

Introduction à l'architecture des ordinateurs

Cours 1

Histoire des ordinateurs

Technologies de réalisation

version du 22 septembre 2021

Plan du cours

Histoire des ordinateurs

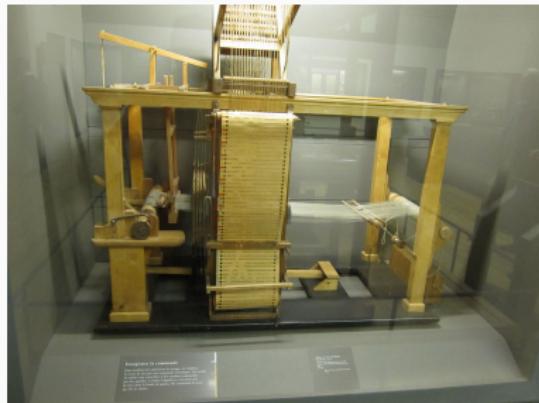
Technologie de réalisation

Machine à calculer, Blaise Pascal (1642)



© CNAM, Paris

Les métiers à tisser programmables (1725 et plus)



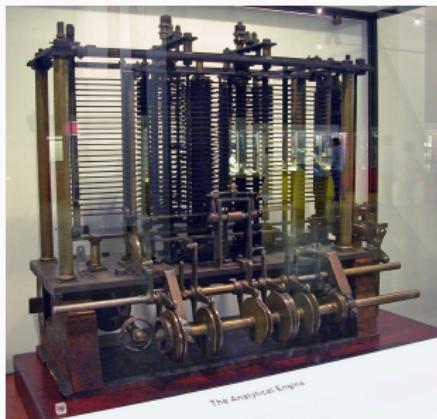
Basile Bouchon (1725)



Joseph Marie Jacquard (1801)

La première machine à calculer programmable (183X)

La **machine analytique** imaginée par Charles Babbage : mécanique, à vapeur, jamais achevée

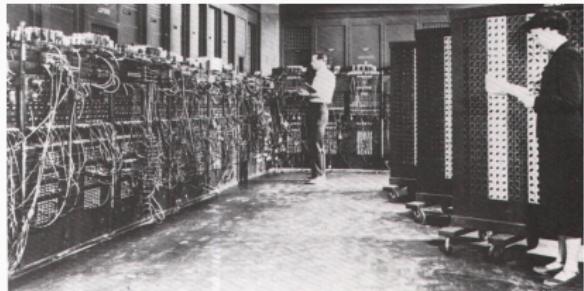


Prototype inachevé (1871)



Ada Lovelace, programmeuse

Le premier ordinateur électronique : ENIAC (1946)



L'ENIAC c'est :

- 167 m²
- 100 000 additions/s
- Mémoire : 20 décimaux signés à 10 chiffres

Ordinateur?

Machine programmable universelle (**Turing-complet**) et complètement électronique

Électronique ?

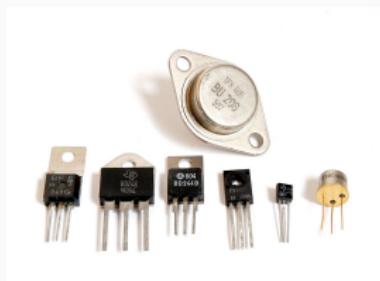
L'information est manipulée via des « interrupteurs » pilotables en tension

→ ici ce sont des tubes à vide

Miniaturisation



Lampes (~ 1910)
ou tubes à vide,
tubes électroniques



Transistors (1947)
J. Bardeen, W.
Shockley, W. Brattain
(Nobel de physique
1956)



Circuits intégrés (1958)
J. Kilby (Nobel de
physique 2000)

Le premier ordinateur de bureau : Programma 101, Olivetti (1965), 3 200\$.



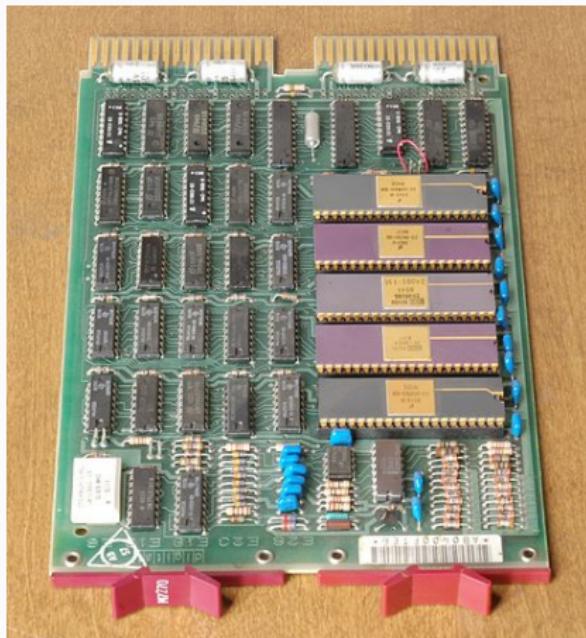
Un mini-ordinateur qui a marqué son époque : le DEC PDP 11

Processeur 16 bits. Machine sur laquelle Unix a été conçu à la fin des années 60.



