

Du transistor au circuit découverte



Une brève présentation de ce qui se passe à l'intérieur des circuits intégrés ou 'puces'. N'oubliez jamais qu'il n'y a pas de différence de nature entre les circuits numériques et les logiciels, uniquement une différence de forme.

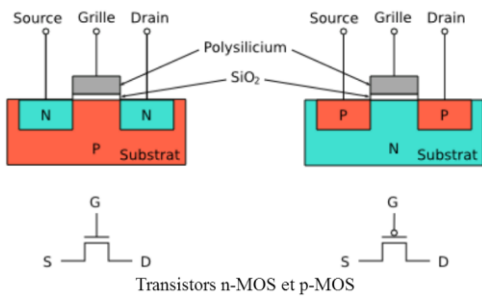
1 Introduction

Les circuits numériques utilisent deux niveaux de tensions pour représenter les valeurs logiques 0 et 1. Ces valeurs dépendent de la technologie utilisée. Nous utiliserons dans ce document 5V pour représenter un niveau logique haut ou 1 et 0V pour représenter un niveau logique bas ou 0.

Différentes vues d'un inverseur logique							
<p>Les transistors sur le silicium : la réalisation matérielle</p>	<p>Le symbole logique</p> <p>INVERSEUR</p>						
<p>Le schéma interne de l'inverseur réalisé avec 2 transistors</p>	<p>La table de vérité</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>INV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	a	INV	0	1	1	0
a	INV						
0	1						
1	0						
<p>https://perso.univ-rennes1.fr/olivier.sentieys/teach/2Cellules_MOS.pdf</p>							

2 Le transistor

C'est quoi un transistor ?¹



Les indications N et P désignent des couches ou des zones de silicium qui sont artificiellement modifiées ou 'dopées'.

La structure atomique cristalline de l'atome de silicium est 'dérangée' par l'ajout d'impureté, c'est le terme consacré.

L'équilibre atomique est ainsi modifié et on a au final un matériau possédant un dopage avec excès d'électrons le dopage N, ou bien un défaut d'électrons le dopage P.

Il existe plusieurs technologies de transistors, ceux utilisés dans les circuits intégrés sont de type MOS. Le fonctionnement peut être comparé à un interrupteur commandé. Le signal appliqué sur la borne G (grille) commande la fermeture de la liaison D (drain) et Source (Source).

Il y a deux modèles de transistors qui sont en quelque sorte 'miroir' l'un par rapport à l'autre : les transistors de type p-mos et n-mos. Vous pouvez constater sur le dessin de principe d'une coupe du composant que la nature du substrat est particulière pour chaque type : substrat p pour le n-mos et substrat n pour le p-mos.

Le tableau ci-dessous présente le fonctionnement du transistor, fonctionnement simplifié mais suffisant pour comprendre les principes de la conception des portes logiques. A partir d'un niveau logique haut noté 1 (présence de la tension d'alimentation de 5V) ou d'un niveau logique bas noté 0 (présence du 0V de l'alimentation) on réalise la commande des deux transistors MOS. Ils sont complémentaires le n-mos est commandé avec un 1 sur sa borne G et le p-mos est commandé par un 0.

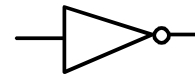
Illustration du fonctionnement des transistors MOS en interrupteurs	
n-mos	p-mos
Illustrations : <i>Transistor MOS - efreidoc.fr</i>	

Q1. Quelques questions autour du transistor (feuille réponse 📄)

¹ <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Gates/> consulté le 3 décembre 2020.

