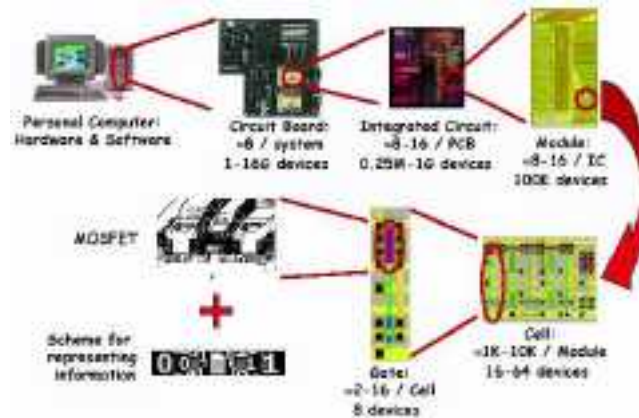


Introducción a los dispositivos semiconductores



*Grado en Ingeniería Informática
Curso 2016/17*

Un ordenador manipula y almacena información

La información viene representada de manera digital, en forma de voltajes

El formato digital es sencillo de implementar y evita ambigüedades y errores

- lógica CMOS 5V
- una señal por debajo de 1.5 V es identificada como 0
- una señal por encima de 3.5 V es identificada como 1

La manipulación de la información se realiza utilizando unas reglas que definen la lógica.

Todas las operaciones lógicas se van a realizar electrónicamente utilizando puertas lógicas

Puertas lógicas: de acuerdo a las entradas, se obtiene una salida digital predecible

puerta **AND**

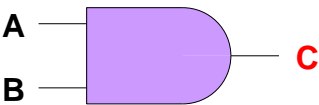
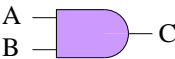


tabla de verdad

A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

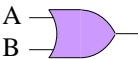
AND

AB	C
0 0	0
0 1	0
1 0	0
1 1	1



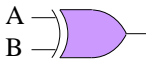
OR

AB	C
0 0	0
0 1	1
1 0	1
1 1	1



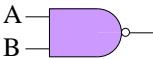
XOR

AB	C
0 0	0
0 1	1
1 0	1
1 1	0



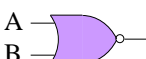
NAND

AB	C
0 0	1
0 1	1
1 0	1
1 1	0



NOR

AB	C
0 0	1
0 1	0
1 0	0
1 1	0



Un ejemplo: suma de números
en binario

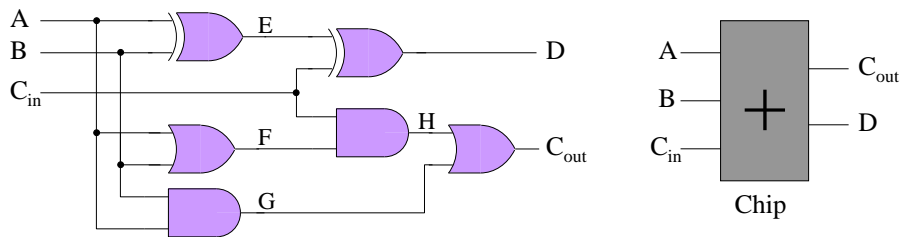
$$\begin{array}{r}
 00101110 = 46 \\
 + 01001101 = 77 \\
 \hline
 01111011 = 123
 \end{array}$$

Las reglas...

$0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1 + 0 = 1$; $1 + 1 = 10$ (2): (0, se acarrea 1);
 $1 + 1 + (1 \text{ acarreo}) = 11$ (3): (1, se acarrea 1)

Las reglas se implementan con puertas...

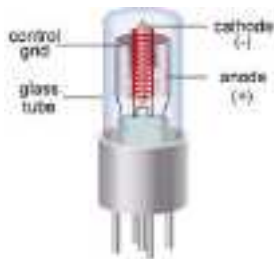
C_{in}	A	B		D	C_{out}
0	0	0		0	0
0	0	1		1	0
0	1	0		1	0
0	1	1		0	1
1	0	0		1	0
1	0	1		0	1
1	1	0		0	1
1	1	1		1	1



... y las puertas lógicas se construyen con *transistores*

Transistor (*TRANS*fer *reSISTOR*)
como amplificador
como interruptor (on/off)

Precedentes: las válvulas de vacío



ENIAC (1946)

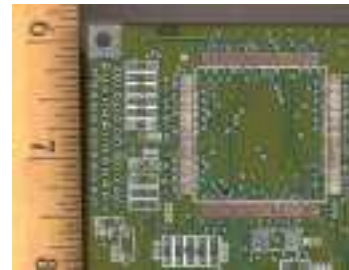
Ordenador totalmente digital
Desarrollada en la univ. Pennsylvania
Ocupaba 167 m² y pesaba 27 tons
19000 válvulas de vacío
1500 relés
70000 resistencias
10000 condensadores
6000 interruptores (manuales)
Desarrollada por la US Navy para
cálculos balísticos



