

Chapitre 3

Technologie des circuits logiques intégrés

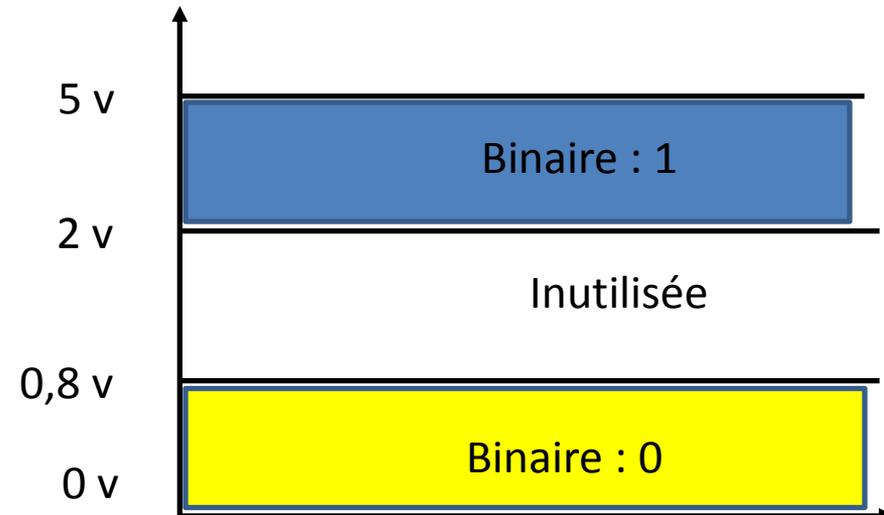
- Signaux logiques (conventions, imperfections, seuils de définition),
- intégration et technologies,
- étude d'une porte logique (généralités, sortie totem pole, sortie à collecteur ouvert, sortie trois états),
- caractéristiques des circuits logiques intégrés CMOS et TTL.

- Les machines numériques utilisent le système binaire, ce système utilise uniquement 2 symboles : 0 et 1. Donc c'est facile de représenter ces deux symboles dans les machines.
 - Ces deux valeurs peuvent être nommées de différentes façons :
 - Niveau logique « 1 » : Vrai, Fermé, Marche, Haut, Allumé, Oui...
 - Niveau logique « 0 » : Faux, Ouvert, Arrêt, Bas, Éteint, Non...
- Le signal de 0 et 1 appelé le signal logique, donc c'est un signal discontinu de valeurs zéro et un.

Par contre le signal numérique est un signal codé en binaire comme la température affichée sur un thermomètre numérique. La température est signal analogique mais avec un convertisseur analogique numérique on peut la représenter numériquement.

Convention des signaux logiques:

Logique positive	Logique négative	Tension
0	1	0 V (L)
1	0	5 V (H)

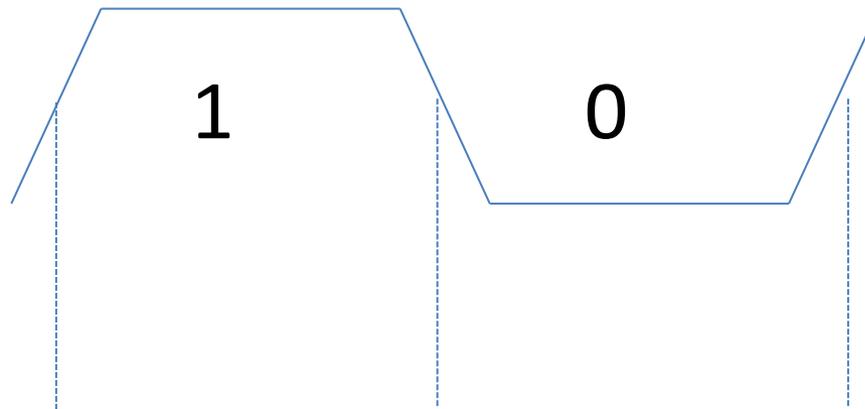


- Les valeurs 0 et 1 représentent deux tensions électriques (0V et 5V) selon la logique positive ou négative.
- La représentation du signal logique est idéale et réelle .