Carte processeur du PDP 11/03 (1975)

Premier PDP 11 fabriqué en Large Scale Integration (LSI), 10 000 transistors/puce. 4 MiB de mémoire adressable, processeur à 3.6 MHz.



L'Apple II (1977)

4 KiB de mémoire, processeur MOS Technology 6502 à 1 MHz, 1298\$.



L'IBM PC (1981)

16 KiB de mémoire, processeur Intel 8088 à 4.77 MHz, DOS, 1565\$.



Apple Macintosh (1984)

128 KiB de mémoire, processeur Motorola 68000 à 7.83 MHz, MacOS, 2 495\$.



SPARCstation I (1989)

1 MiB à 4 MiB de mémoire, processeur SPARC à 20 MHz. Écran 19"
1152×900, 256 couleurs. Système UNIX. 9 000\$ à 20 000\$



Plan du cours

Histoire des ordinateurs

Technologie de réalisation

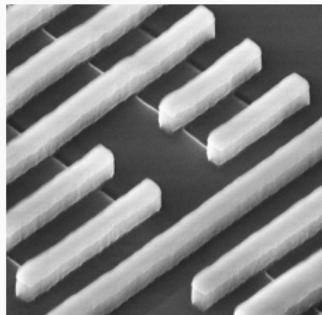
Technologie CMOS

CMOS (Complementary Metal-Oxyde-Semiconductor)

Procédé de fabrication des transistors à effet de champ (*MOSFET* pour Metal-Oxyde-Semiconductor Field Effect Transistor) née à la fin des années 60.

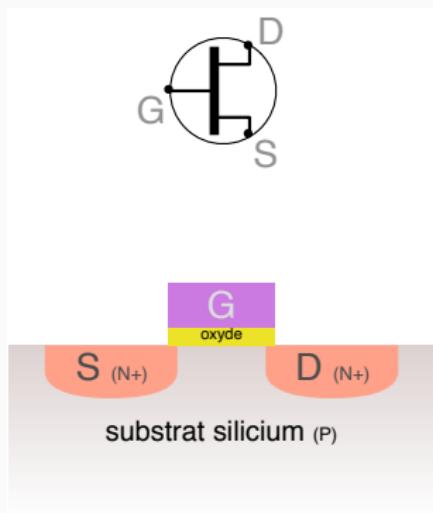
C'est une technologie planaire (les transistors sont implantés à la surface du silicium).

C'est toujours la technologie la plus utilisée aujourd'hui, que ce soit pour concevoir des processeurs ou d'autres types de composants électroniques

