

Tema 1 : Introducció a la microelectrònica Conceptes preliminars

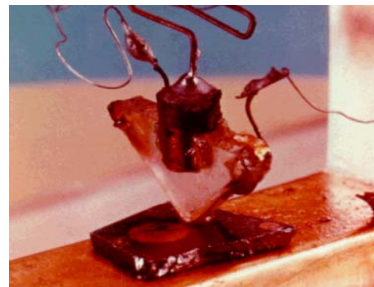
Sebastià Bota

Sistemes Microelectrònics
Assignatura Optativa

Introducció

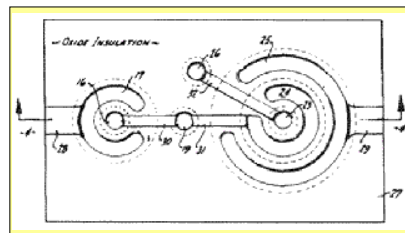
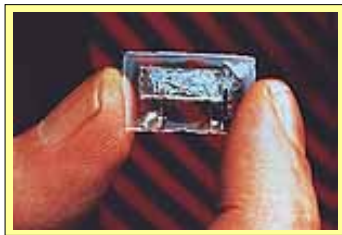
- Vàlvules de buit (1906 Forest - triode)
 - Radio, TV b/n, TV color, Computador ENIAC (1946)
- Efecte transistor
 - 1947 Bardeen, Brattain, Schokley
 - 1947 Schockty - transistor d'unió
 - 1951 Comercialització del transistor
- **Dispositiu original**
 - Transistor Bipolar
 - Germani N
 - 3 electrodes
 - 2 contactes metall-semiconductor

1956 - Premi Nobel



Introducció

- Dècada dels 50
 - 1959 Noyce, Kilby (primer circuit integrat)
 - Oscil·lador per desplaçament de fase (1 transistor+3 R + 1 C (2.3mm²))
 - 1961 Fairchild i Texas comercialitzen xips comercials



2000 - Premi Nobel

Introducció

- Decada dels 60: Transistors MOSFET
- En la seva fabricació apareixien dificultats tecnològiques
- L'ús d'una capa de SiO₂ va permetre solventar el problema
- 1960 M. M. Atalla i D. Khang fabriquen el primer MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)
- MOS - bipolar
 - Menys potència per controlar el mateix nivell de corrent
 - Menys àrea
 - Permet fabricar circuits més complexos
 - Velocitat d'operació més lenta

Introducció

- Dècada dels 60
 - 1963 Sylvania genera llista de circuits (portes lògiques)
 - 1963 Transistor MOSFET
 - 1970 Intel4004 (microprocessador de 4 bits-2000 transistors)
- A partir dels 70: Forta evolució de la tecnologia microelectrònica
 - Microprocessadors i Memòries
 - Llei de Moore 1964
 - Cada 18 mesos es duplica el nombre de dispositius integrats en un xip

Introducció

- Avanços en la tecnologia de fabricació (escalat)

– SSI	10-20 portes/xip
– MSI	20-100 portes/xip
– LSI	100-100.000 portes/xip
– VLSI	>100.000 portes/xip
– ULSI	mil.lions de portes
- Avanços tecnologia de fabricació (noves tecnologies)
 - CMOS, BiCMOS, SOS (SOI)
 - MCM
 - 3D Packages
 - Digital, Analògic i Mixte

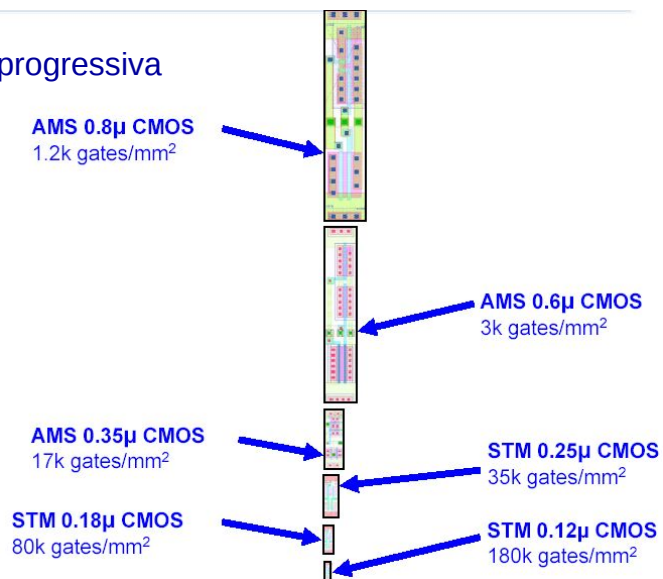
Introducció

Per què VLSI?