Idéal:

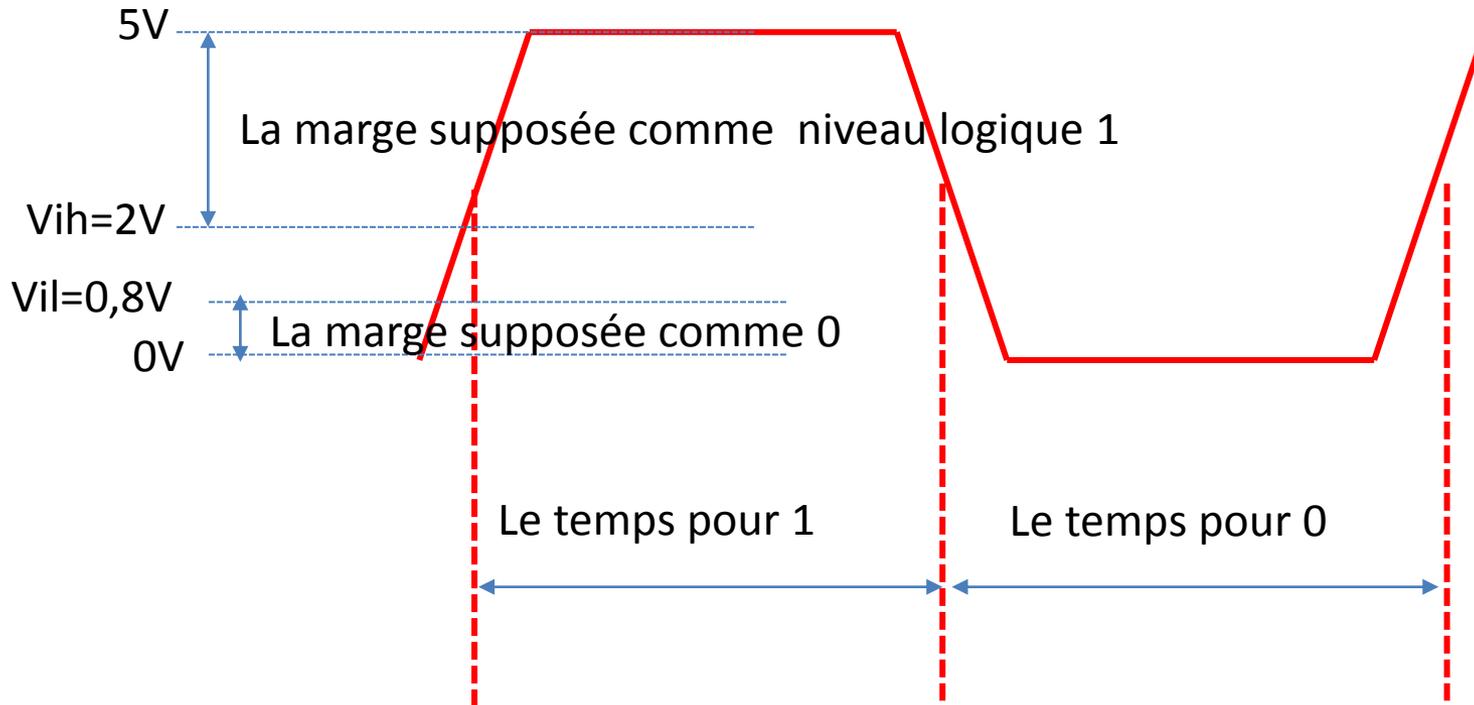


Réel:



