

Architectures Matérielles et Systèmes d'Exploitation

Transistors et Circuits Logiques

1 Un peu d'histoire

La composition des ordinateurs a évolué au cours du temps :

mécanique et
engrenages

- En 1642, Blaise Pascal crée la machine d'arithmétique (baptisée Pascaline) capable d'effectuer des additions et soustractions. En 1673, Gottfried Wilhelm Von Leibniz ajouta à la Pascaline la multiplication et la division.
- En 1834, Charles Babbage conçoit la « machine analytique », assemblage de portes reliées à des roues dentées pour effectuer des opérations logiques. Il apprend qu'une machine à tisser (métier à tisser Jacquard) est programmée à l'aide de cartes perforées, il se lance donc dans la construction d'une machine à calculer exploitant cette idée.
- En 1820 apparaissent les premiers calculateurs mécaniques avec les quatre opérations.

tubes à vide
et relais
électro-
magnétiques

- Dans les années 40, les premiers ordinateurs utilisés par les militaires sont lourds et volumineux.
- En 1937, le Colossus Mark 1 est le premier ordinateur programmable constitué de 3300 engrenages, 1400 commutateurs reliés par 800 km de fil électrique. Il mesure 17 m de long et 2.5 mètres de large.
- Les Z1, Z2, Z3 en Allemagne fonctionnent avec des relais électromagnétiques.
- En 1945, le premier ordinateur ne comportant plus de pièces mécaniques, l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) aux Etats-Unis . Il est composé de 18000 lampes à vide, et occupe 1500 m².

transistors
et circuits

- Le premier transistor (ci-contre) inventé en 1947 par les américains John Bardeen, William Shockley et Walter Brattain, faisait plusieurs centimètres.
- Dans les années 50, les tubes sont remplacés par des transistors.
- En 1958, les transistors sont gravés dans du silicium donnant naissance au circuit intégré (*chip*) permettant de réduire encore la taille et le coût des ordinateurs.
- Dans les années 70, les premiers ordinateurs personnels voient le jour pour le grand public.
- En 1976, Steve Wozniak et Steve Jobs créent le Apple I dans un garage.
- En 1981, IBM commercialise le premier "PC".
- 2007 voit l'apparition des premiers smartphones.
- Il est très difficile de nos jours de suivre l'évolution de l'ordinateur. En effet cette évolution suit la loi de Moore (Intel©) : « on peut placer 4 fois plus de transistor sur une puce tous les 3 ans ».



2 Transistors

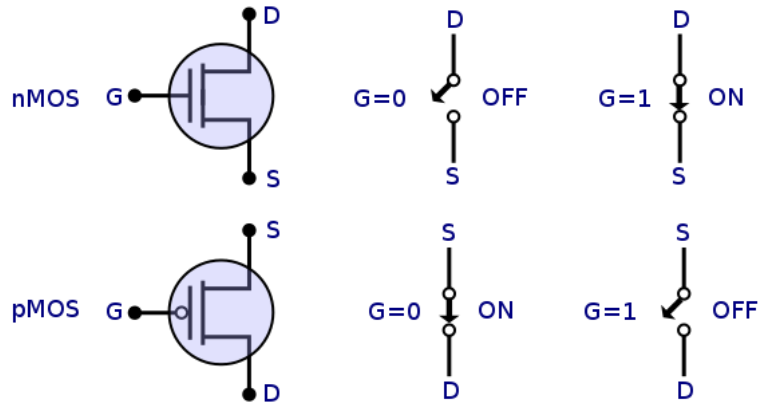
Un transistor est essentiellement un interrupteur électronique qui laisse passer un courant ou pas. Nous pouvons faire correspondre ces deux états aux deux chiffres 1 et 0 (ou aux valeurs booléennes True et False).

Il est composé de trois parties : une source S, une grille G et un drain D. La source et le drain sont soit connectés, soit déconnectés selon la valeur de la grille (0 ou 1).

Il existe plusieurs styles de transistors, voici deux des plus courants.

Transistor NMOS :

- Si une tension positive (1) est appliquée à la grille le courant peut passer entre S et D.
- Si une tension nulle est appliquée à la grille (0) le courant ne peut pas passer entre S et D.



Transistor PMOS :

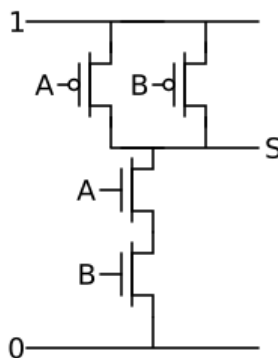
- Si une tension positive (1) est appliquée à la grille le courant ne peut pas passer entre S et D.
- Si une tension nulle (0) le courant peut passer.