- La Integration millora les prestacions d'un sistema
 - Menys elements paràssits = més velocitat
 - Menys consum
 - Més petit
- La Integració redueix els costos de fabricació

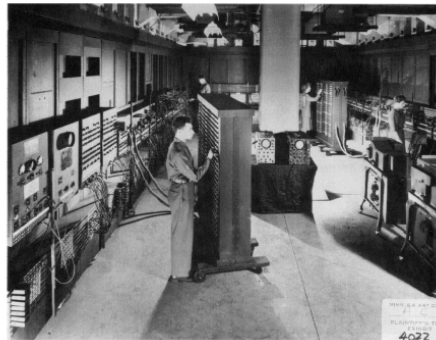
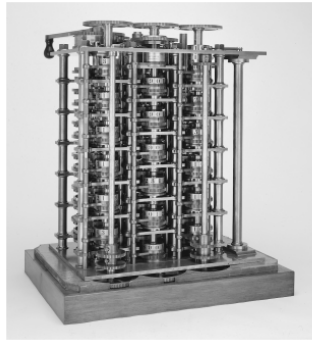
Introducció

- Miniaturització progressiva



Introducció

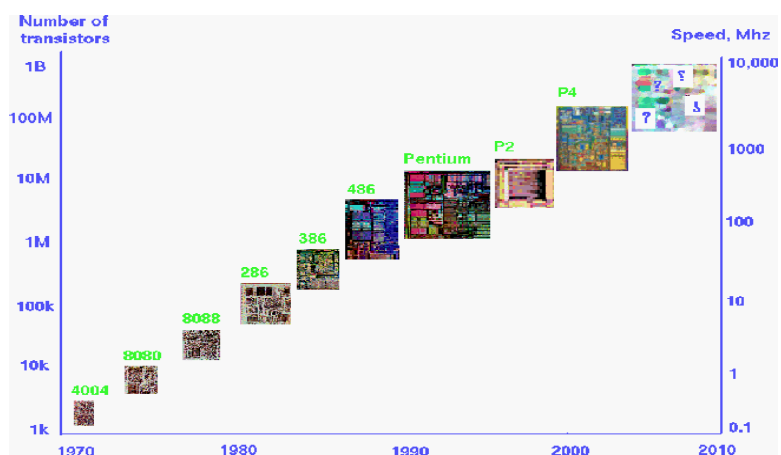
- La fabricació de Computadors va ser un dels primers motors de la indústria electrònica



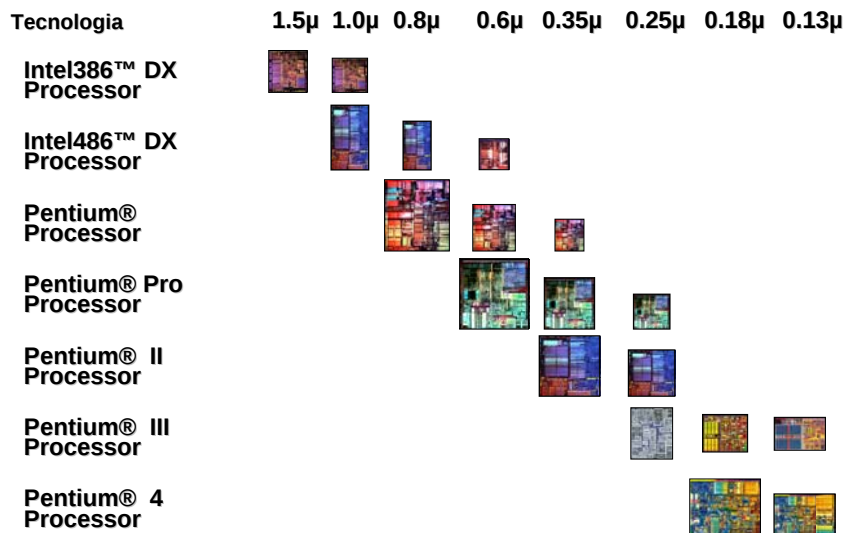
- Computador Mecànic (1832) vs. ENIAC (1946)