AT&T Bell Labs, 1947

John Bardeen, William Shockley y
Walter Brattain inventan el transistor

Premio Nobel de Física en 1956



Texas Instruments, 1958

Jack Kilby inventa el CI monolítico
(microchip)

(flip-flop de Ge con interconexiones de Au)

CI: transistores, resistencias y
condensadores integrados

Premio Nobel de Física en 2000

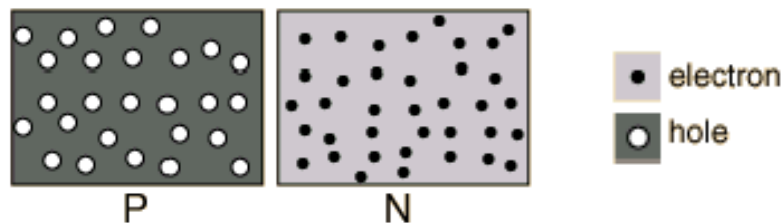


1961: TI y Fairchild fabrican el primer IC de Si (flip-flop dual con 4 transistores)

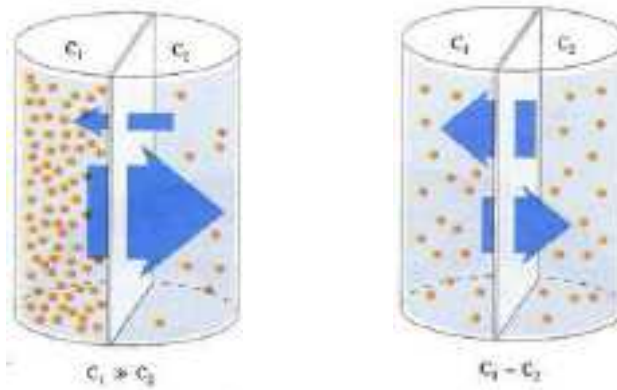


1968: Robert Noyce y Gordon Moore fundan *INTEgrated ELectionics*
1971: Intel fabrica el primer microprocesador, diseñado por Ted Hoff