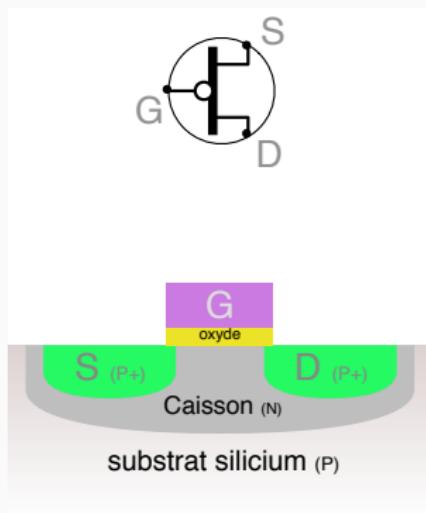


Transistors MOS

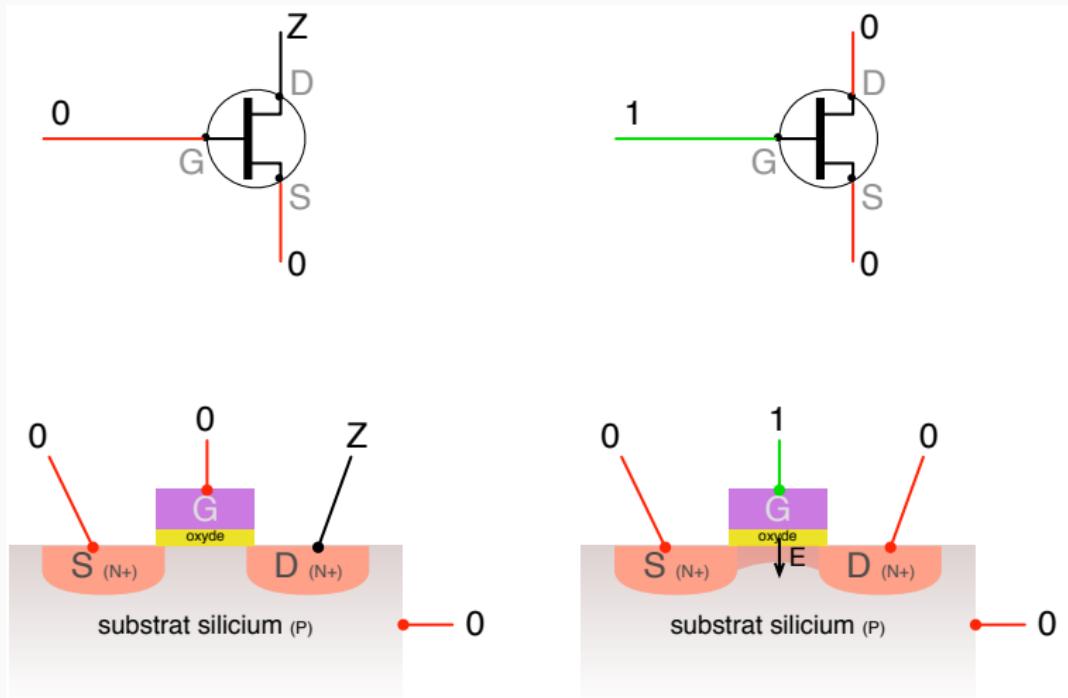
Transistor NMOS



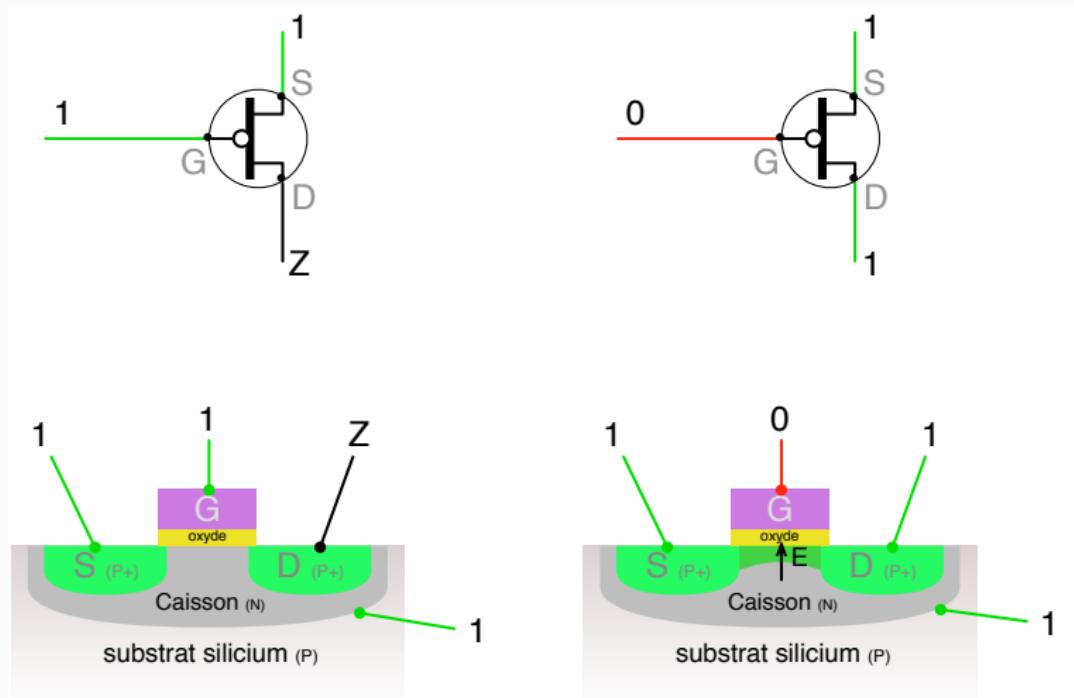
Transistor PMOS



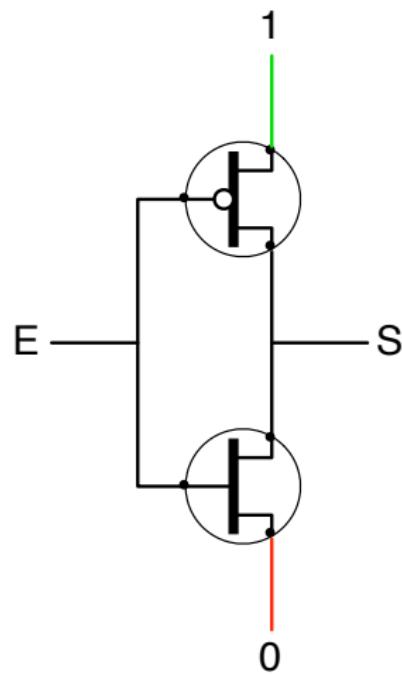
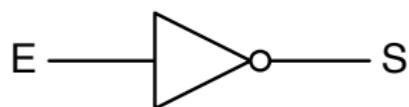
Fonctionnement du transistors NMOS