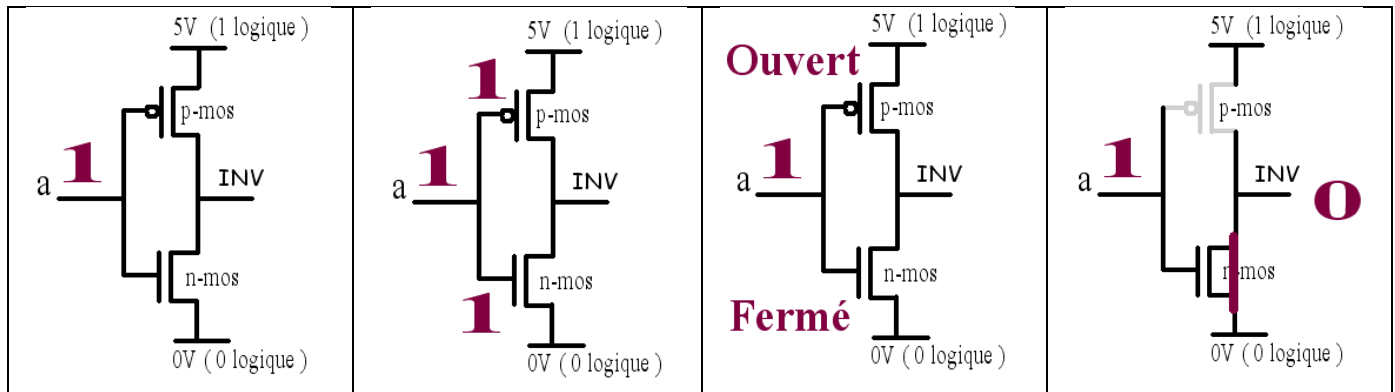
3 Un premier opérateur logique : l'inverseur

Vérifions le fonctionnement à partir de la structure interne.

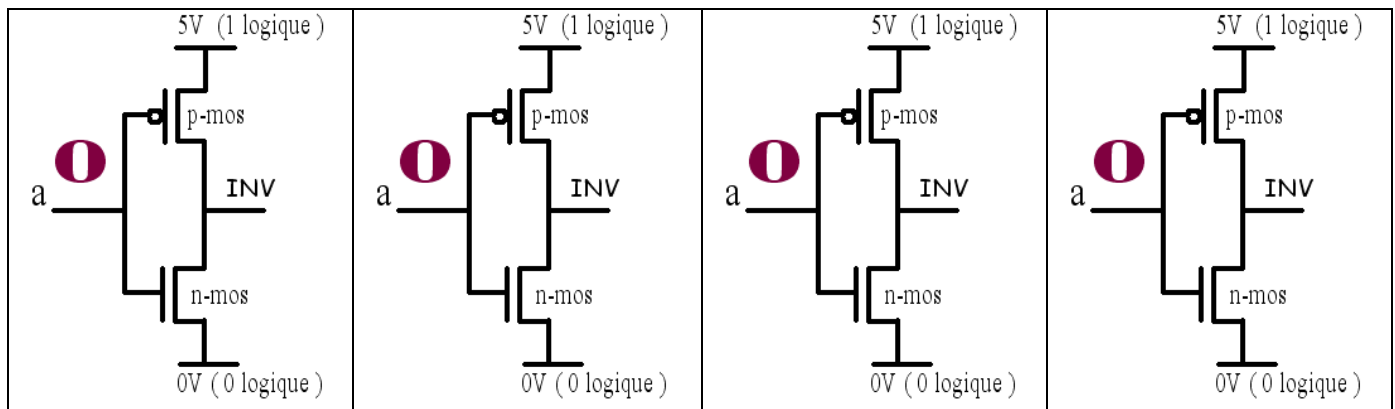


a	INV
0	1
1	0

Pour l'entrée à 1 :



Q2. Analyse de l'inverseur pour l'entrée à 0 (feuille réponse)



4 Quelques opérateurs de bases

	INV	OU	ET	NOR	NAND	XOR
Symbole de l'opérateur						
Symbole équivalent obtenu avec les lois de De Morgan						