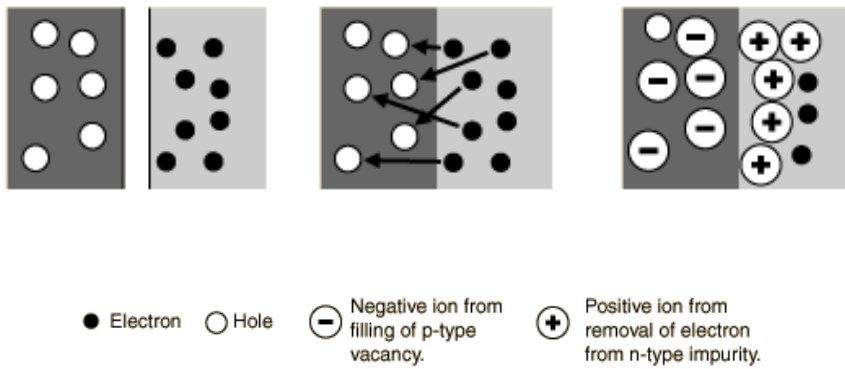
Unión PN



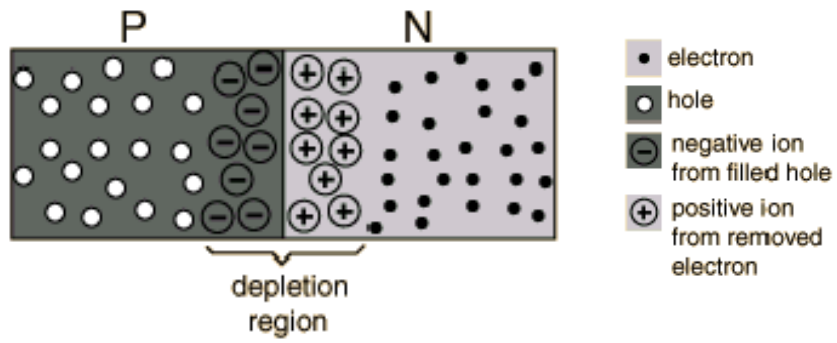
Equilibrio difusivo



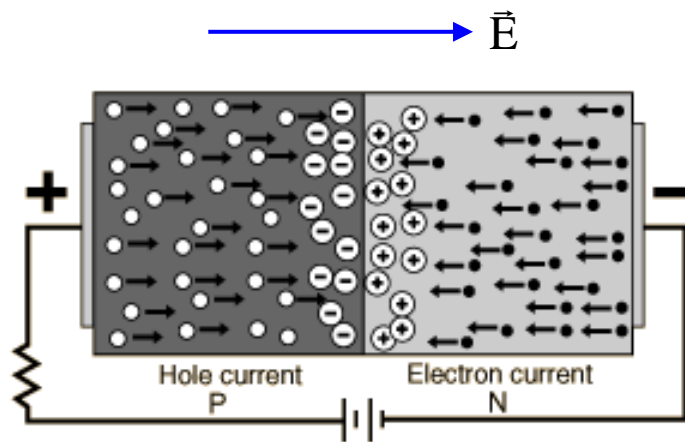
Unión PN



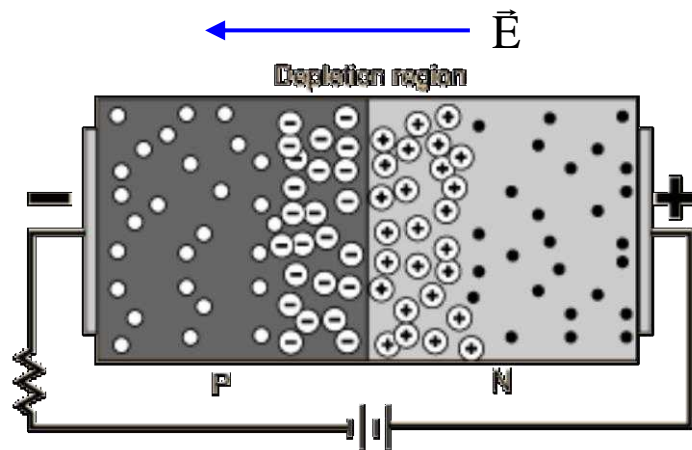
Unión PN



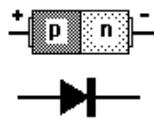
Unión PN: polarización directa



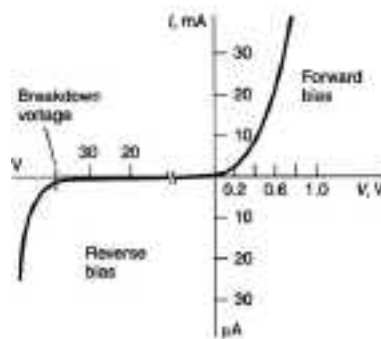
Unión PN: polarización inversa



Diodo semiconductor: curva característica



$$I = I_s (e^{\frac{qV}{kT}} - 1)$$

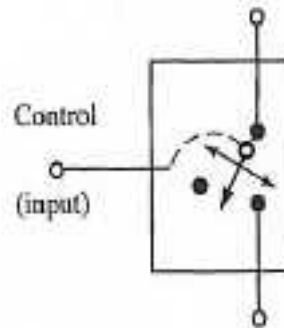


Transistores

Dispositivos con tres terminales.

La corriente o voltaje en uno de ellos (input) controla el flujo de corriente entre los dos otros dos

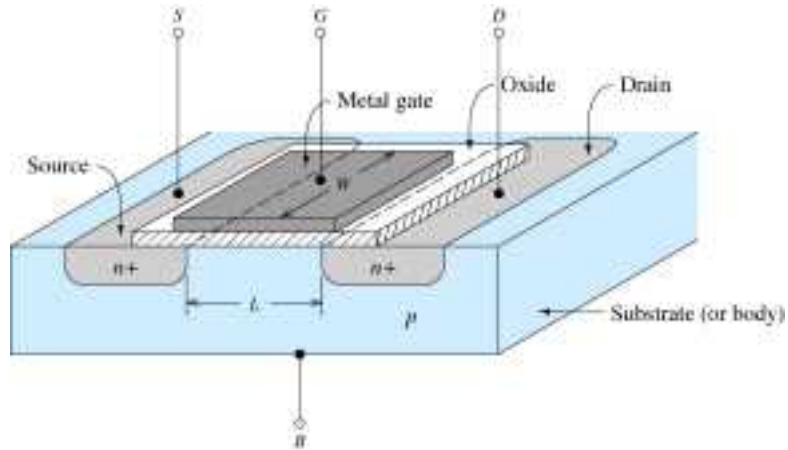
Funcionan como amplificadores y como **interruptores**



Transistor de efecto campo (*Field Effect Transistor – FET*)

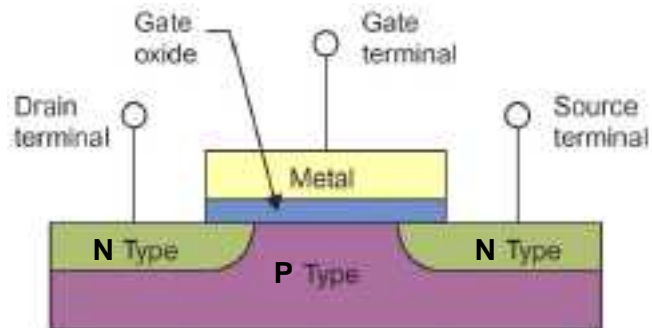
- Impedancia del circuito de entrada alta
- Tres terminales: fuente, drenaje y puerta
- Dispositivo controlado por voltaje (y no por corriente)
corriente determinada por un proceso de deriva asociado al campo eléctrico controlado por el voltaje aplicado a la puerta
- Flujo de portadores de un solo tipo
- Dos tipos
 - JFET (transistor de efecto campo de unión)
 - MOSFET** (transistor de efecto campo metal-óxido-semiconductor)