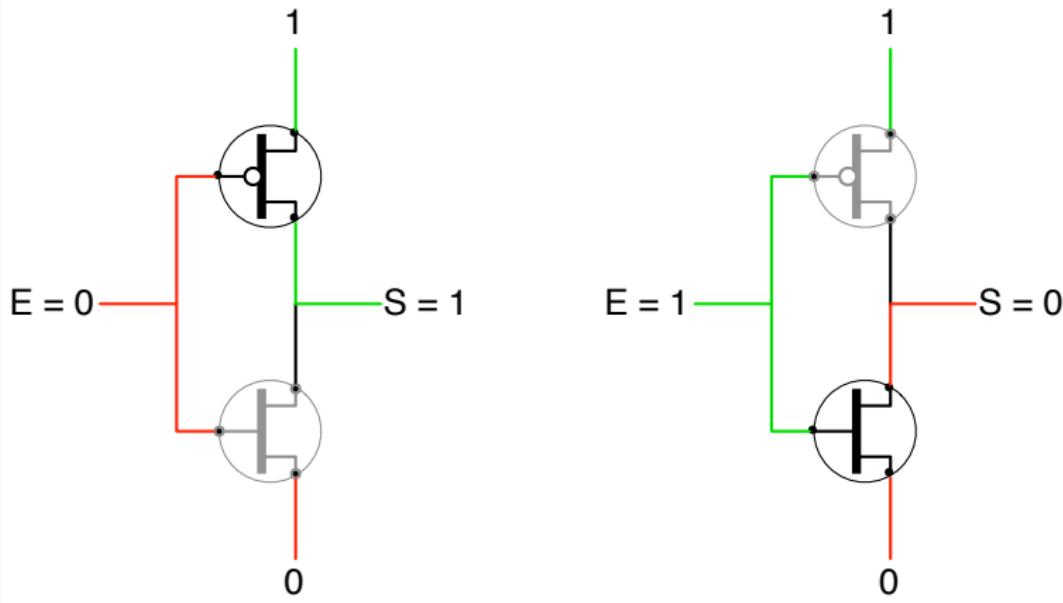
Fonctionnement du transistors PMOS



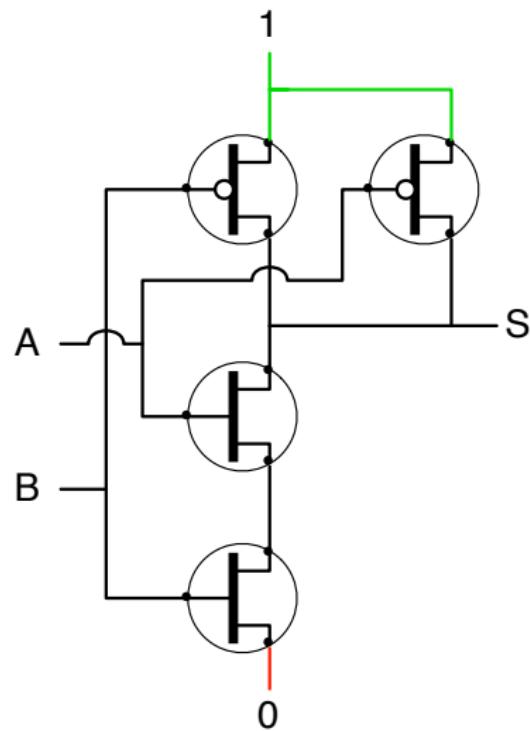
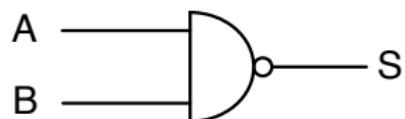
Inverseur CMOS (1)



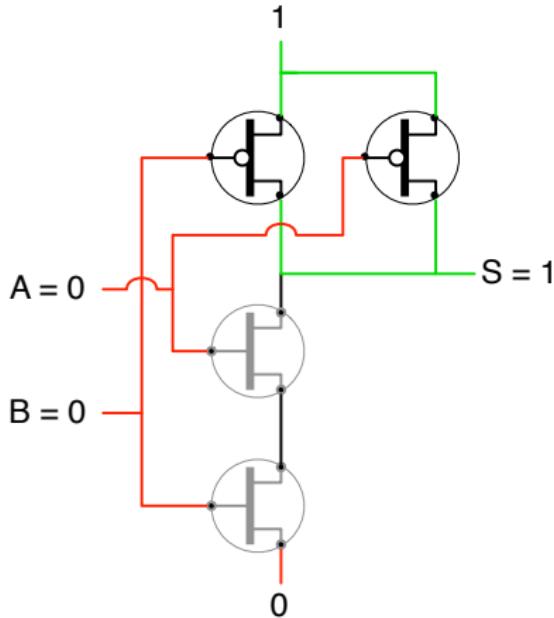
Inverseur CMOS (2)