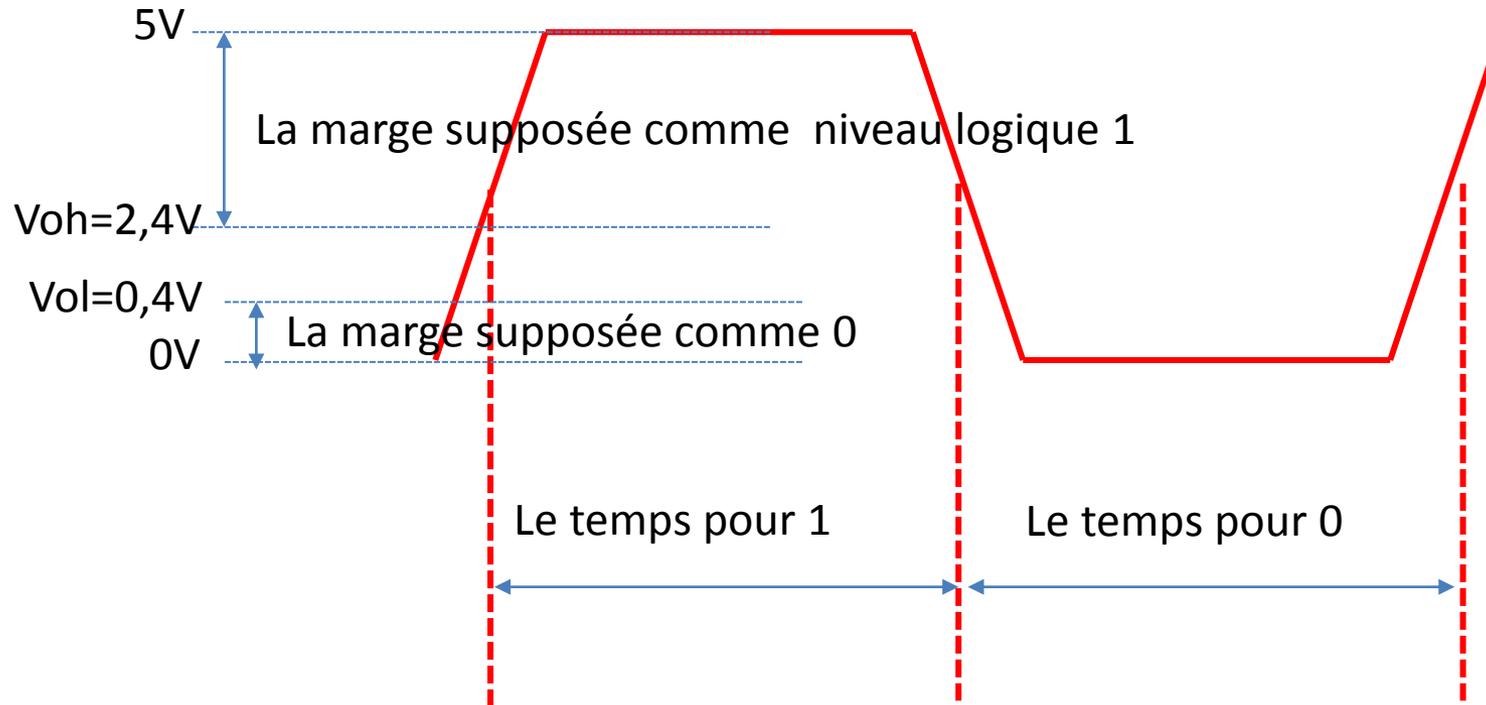
Définitions:

Les entrées:



La marge (0,8V...2V) niveau logique indéterminé

Les sorties:



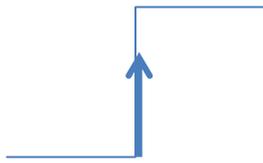
La marge (0,4V...2,4V) niveau logique indéterminé

- V_{ih} (Voltage Input High) : C'est la tension minimale d'entrée qui sera considérée comme un niveau logique « 1 ».
- V_{il} (Voltage Input Low) : C'est la tension maximale d'entrée qui sera considérée comme un niveau logique « 0 ».
- V_{oh} (Voltage Output High) : C'est la tension minimale de sortie qui sera considérée comme un niveau logique « 1 ».
- V_{ol} (Voltage Output Low) : C'est la tension maximale de sortie qui sera considérée comme un niveau logique « 0 ».

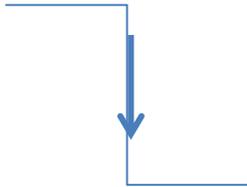
- **Marge de bruit:** est une marge de protection qui évite qu'une perturbation ou un parasite. C'est la différence entre V_{oh} et V_{ol} pour la sortie et entre V_{ih} et V_{il} pour l'entrée.
- **Tension de déchet :** C'est la différence de tension entre la tension théorique correspondant respectivement au niveau logique "1" ou au niveau logique "0" et la tension réelle.
- **le seuil** du niveau bas pour l'entrée, V_{il} , doit être $\leq 0,8V$, tandis que pour la sortie, ce niveau logique V_{ol} doit être $\leq 0,4V$.

- **le seuil** du niveau haut pour l'entrée V_{ih} , doit être $\geq 2,0V$, tandis que pour la sortie ce niveau logique V_{oh} doit être $\geq 2,4V$.
- **Les famille des circuits logiques:** peuvent être approximativement divisées en trois catégories : TTL (Transistor-Transistor Logic), CMOS (Complementary Metal-Oxyde Semiconductor logic) et ECL (Emitter-Coupled Logic). La TTL et l'ECL sont des technologies bipolaires alors que la CMOS est une technologie utilisant des transistors MOS complémentaires.