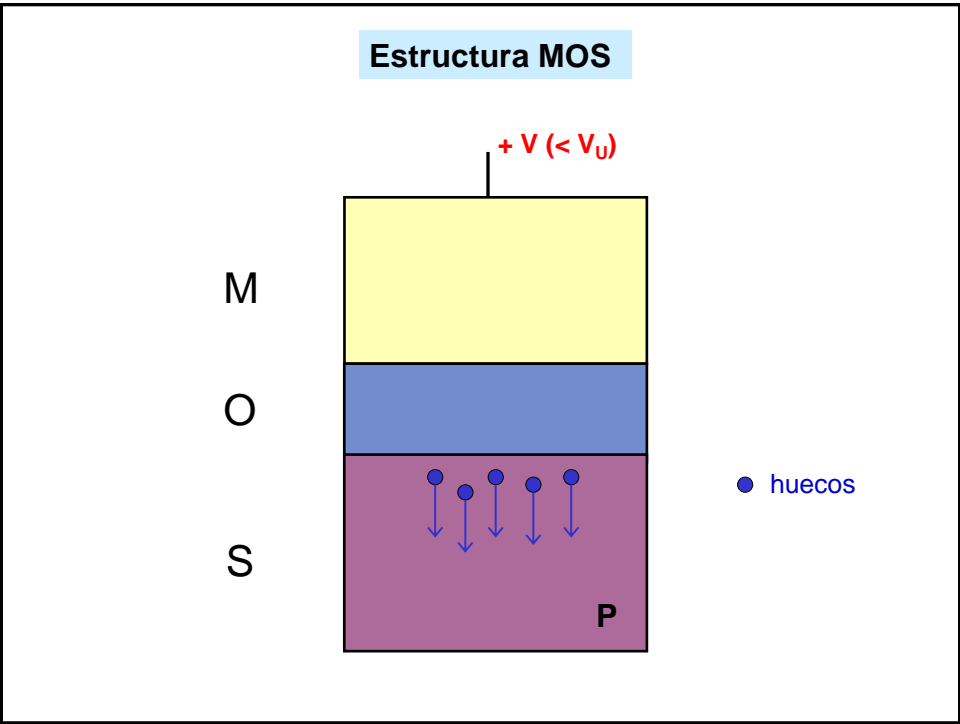
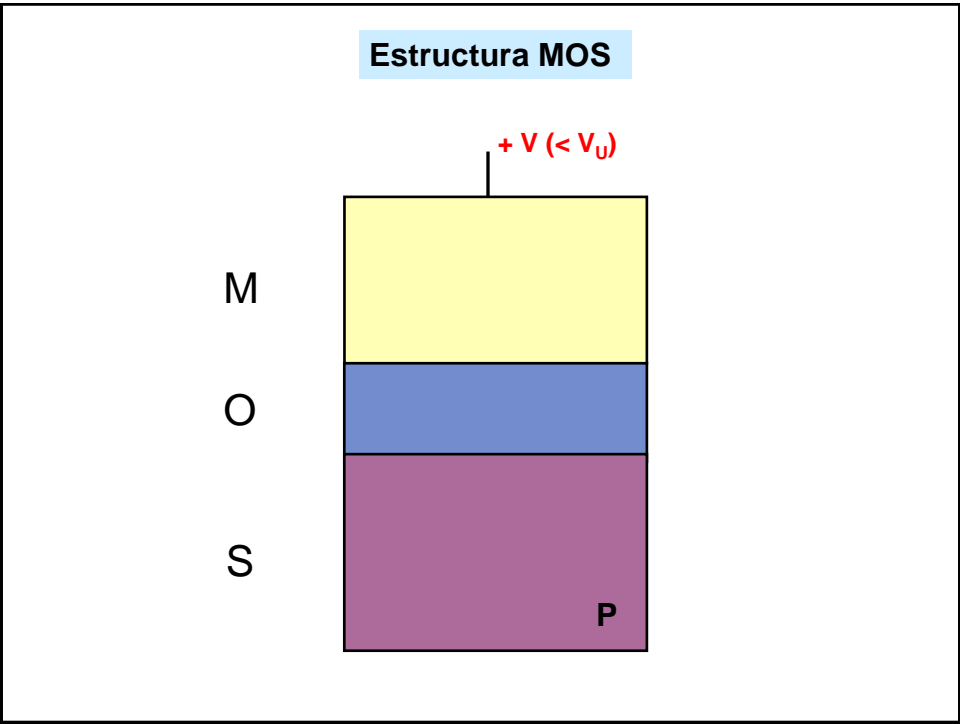
Transistor MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)