Porte NAND 2 entrées (1)

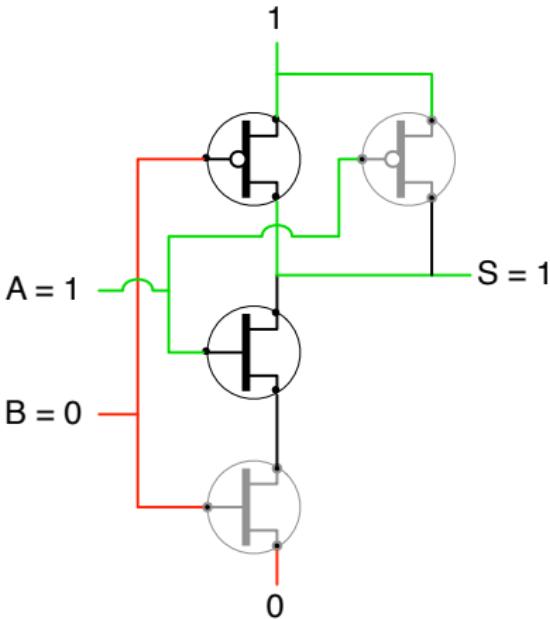


Porte NAND 2 entrées (2)



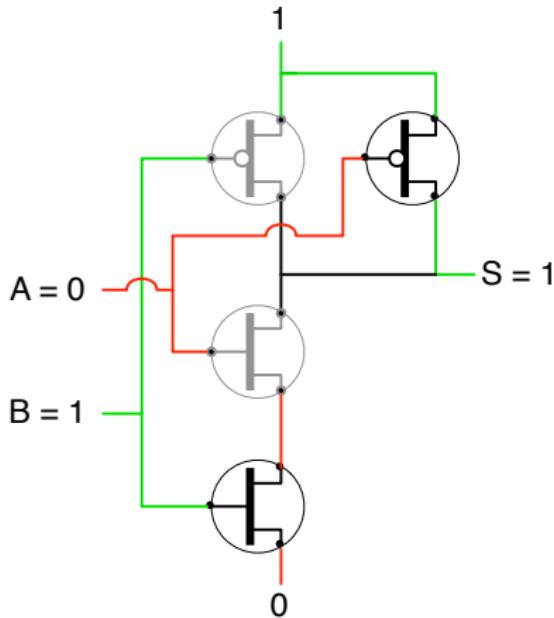
B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



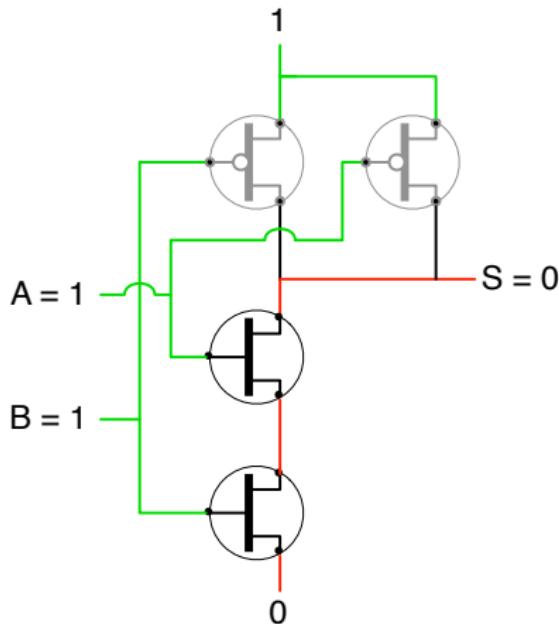
B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porte NAND 2 entrées (2)



B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Implantation de fonctions arithmétiques et logiques

À partir de la porte NAND que nous venons de voir, il est possible :

- d'implanter les autres fonctions logiques (NOT, AND, OR, ...)
- d'implanter les fonctions arithmétiques usuelles (addition, soustraction, multiplication, ...)
- d'implanter les autres éléments constitutifs de la partie calculatoire d'un ordinateur (multiplexeur, codeur, ...)

Cf. TD n°1

Et la mémoire ?