b	a	ET
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

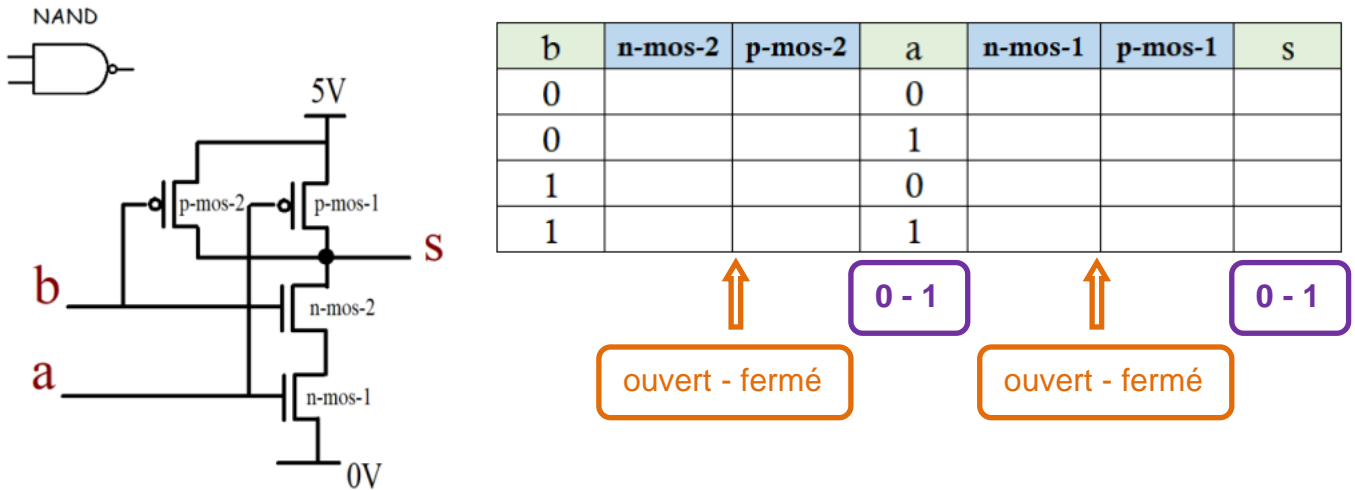
b	a	OU
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

b	a	NAND
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5 La porte Nand fonctionnement

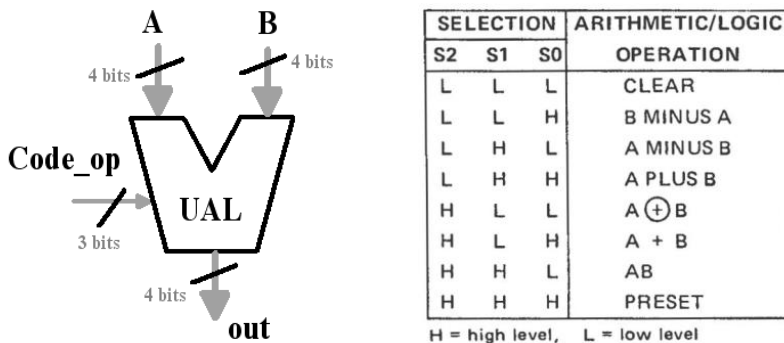
Q3. Analysons le fonctionnement d'un opérateur logique de base la porte nand ou et-non.
(feuille réponse)

- Donnez le nombre d'entrées et de sortie de cet opérateur.
- Pour analyser le fonctionnement remplir le tableau ci-dessous.
- La table de vérité obtenue est-elle conforme ?



6 Des opérateurs vers les circuits complexes

Un exemple de circuit plus complexe une unité arithmétique et logique ou UAL :



Le circuit réagit en fonction d'un code opératoire reçu sur les broches code_op.

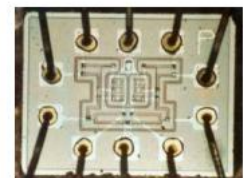
Il est ainsi possible en mémorisant le résultat de réaliser des calculs complexes constitués de plusieurs code_op successifs.

Q4. Une analyse de la structure interne de l'UAL
(feuille réponse).

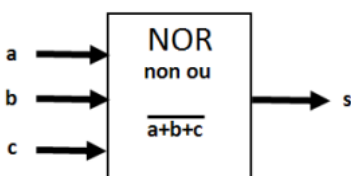
7 Ressources

Un document de référence présentant de manière plus détaillée l'aventure du transistor au circuit intégré à consulter ici :

http://sti2dvox.patguez.com/NSI_1ERE/Fichiers_2022/005_ARCHITECTURE_DES_COMPONANTS/RESSOURCE_CIRCUITS_INTEGRES_ELEVES_V2_0.pdf



Le circuit intégré utilisé par la NASA.