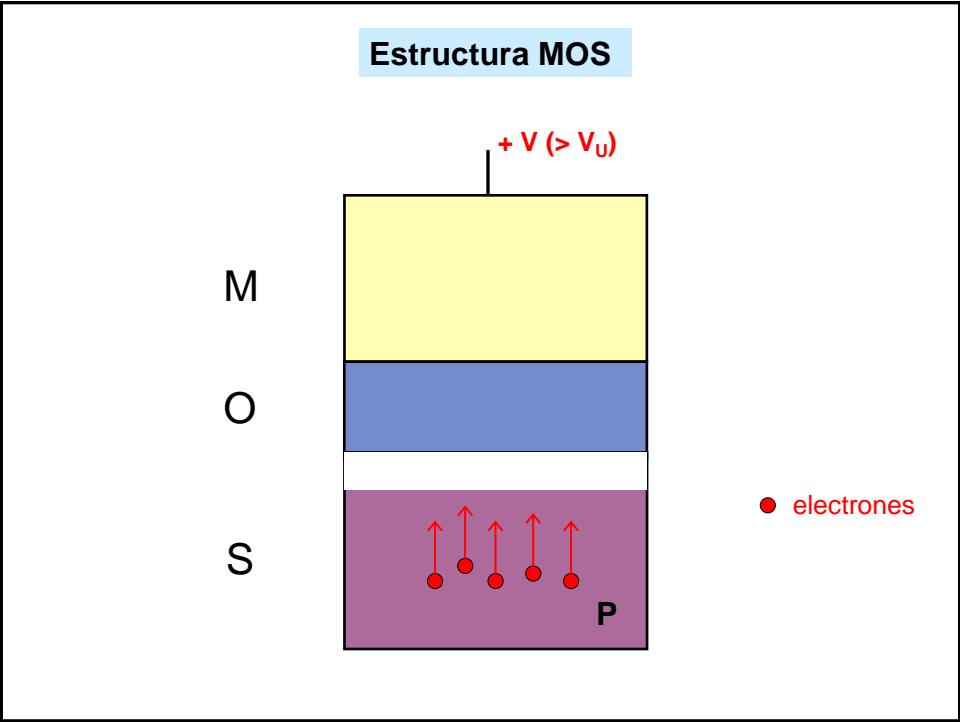
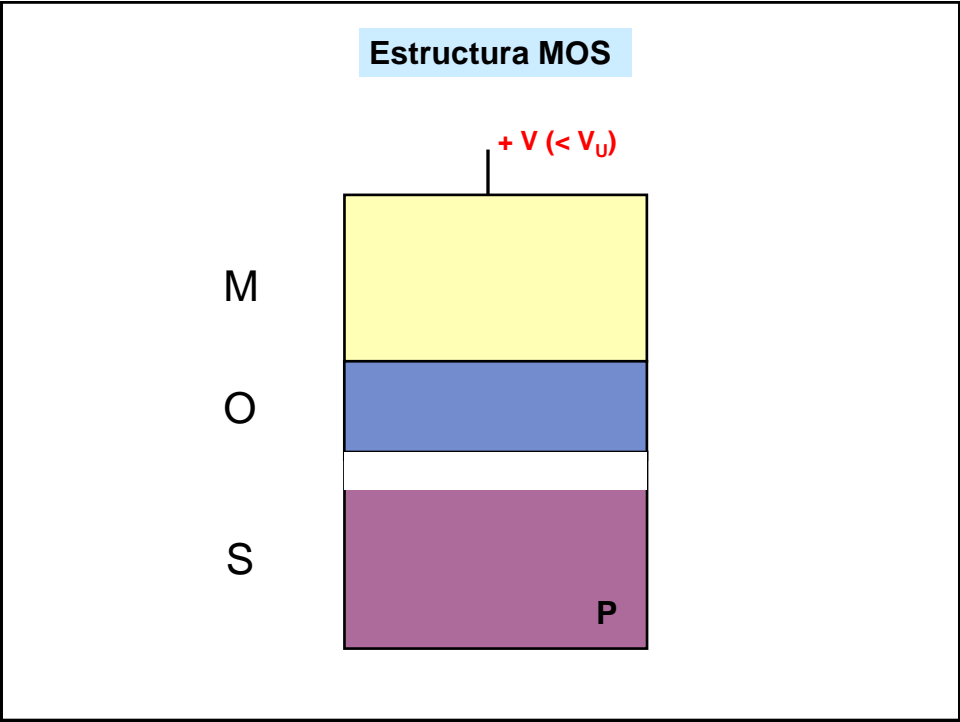