Source : <https://en.wikichip.org/wiki/mosfet>

Exercice 1.

a) Compléter la table de vérité du montage électronique ci-contre.

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



b) Compléter et comparer avec la table de vérité ci-dessous.

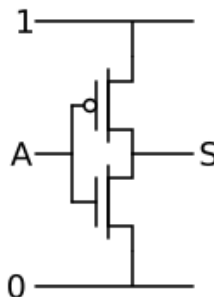
A	B	A AND B	NOT (A AND B)
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

C'est l'opérateur NAND

Exercice 2.

a) Compléter la table de vérité du montage électronique ci-contre

A	S
0	1
1	0



b) Déterminer l'opérateur booléen associé.

NOT A

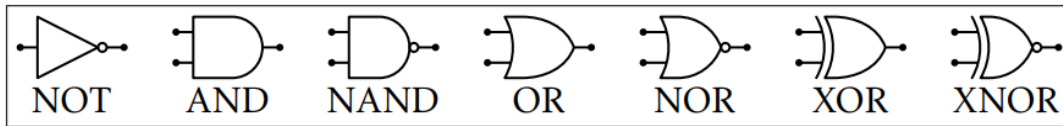
Transistor CMOS :

- C'est un mélange entre les technologies PMOS et NMOS. Tout circuit CMOS est divisé en deux parties : une intégralement composée de transistors PMOS et une autre de transistors NMOS.

3 Portes logiques

Comme dans l'exercice précédent, il est possible de fabriquer des composants à l'aide des transistors pour réaliser des opérations booléennes ou des opérations. On appelle ces circuits des **portes logiques**.

Les principales portes logiques sont les suivantes (en représentation classique dite américaine¹):

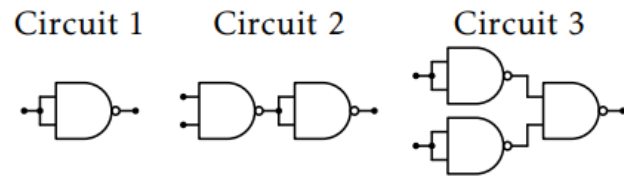


Les portes **NAND et NOR** sont dites **universelles**, elles permettent chacune de fabriquer les autres portes logiques.

Exercice 3.

Déterminer quelles portes logiques ont été construites avec des portes NAND dans les trois circuits suivants.

Circuit 1 : NOT
Circuit 2 : AND
Circuit 3 : OR



4 Circuits combinatoires

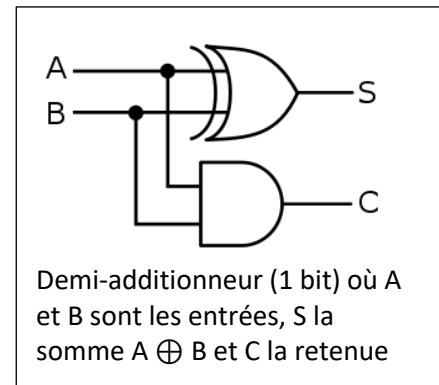
Lorsqu'on assemble des portes logiques entre elles on peut obtenir des **circuits combinatoires** : ce sont des circuits électroniques qui comportent plusieurs entrées (généralement notées A, B, C ...) pour fournir un résultat en sortie. La **table de vérité** que l'on obtient correspond au tableau de valeurs d'une fonction booléenne.

Le circuit combinatoire est le terme "concret / électronique" alors que le terme fonction booléenne est le terme "théorique / mathématique".

On peut par exemple construire le circuit ci-contre, appelé demi-additionneur ».

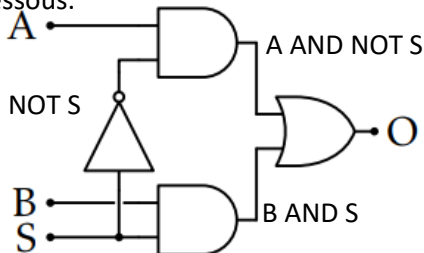
Codée sur un bit, la table de vérité est :

A	B	$A \oplus B$	Retenue
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



Exercice 4.

Compléter la table de vérité du circuit ci-dessous.



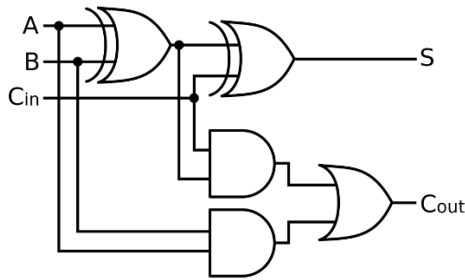
A	B	S	A AND NOT S	B AND S	O
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1

Ce circuit combinatoire est appelé « muxer », il permet de sélectionner la valeur à envoyer en sortie, entre les deux entrées A et B, en fonction de la valeur de S.