Introducció

- Evolució Tecnològica : Nombre transistors

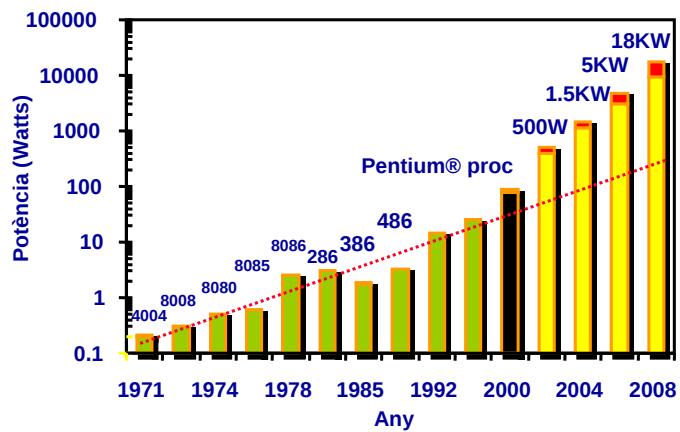


Introducció



Introducció

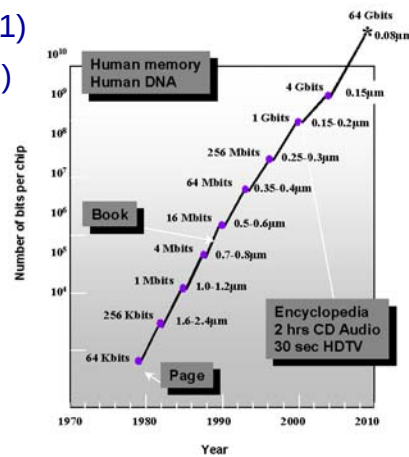
- Evolució tecnològica: Consum dels circuits



Introducció

Evolució en el mercat de memòries de semiconductor

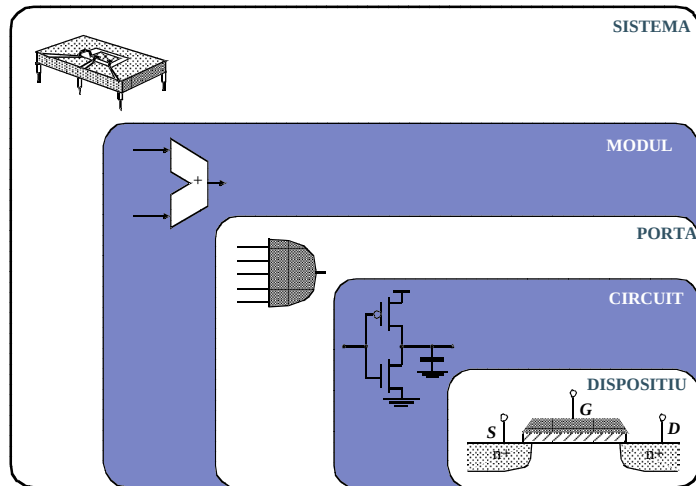
- ROM (1967)
 - ROM programables (EPROM) i FLASH
- RAM tecnologia bipolar 1K (1971)
- Tecnologia MOSFET 16K (1973)
- 64K (1978)
- 256K (1982)
- 1M (1986)
- 1G (2000)



Introducció

- Les mides es redueixen un factor 0.7 en cada generació
- En cada generació es multipliquen x2 les funcions que incorpora un circuit
- El Cost per funció es redueix
- Però ...
 - Com es dissenyen aquests circuits amb més funcions ?
 - El nombre d'enginyers de disseny no es dobla cada 2 anys...
- Els mètodes de disseny han de ser més eficients...
 - Cal explotar diferents nivells d'abstracció

Nivells d'abstracció

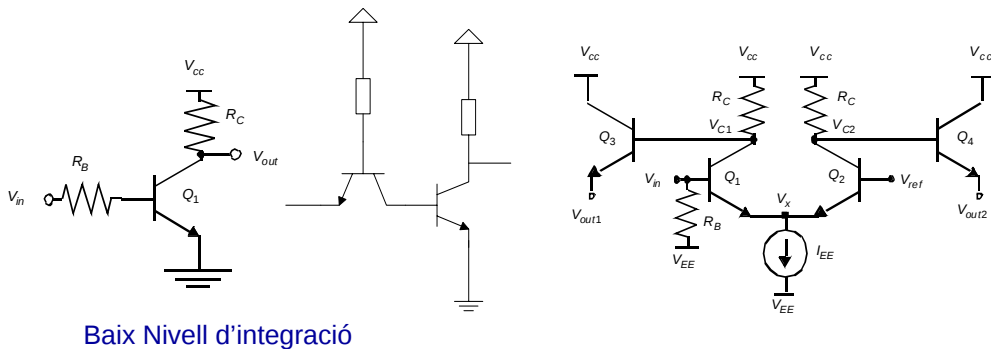


Factors de Mèrit

- Com s'evaluen les prestacions d'un circuit digital (d'una porta, bloc, ...)?
 - Cost
 - Velocitat (retard, freqüència d'operació)
 - Dissipació de potència
 - Energia necessària per realitzar una funció
 - Fiabilitat
 - Escalabilitat