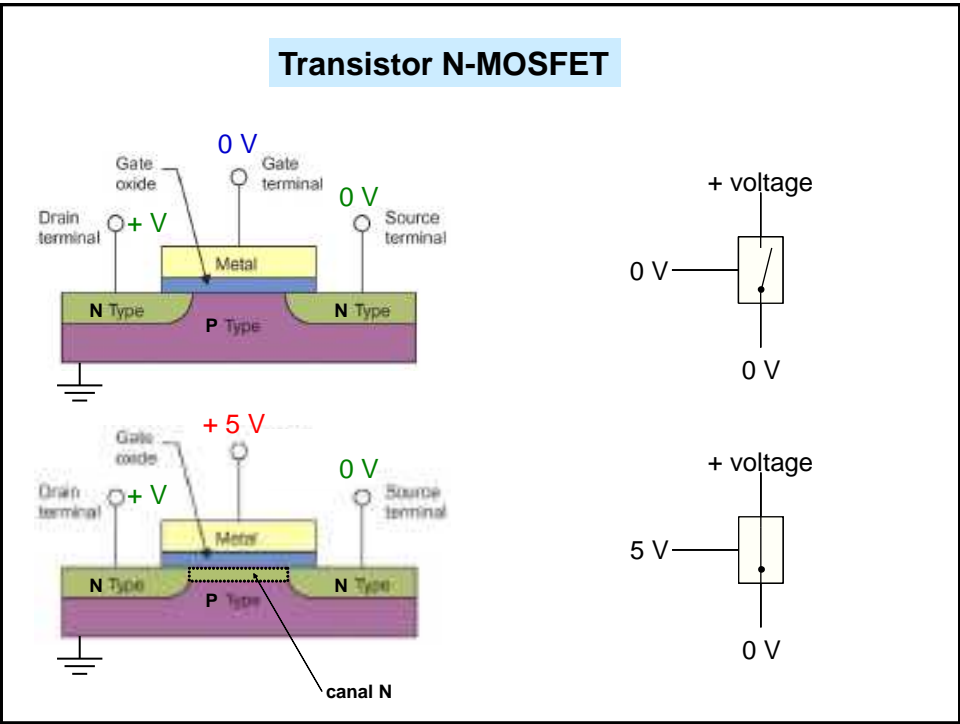
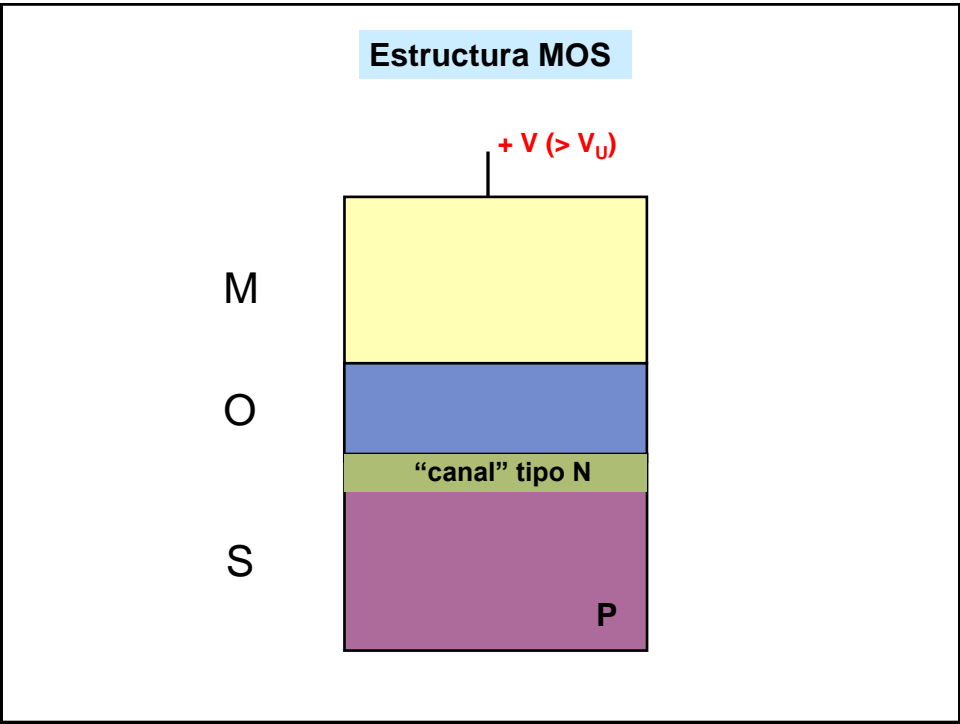
Martín Atalla y Dawon Kahng desarrollaron el primer MOSFET en los laboratorios Bell en 1960

Transistor MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)

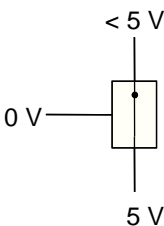
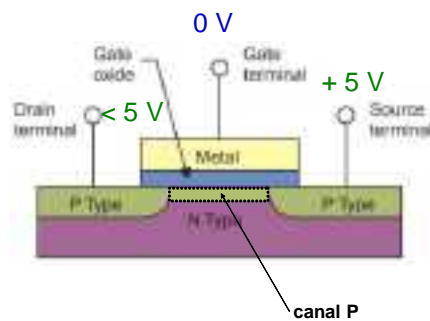
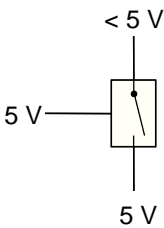
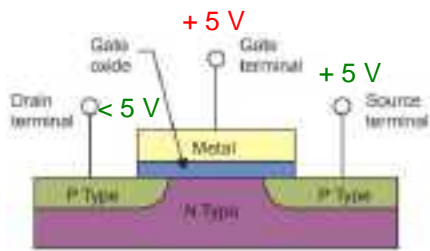




