (1/2)	alta
Nivell integració	Alt	Alt	Mitjà
Consum estàtic	Baix	Baix	alt
Consum dinàmic	Mitjà	Mitjà	alt

Comportament dinàmic

- El funcionament del transistor nMOS es basa en la creació d'un canal entre drenador i la font
- El canal es construeix degut a un potencial positiu a la porta respecte del substrat, que atrau als electrons lliures al substrat, acumulant-los en el canal.
- Hi ha tres regions d'operació:
 - Zona de tall (Cut-off): En aquesta zona no hi ha creació de canal, $I_{ds} = 0$.
 - Zona lineal o no saturada: En aquesta zona hi ha creació de canal i el corrent elèctric I_{ds} es proporcional a la diferència de potencial entre el drenador i la font V_{ds} .
 - Zona saturada: El canal s'estreny fins a trencar-se. Hi ha corrent elèctric I_{ds} , però el seu valor és gairebé constant i independent de V_{ds}

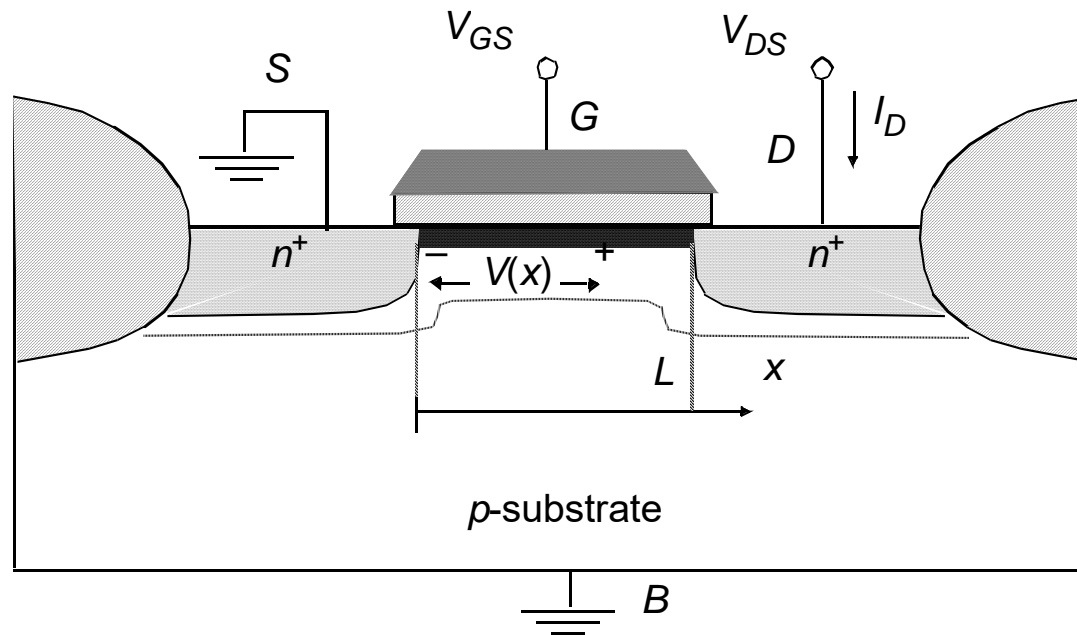
Comportament dinàmic

- Tensió llindar



Comportament dinàmic

- Transistor en zona lineal

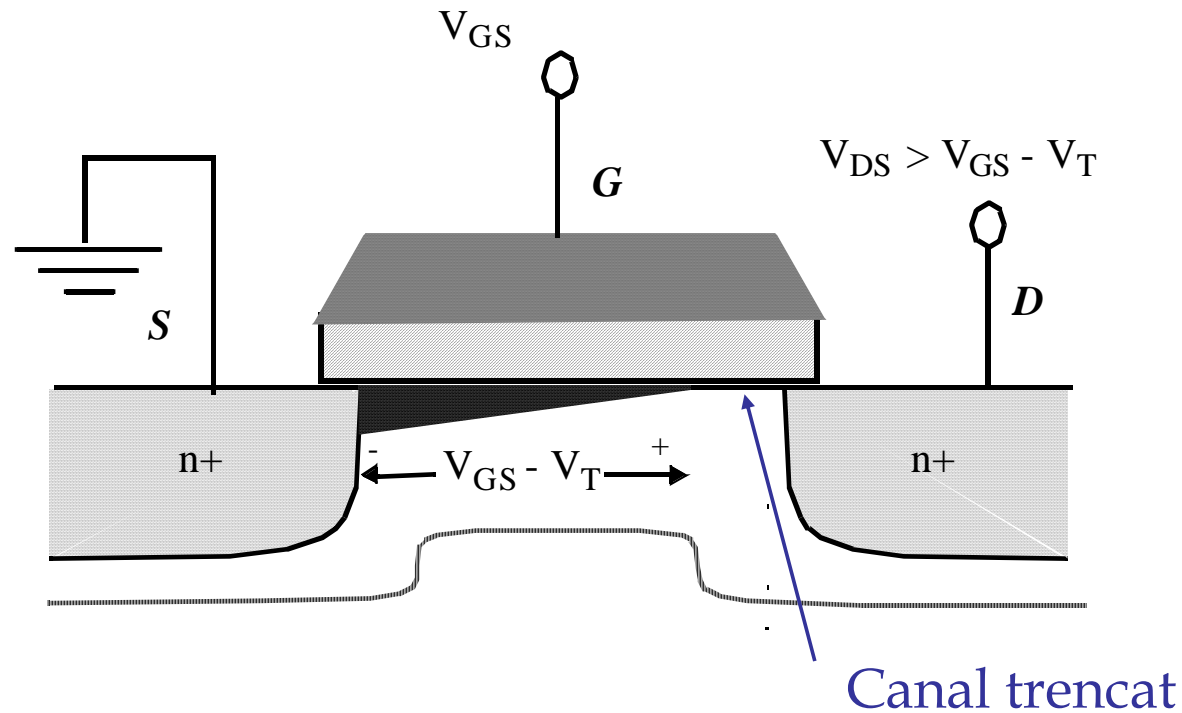


MOS transistor and its bias conditions

DM, Tardor 2004

Comportament dinàmic

- Transistor en zona de saturació



Comportament dinàmic

- Zona lineal:

$$\beta = \frac{W}{L} \frac{\varepsilon_{ins} \varepsilon_0 \mu}{D}$$

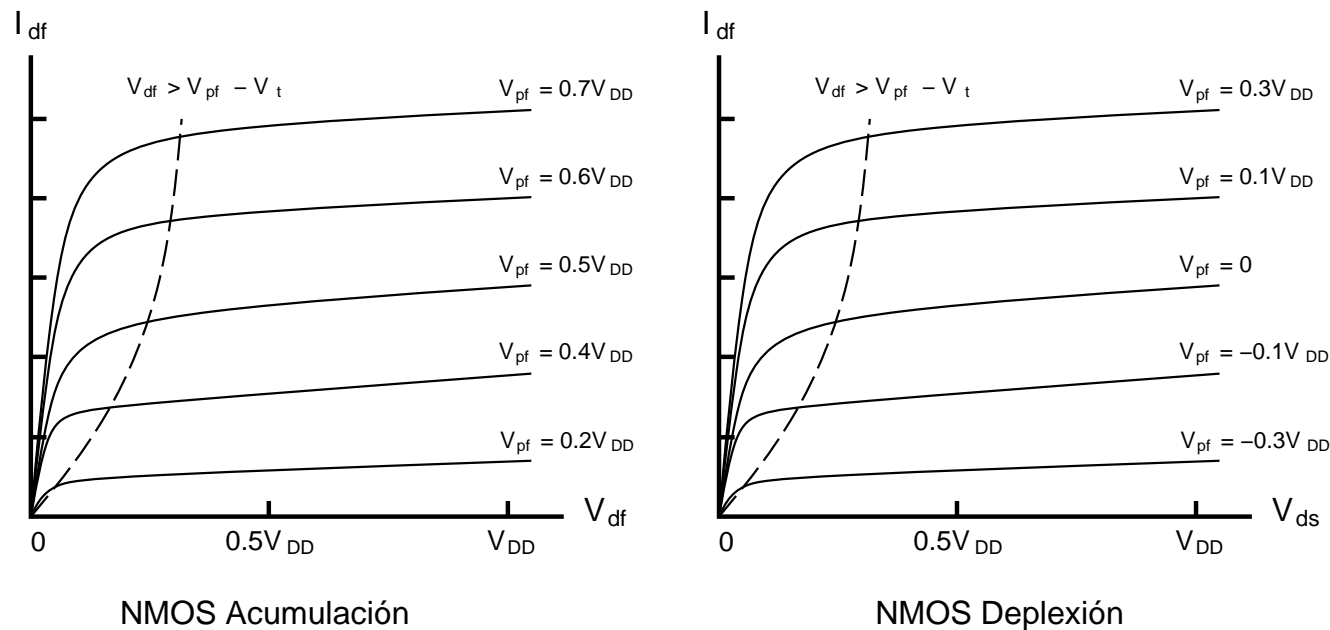
$$I_{ds} = \beta (V_{gs} - V_t) V_{ds} - \frac{V_{ds}^2}{2}$$