¹ En représentation « rectangulaire », dite « européenne » les portes sont représentées par des boîtes rectangulaires contenant le symbole de la porte.

Exercice 5.

Compléter la table de vérité du circuit combinatoire suivant et déterminer l'opération binaire qu'il effectue.



A	B	C _{in}	S	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

C'est un additionneur avec retenue en entrée (Cin) et en sortie(Cout)

Exercice 6.

Dessiner un circuit logique correspondant à la table ci-contre.

L'objectif est de renvoyer la valeur de A si S = 0 et de renvoyer (non A) sinon.

A	S	O
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0



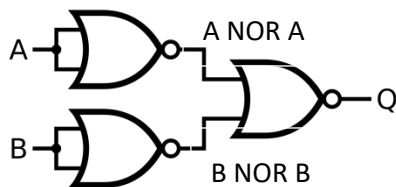
ou avec des NAND :



Exercice 7.

Compléter les tables de vérité des circuits combinatoires ci-dessous et déterminer l'opération binaire qu'ils effectuent.

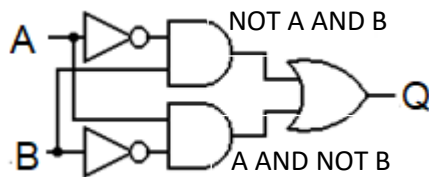
1)



A	B	A NOR A	B NOR B	Z
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1

On obtient A AND B

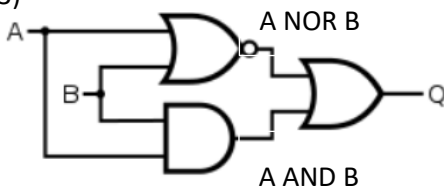
2)



A	B	NOT A AND B	A AND NOT B	Q
0	0	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

On obtient A XOR B

3)



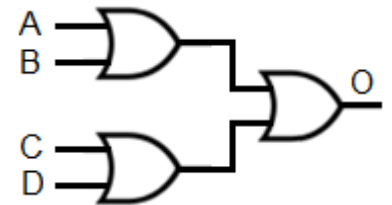
A	B	A NOR B	A AND B	Q
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	0	1	1

On obtient A XNOR B

Il y a de nombreuses solutions pour les exercices suivants, en voilà un exemple pour chacune:

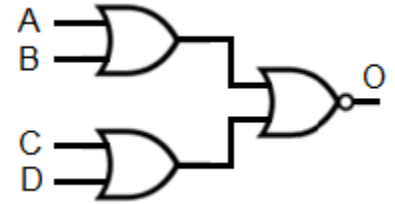
Exercice 8.

Dessiner un circuit logique qui a 4 entrées A, B, C et D et dont la sortie O vaut 1 si et seulement si au moins une des entrées est non nulle.



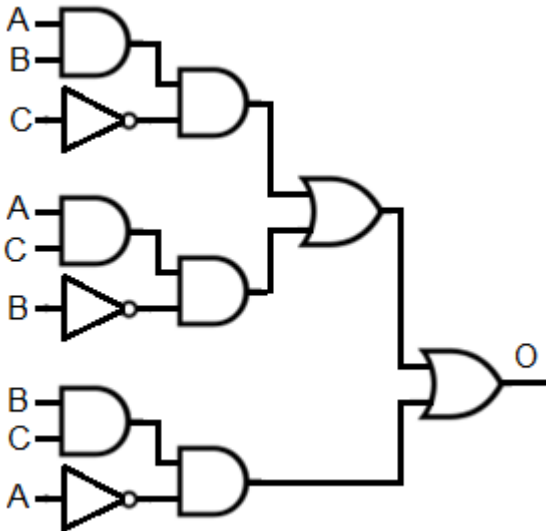
Exercice 9.

Dessiner un circuit logique qui a 4 entrées A, B, C et D et dont la sortie O vaut 1 si et seulement si toutes les entrées sont nulles.



Exercice 10.

Dessiner un circuit logique qui a 3 entrées A, B et C et dont la sortie O vaut 1 si et seulement si exactement deux des entrées sont non nulles.



Exercice 11.

Dessiner un circuit logique qui a 3 entrées A, B et C et dont la sortie O vaut 1 si et seulement si aux moins deux des entrées sont non nulles.