Implantation de fonctions arithmétiques et logiques

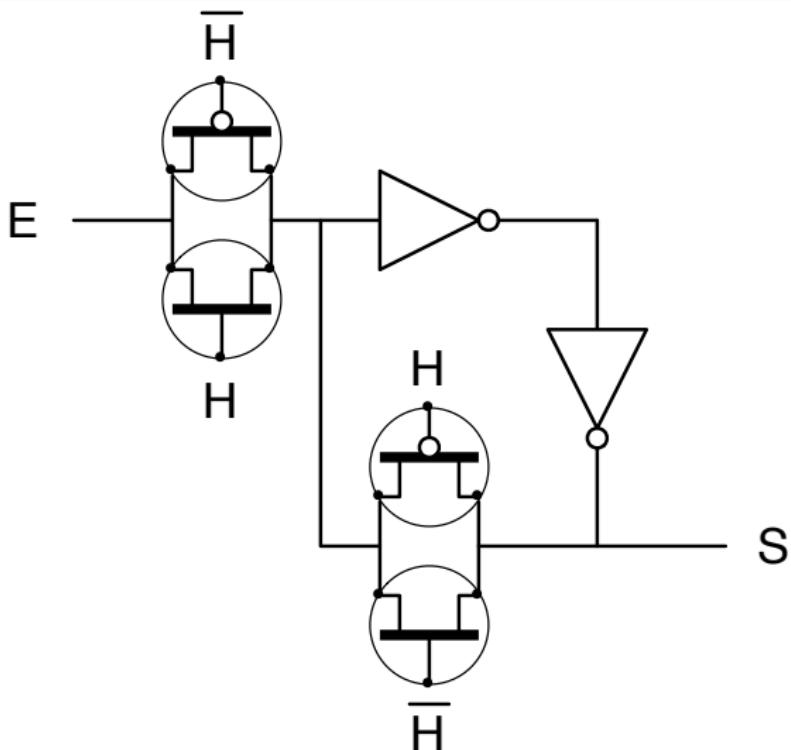
À partir de la porte NAND que nous venons de voir, il est possible :

- d'implanter les autres fonctions logiques (NOT, AND, OR, ...)
- d'implanter les fonctions arithmétiques usuelles (addition, soustraction, multiplication, ...)
- d'implanter les autres éléments constitutifs de la partie calculatoire d'un ordinateur (multiplexeur, codeur, ...)

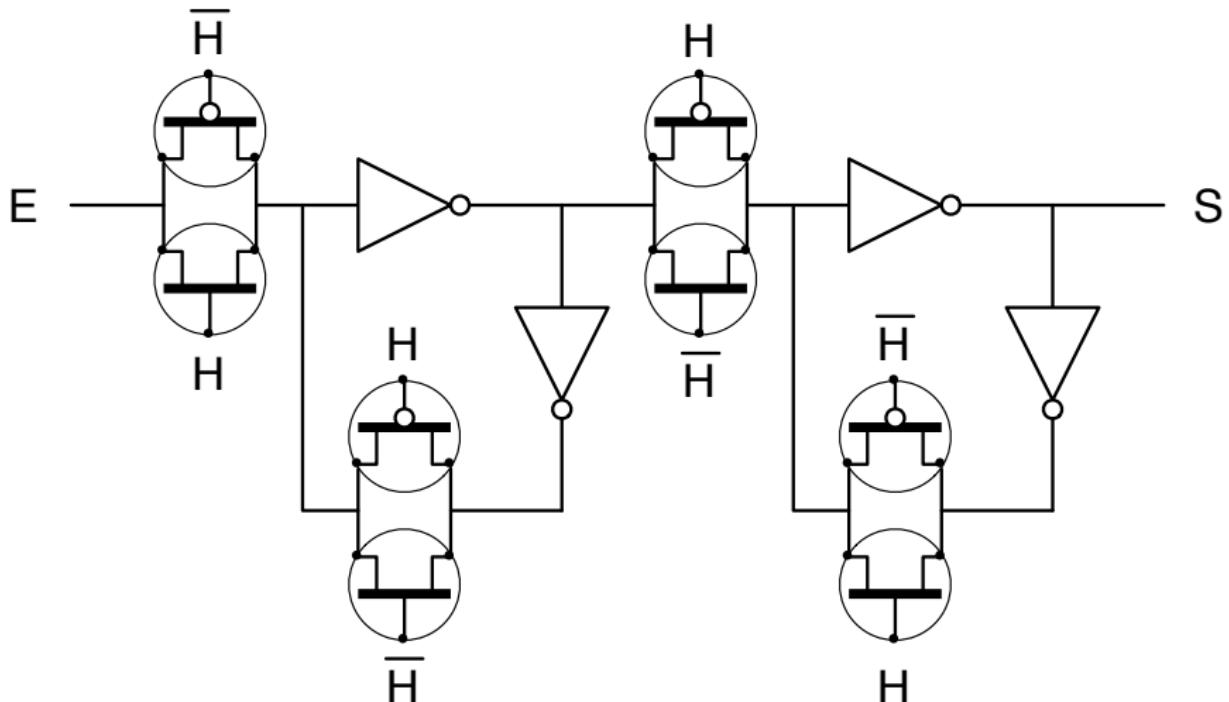
Cf. TD n°1

Et la mémoire ?