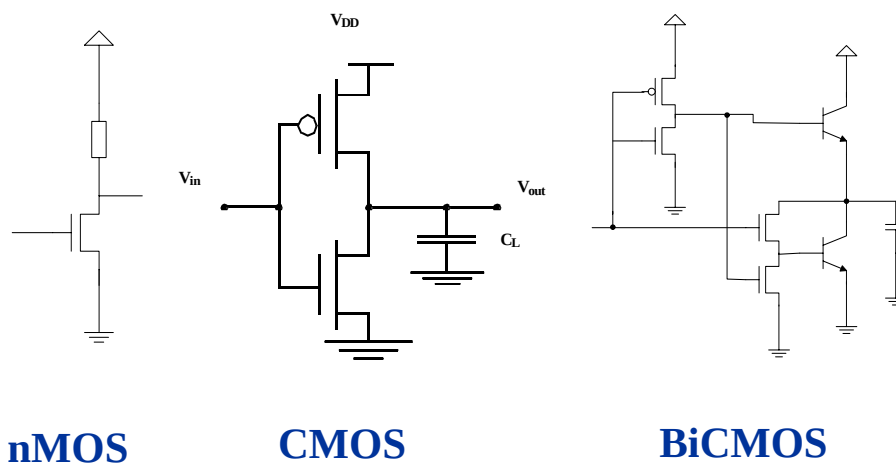
Portes lògiques

- Esquema del circuit : Famílies Bipolars
 - RTL, TTL, ECL
 - Les primeres en apareixer (anys 60)



Portes lògiques

- Basades en transistors MOSFET



Conceptes preliminars

0 lògic : correspon al valor més baix de polarització

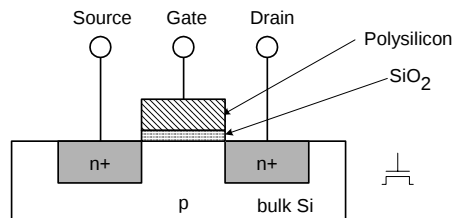
1 lògic : correspon al valor més alt de polarització

- $GND = 0\text{ V}$
- Dècada dels 1980's, $V_{DD} = 5\text{V}$
- V_{DD} ha disminuït en els processos moderns
 - V_{DD} massa elevat pot fer malbé als transistors
 - V_{DD} baix estalvia consum
- $V_{DD} = 3.3, 2.5, 1.8, 1.5, 1.2, 1.0, \dots$

0.35 0.25 0.18 0.13 0.10

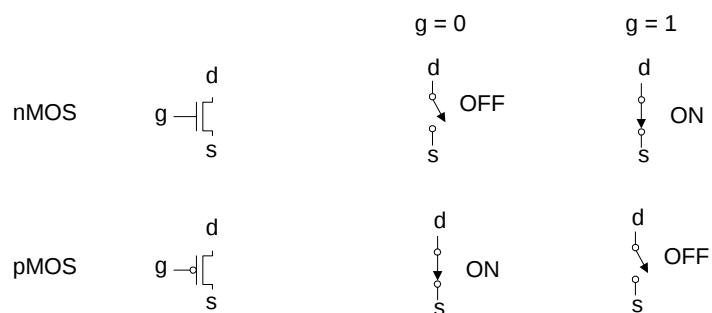
Transistor nMOS

- 4 terminals: Porta (*gate*), Font (*source*), Drenador (*drain*), substrat (*body*)
- L'estructura Porta – òxid – substrat actua com a capacitat
 - porta i substrat són conductors
 - SiO_2 (òxid) és un bon aïllant
 - metal – oxide – semiconductor (MOS)



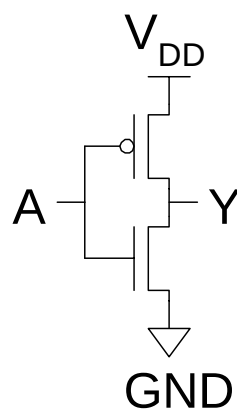
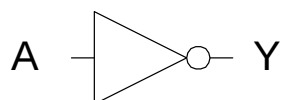
Portes CMOS

- Els transistors MOS actuen com a interruptors controlats per voltatge
- El Voltage a la porta controla el corrent entre font i drenador