- **Temps de propagation des signaux logiques:** Dans une table de vérité, pour indiquer que le changement se fait sur un front on utilise:
- - pour un front montant:



- - pour un front descendant:

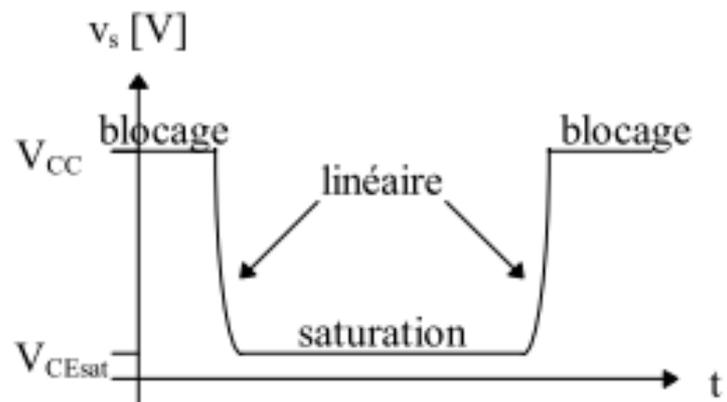
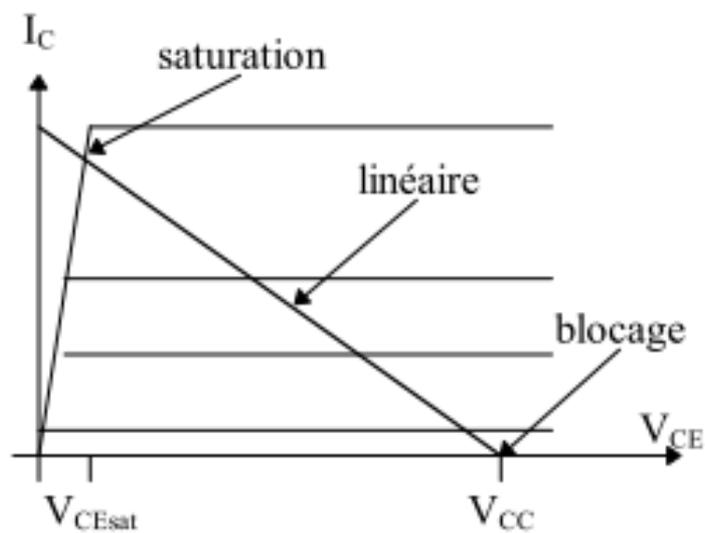
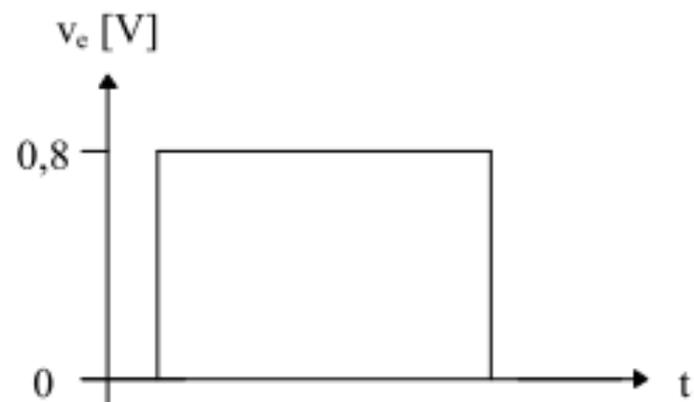
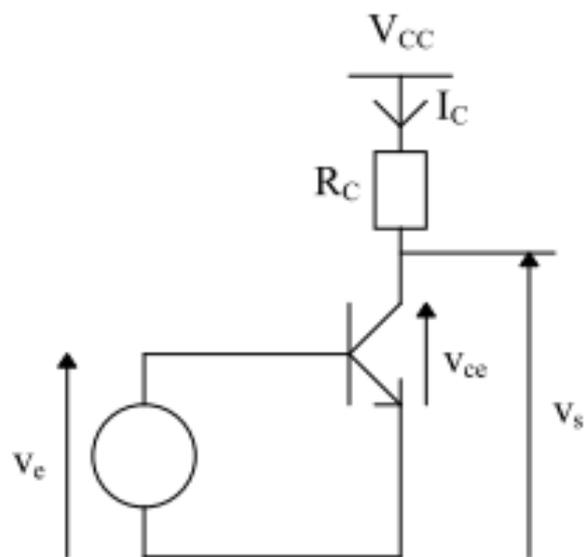


- Ces fronts sont idéalisés et chacun est long de 0 s. Pour les circuits logiques réels les fronts sont longs de plusieurs **ns** au moins.