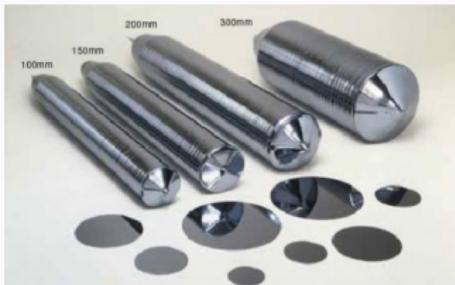
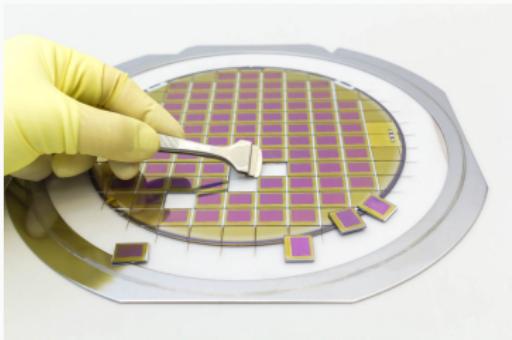
Registre 1 bit



Registre 1 bit opaque (asynchrone)



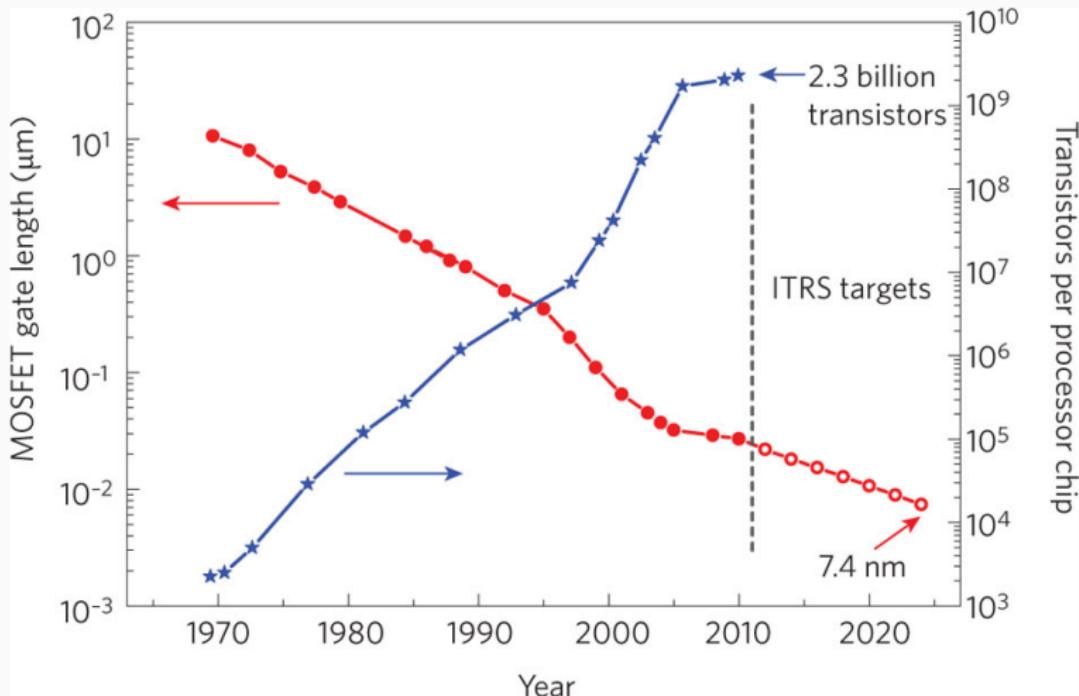
Du sable au circuit intégré



Ici une vidéo décrivant les principes du procédé de fabrication (attention, la fin de la vidéo est à objectif commercial)

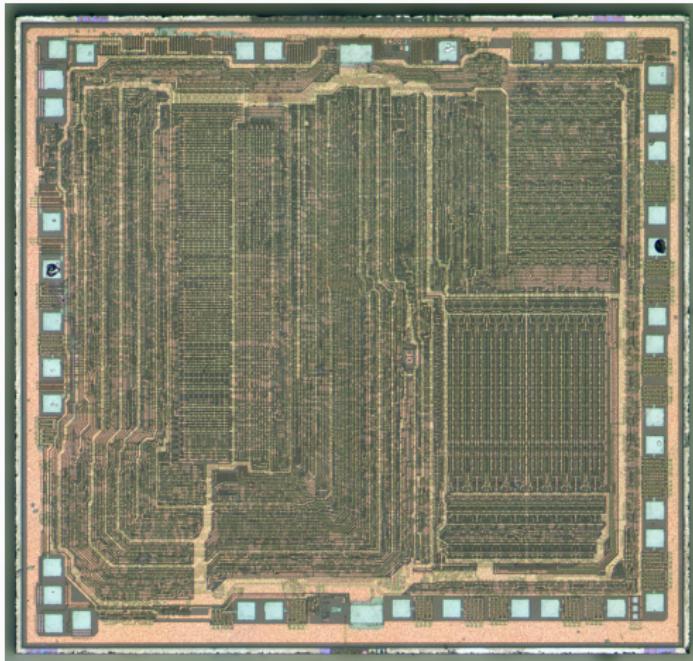
Progrès technologique

Source : Nature Nanotechnology (5) 000 000 transistors, t000 000
transrs, t80 t \simeq 731ransrs, t8 48 \simeq 7317–496 (2010)