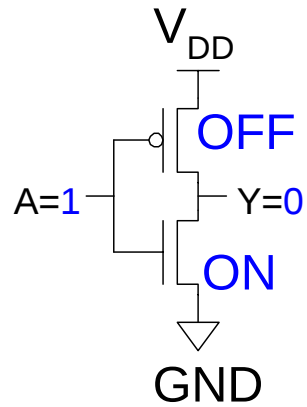
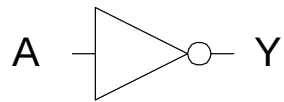
Inversor CMOS

A	Y
0	
1	



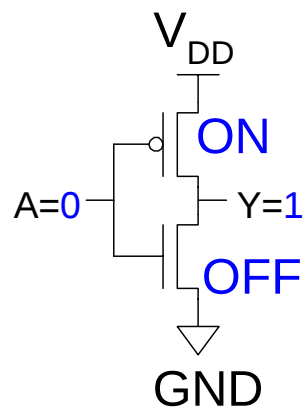
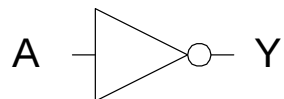
Inversor CMOS

A	Y
0	
1	0

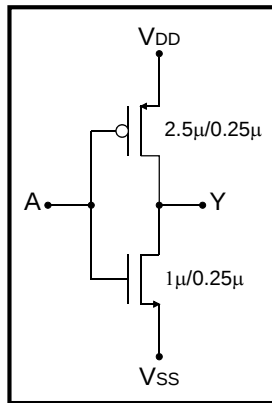
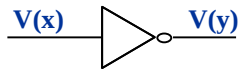


Inversor CMOS

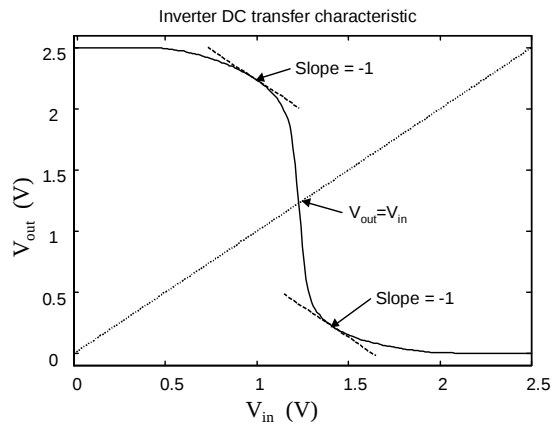
A	Y
0	1
1	0



Inversor CMOS



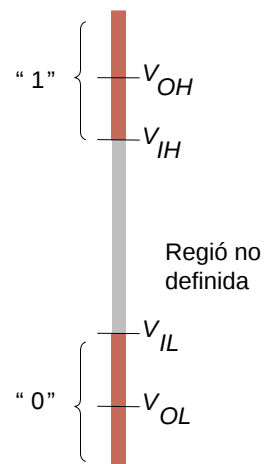
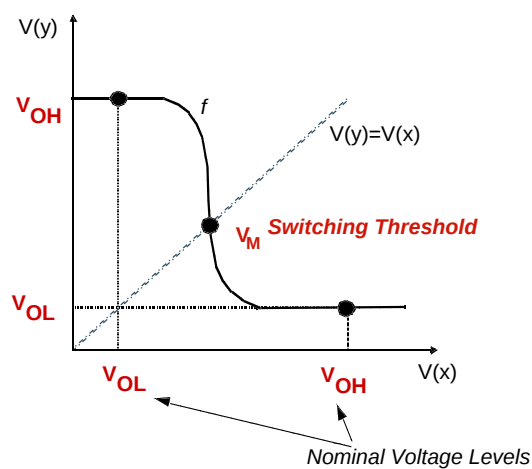
Esquema
(nivell de transistor)



Corba de transferència de Voltatge

Inversor CMOS

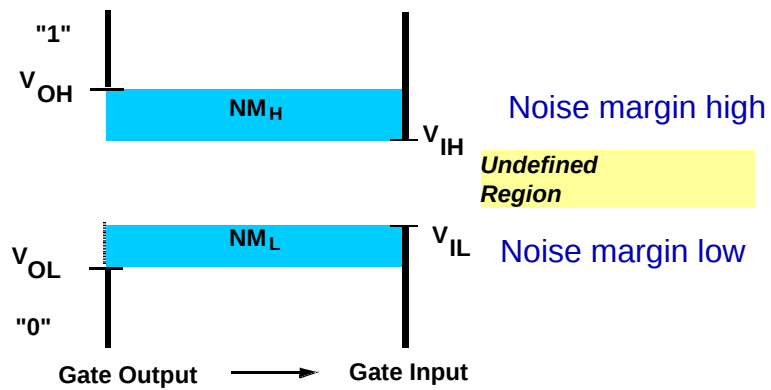
- Característiques generals DC
 - Corba de transferència de voltatge