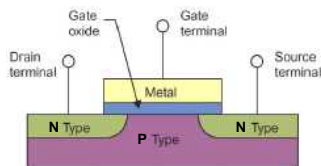




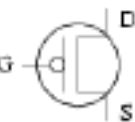
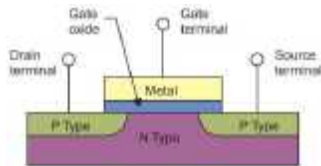
Transistor P-MOSFET



Transistores MOSFET: símbolos

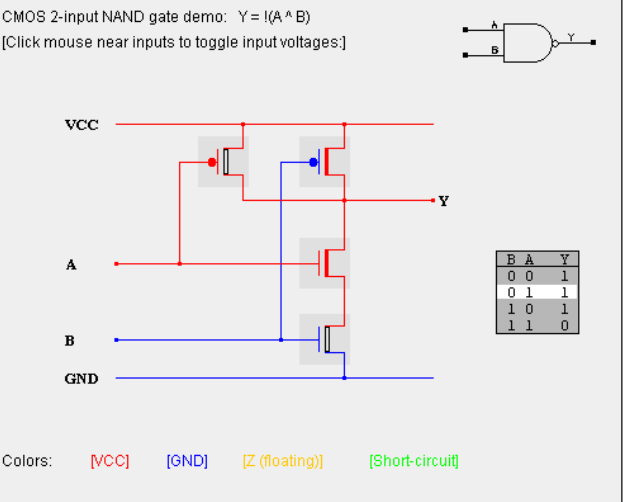


N-MOSFET

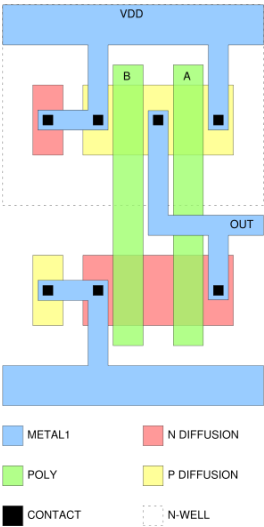


P-MOSFET

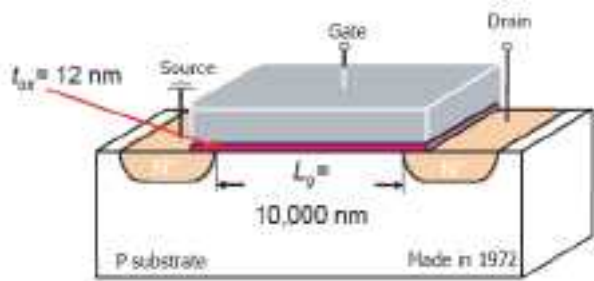
Lógica CMOS
(Complementary MOS)



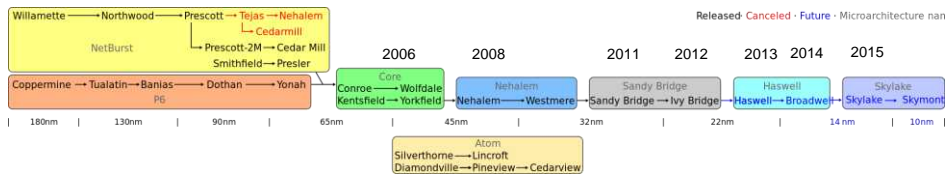
Lógica CMOS
(Complementary MOS)



Tecnología CMOS



Tecnología CMOS (Intel)



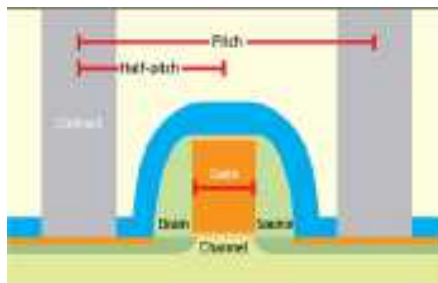
Año Tick: misma arquitectura;
se miniaturizan los transistores

Año Tock: nueva arquitectura

Tecnología CMOS (Intel)