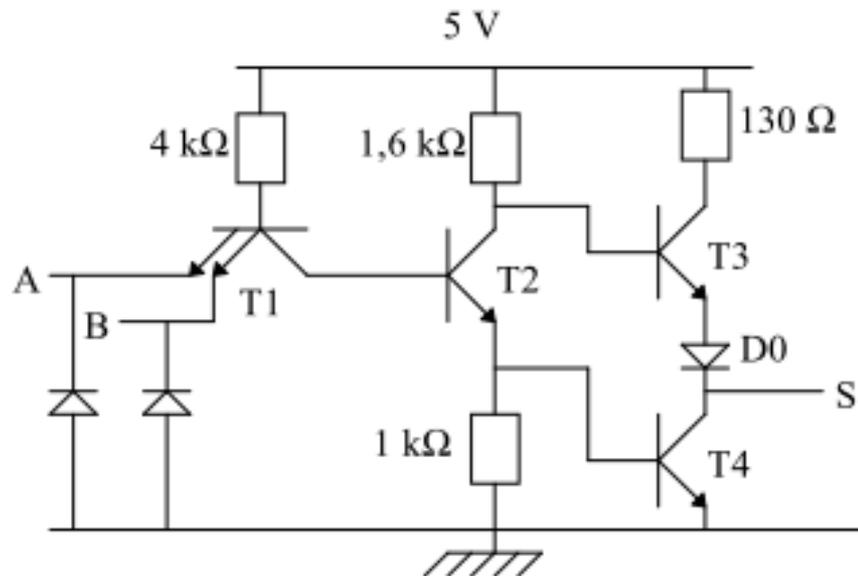
Etude d'une porte logique:

(généralités, sortie totem pole, sortie à collecteur ouvert, sortie trois états)

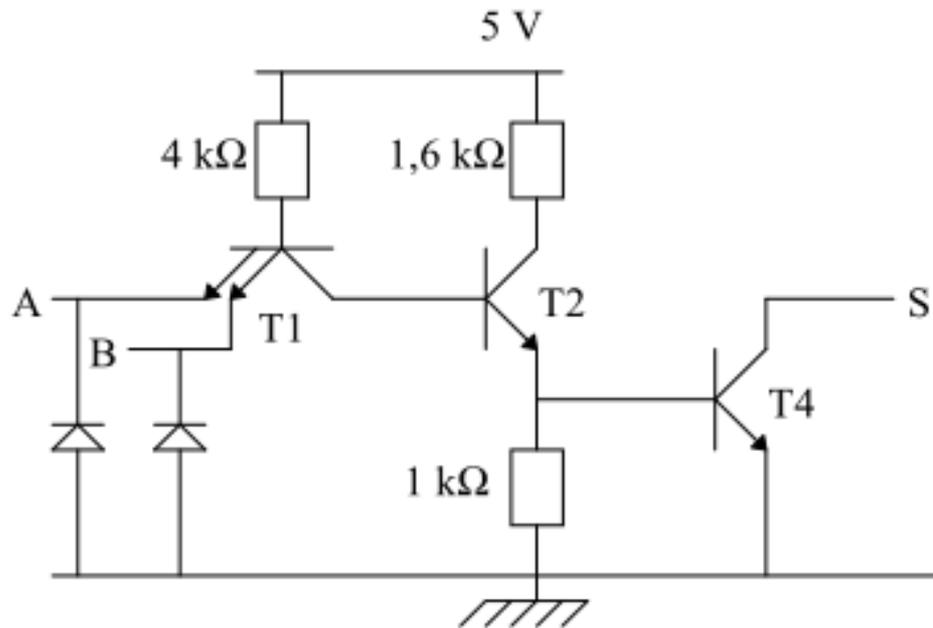
- **Généralité:**
- **Le transistor en commutation :** Le transistor bipolaire en commutation peut avoir trois modes de fonctionnement :
 - Le régime de blocage: V_{BE} et I_B sont nuls.
 - Le régime linéaire ou passant: C'est le mode de fonctionnement en amplificateur. $I_C = \beta \cdot I_B$; $V_{BE} \approx 0,5 \text{ V}$.
 - Le régime de saturation: Le courant de base est tel que le courant de collecteur est maximum. $0,5 \text{ V} < V_{BE} < 0,8 \text{ V}$. $V_{CE} = V_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$.