Inversor CMOS

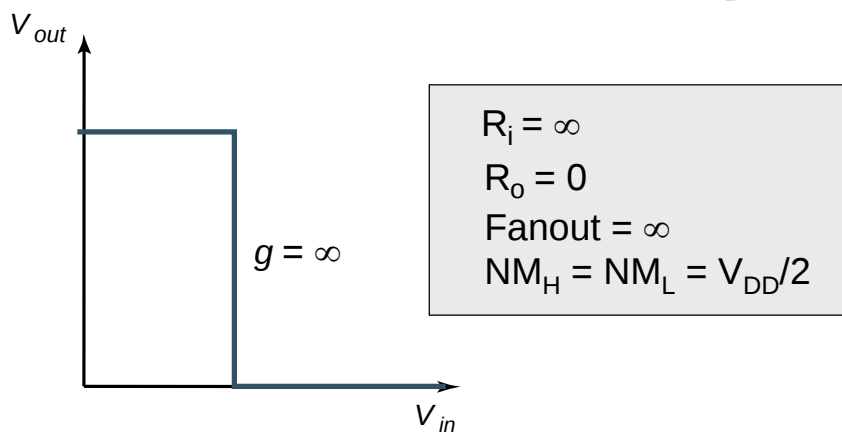
- Marge de soroll

Mesura la capacitat
D'eliminar l'efecte de
Fonts de soroll



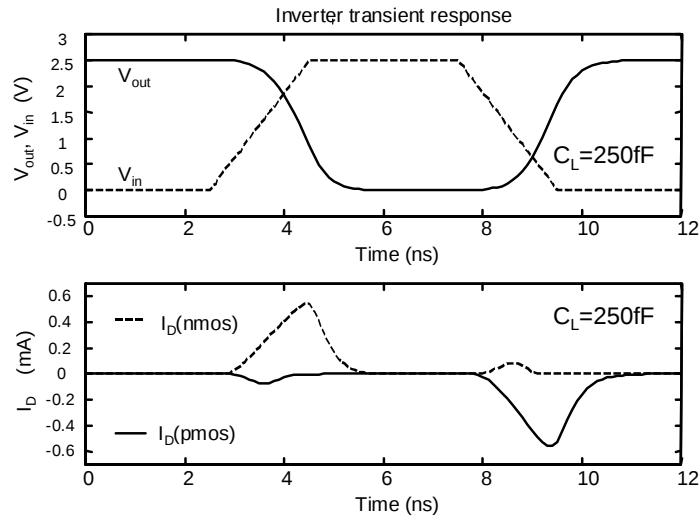
Inversor CMOS

Característiques Ideals



Inversor CMOS

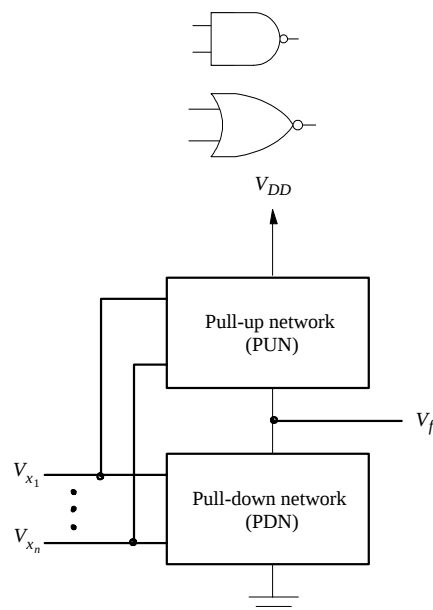
- Característiques dinàmiques



Portes CMOS

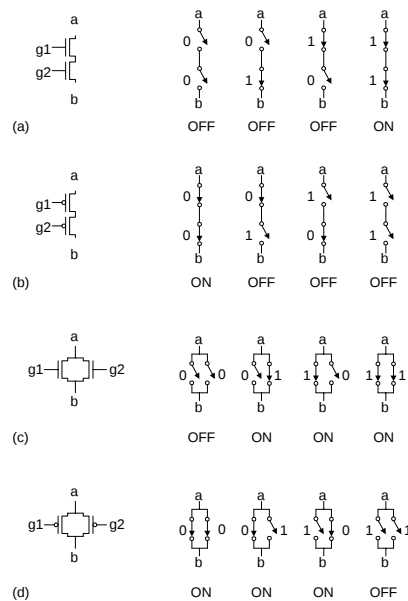
- Portes Complexes CMOS

- Xarxa Nmos
 - productes = transistors en sèrie
 - sumes = transistors en paral·lel
- Xarxa Pmos
 - Complementària a la xarxa Nmos
- Inversor de sortida
 - Per implementar funcions lògiques no negades