Hitos importantes

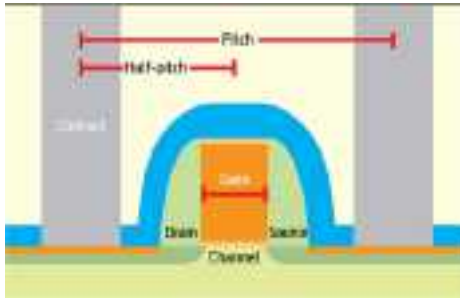


65 nm

- 35 nm gate length
- 220 nm gate pitch
- 1.2 nm gate oxide

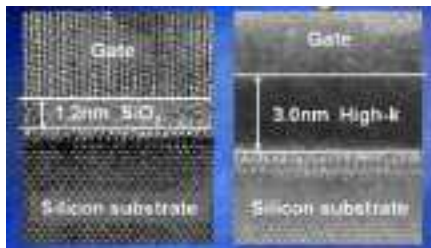


Tecnología CMOS



65 nm

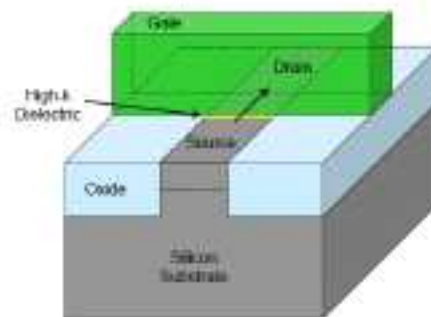
- 35 nm gate length
- 220 nm gate pitch
- 1.2 nm gate oxide



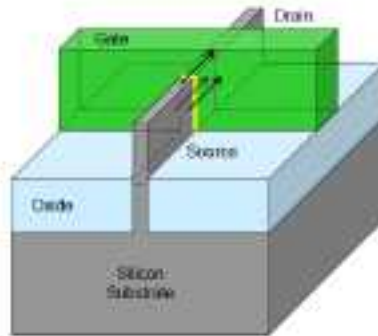
45 nm

- 35 nm gate length
- 160 nm gate pitch
- 0.7 nm (eO₂) high-k oxide

Evolución de la tecnología planar...

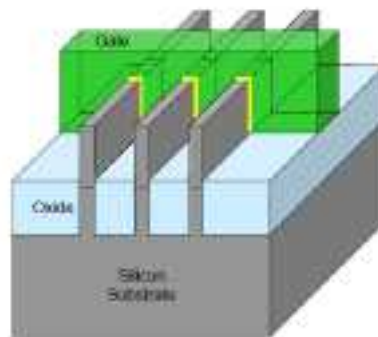


...a los diseños 3D



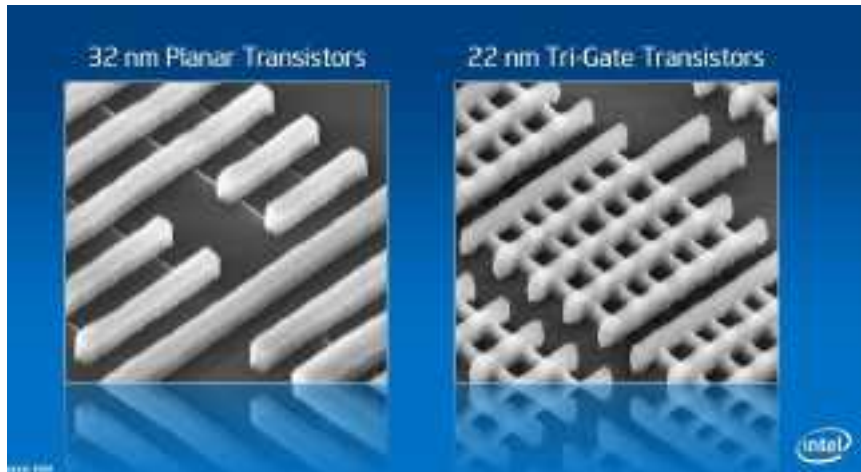
22 nm Tri-gate transistors

22 nm Tri-gate transistors



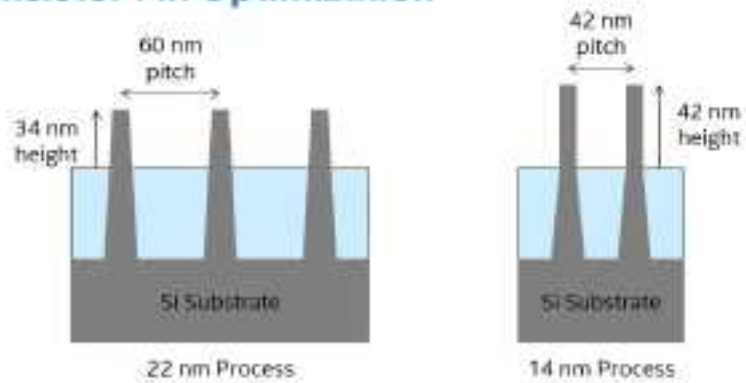
Multiple sources/drains

Tri-gate transistors (Ivy Bridge)



Tecnología actual: 14 nm Tri-gate transistors (2ª gen.)

Transistor Fin Optimization



Tecnología CMOS