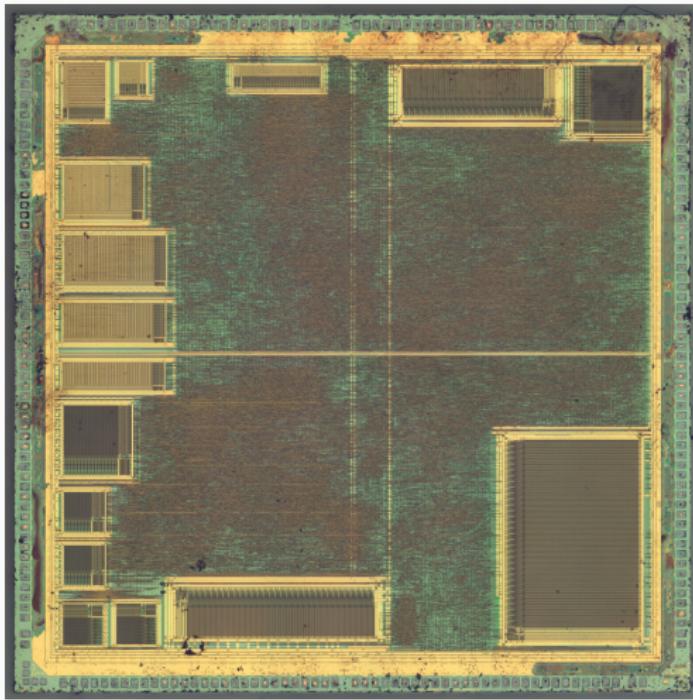
Microphotographie du Z80

Zilog Z80. \simeq 8 500 transistors, technologie 4 μm . Taille totale de la puce : 3.55 mm \times 3.35 mm



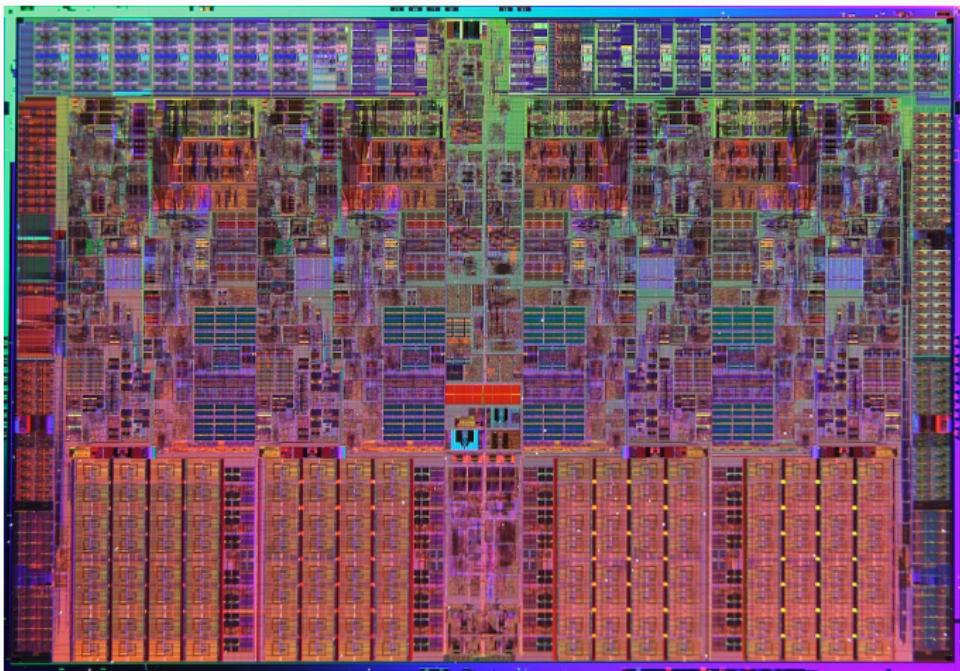
Microphotographie du microprocesseur de la PS1

MIPS R3051. Technologie 800 nm. Taille de la puce : 8.15 mm × 8.1 mm



Microphotographie du Core i7

Intel Core i7 (2008). \simeq 731 millions de transistors, technologie 45 nm.
4 \times 256 KiB de cache L2, 8 MiB de cache L3



Microphotographie du M1

Apple M1. \simeq 16 milliards de transistors, technologie 5 nm. Surface \simeq 120.5 mm²