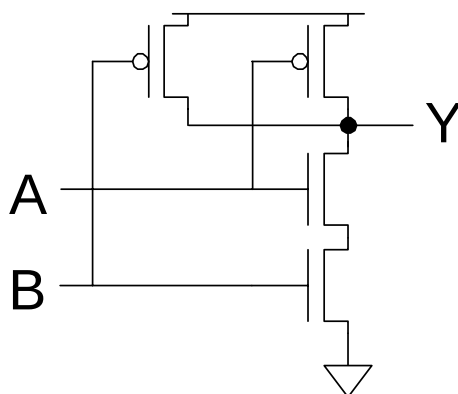
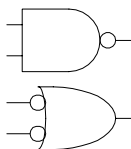
Portes CMOS

- nMOS: 1 = ON
- pMOS: 0 = ON
- *Series*: tots en ON
- *Parallel*: almenys un en ON



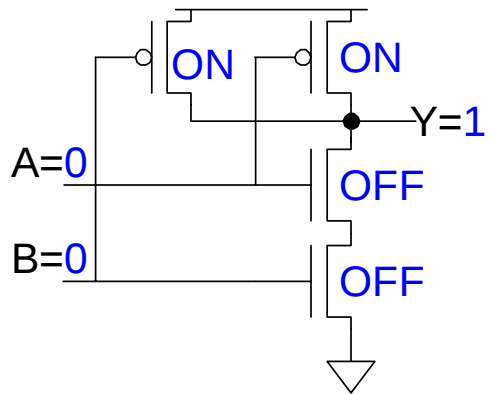
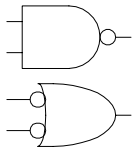
Porta NAND

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



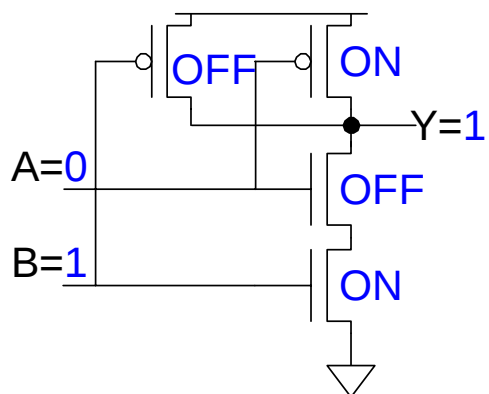
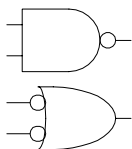
Porta NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	
1	0	
1	1	



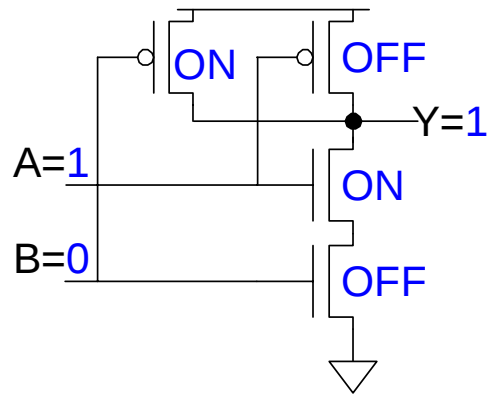
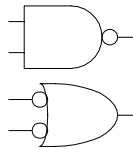
Porta NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	
1	1	



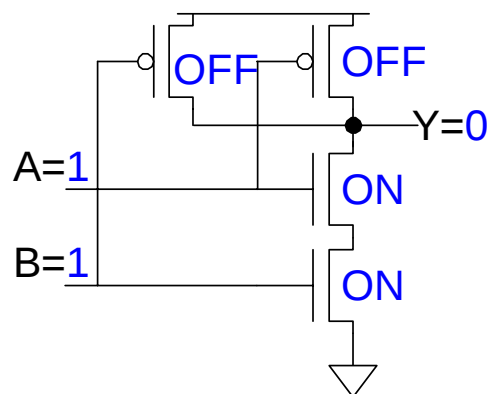
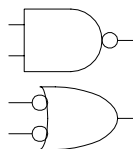
Porta NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	