- Zona saturació

$$I_{ds} = \frac{\beta}{2} (V_{gs} - V_t)^2$$

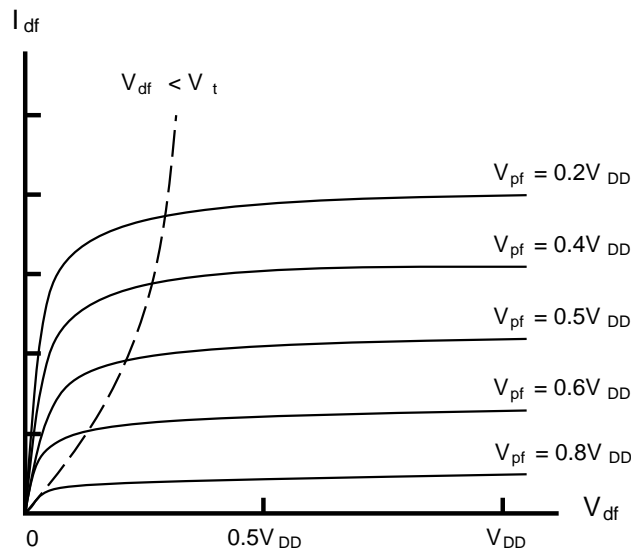
Transistors de tipus nMOS

- Comportament dinàmic



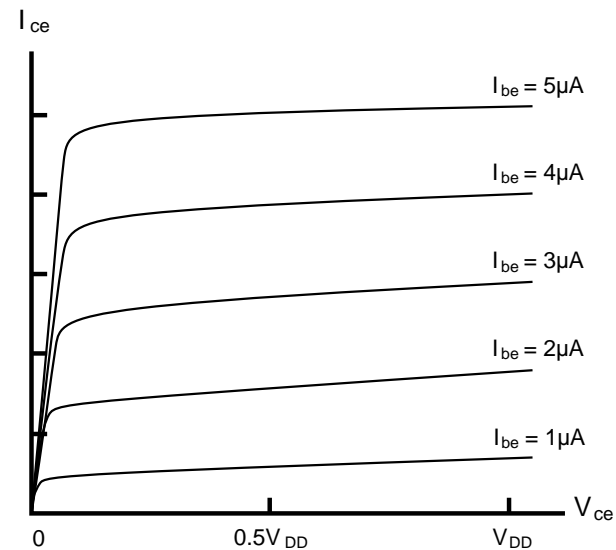
Transistors de tipus pMOS

- Comportament dinàmic



PMOS Acumulación

(Dos veces menos corriente que NMOS)



NPN Bipolar

CMOS: conceptes bàsics

Rosa M. Badia
Ramon Canal
DM
Tardor 2004

1.1. Dissenyar portes lògiques CMOS per a les següents funcions:

- $Z = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$
- $Z = \overline{A + B + C + D}$
- $Z = \overline{((A \cdot B \cdot C) + D)}$
- $Z = \overline{(((A \cdot B) + C) \cdot D)}$
- $Z = \overline{(A \cdot B) + (C \cdot (A + B))}$

1.4. Repetir l'exercici 1 en lògica nMOS dimensionant correctament els transistors