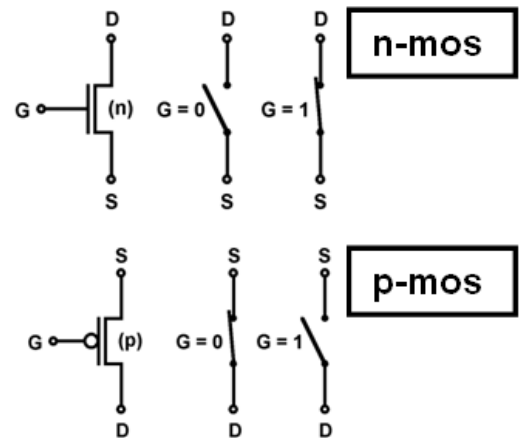


Du transistor au circuit feuille réponse

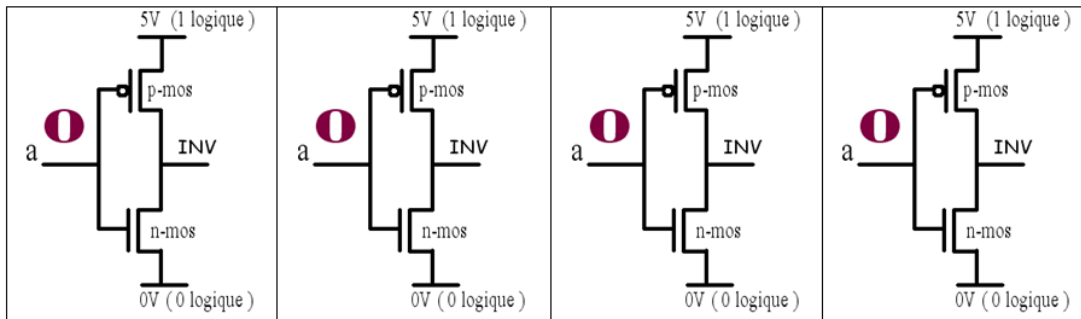
Nom :	Note :	/ 20
	Classe :	

Q1. Quelques questions autour du transistor :

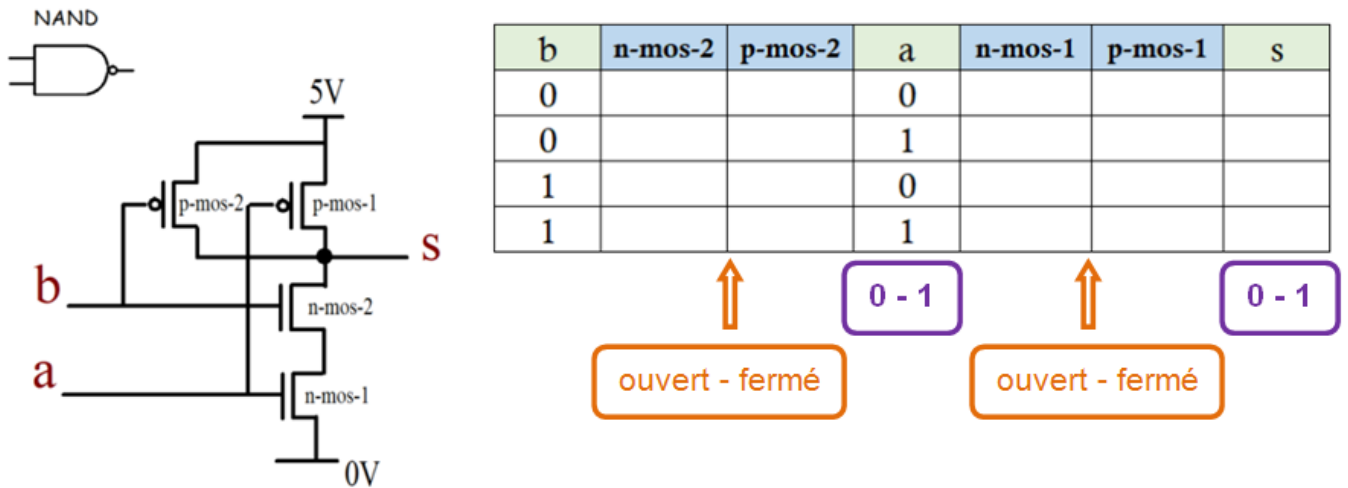
- Nombre de broches par transistor ?
- Donnez le nom des broches G, D, S
- Quelle est la broche sur laquelle on applique la tension électrique de commande ?
- Que fait la tension de commande ?



Q2. Analyse de l'inverseur pour l'entrée à 0 :



Q3. Analysons le fonctionnement d'un opérateur logique de base la porte nand ou et-non.



Q4. Une analyse de la structure interne de l'UAL.

Sur la vue partielle de l'UAL 381 faire la liste des opérateurs utilisés pour le calcul du rang 0.

A noter : pour les catégories d'opérateurs on ne considère pas le nombre des entrées.

Calcul du rang 0