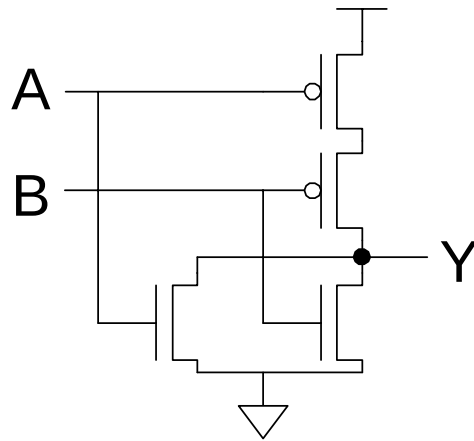
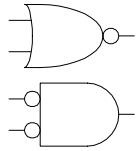
Porta NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



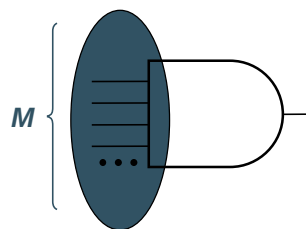
Porta NOR

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

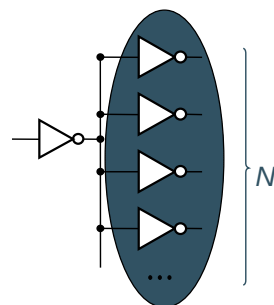


Portes lògiques

- Fanout i Fanin



Fan-in M



Fan-out N

Portes lògiques

- FAN-IN : Número d'entrades
- Exemples per la funció AND

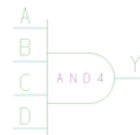
- $n = 2$: $Y = A \cdot B$



- $n = 3$: $Y = A \cdot B \cdot C$

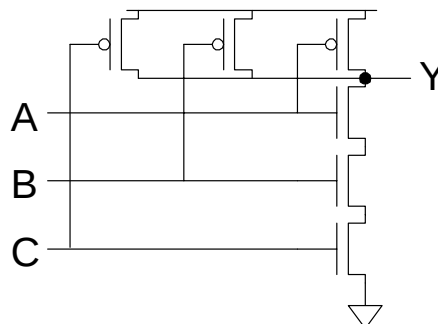


- $n = 4$: $Y = A \cdot B \cdot C \cdot D$



Porta NAND de 3 entrades

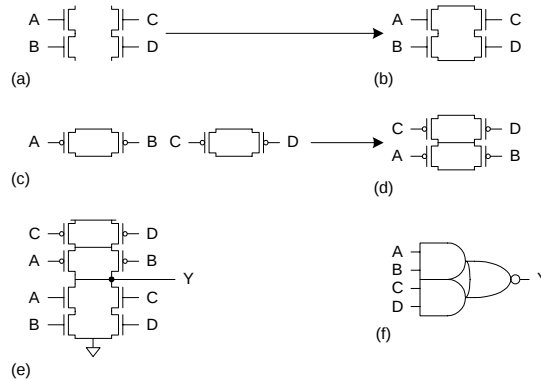
- Y val 0 si TOTES les entrades estan a 1
- Y val 1 si alguna entrada està a 0



Portes Compostes

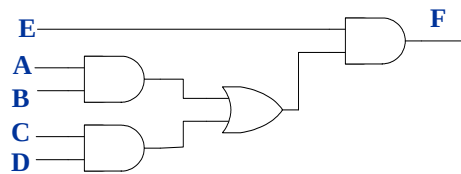
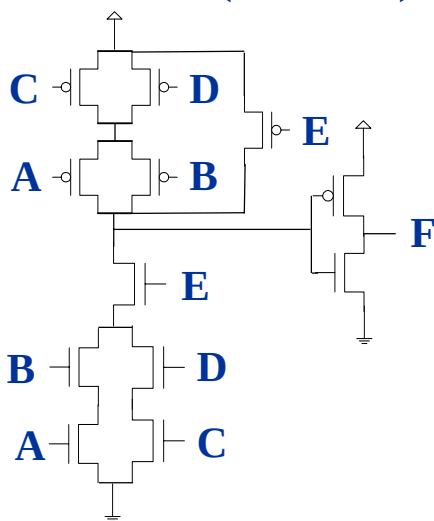
- Una porta composta pot implementar qualsevol funció negada

• Ex: $\overline{A \cdot B + C \cdot D}$



Portes compostes

$$F = (A \cdot B + C \cdot D) \cdot E$$



• Comparació

- 12 vs 24 transistors (50%)
 - Menys àrea, menys consum
- Camí amb menor nombre de transistors a commutar
 - Més ràpida