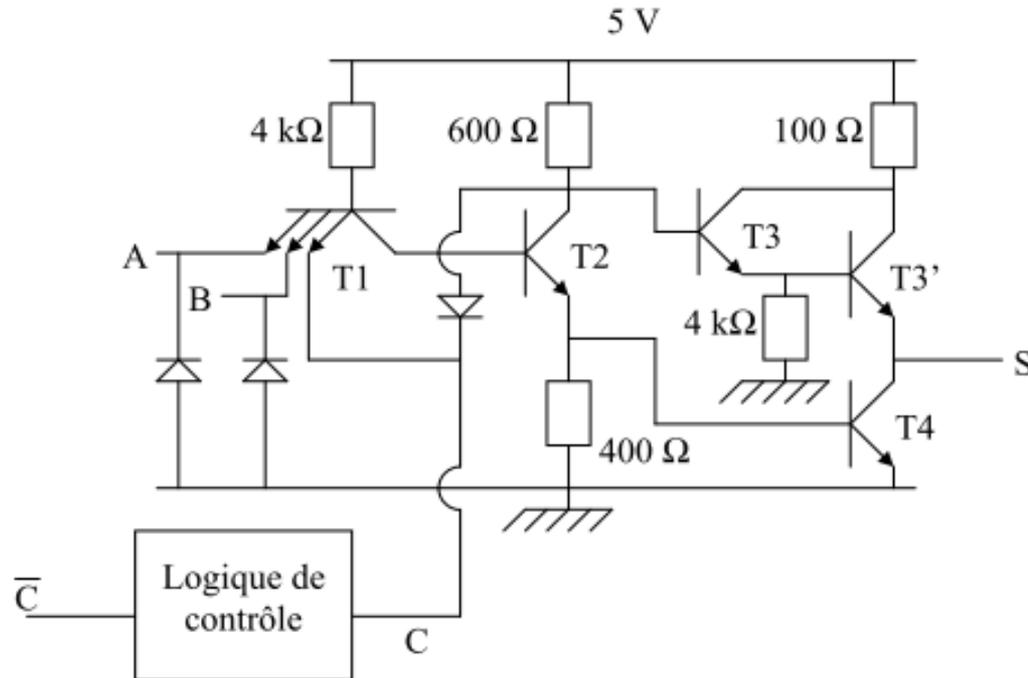
- **La porte TTL totem pole** : C'est la première structure vraiment efficace utilisée en logique TTL standard. Prenons l'exemple d'une porte NAND à deux entrées de type SN7400; Le transistor T1 est un « transistor » multi-émetteur:



- **La porte TTL à collecteur ouvert** : Il existe une variante de la porte précédente dite « à collecteur ouvert ». La charge du transistor de sortie ne se trouve plus dans le circuit mais à l'extérieur, sur la carte.



- La porte TTL 3 états:** Un signal de commande C est ajouté à la porte totem pole afin de mettre la sortie S à l'état haute impédance (S est en l'air). Quand $C = 0$, les transistors de sortie sont tous bloqués et la sortie est flottante. Quand $C = 1$, la porte NAND fonctionne normalement.



- **Caractéristiques de la famille TTL et CMOS:**
- **Famille TTL:** en pratique, on trouve la série TTL nommé par 74 XXX, par fois on trouve des lettres ajoutant pour spécifier des autres caractéristiques:

TTL-S : Schottky (rapide, mais consommation importante)

TTL-LS : Low-power Schottky (faible consommation)

TTL-AS : Advanced Schottky (rapide)

TTL-F : Fast (assez faible consommation, rapide)

TTL-ALS : Advanced Low-power Schottky (faible consommation, assez rapide)

Pour toutes ces familles, la tension d'alimentation nominale est : $V_{CC} = 5,0 \text{ V}$

- Comparatif : 7400, 74LS00, 74S00, 74ALS00, 74AS00, 74F00.

PARAMETER	MAX or MIN	TTL	LS	S	ALS	AS	F	UNIT
I _{CC}	MAX	22	4.4	36	3	17.4	10.2	mA
I _{OH}	MAX	-0.4	-0.4	-1	-0.4	-2	-1	mA
I _{OL}	MAX	16	8	20	8	20	20	mA

- I_{CC}: courant d'alimentation du boîtier (broche V_{CC})
- I_{OH}, I_{OL}: courant de 'output high, output low'

SWITCHING CHARACTERISTICS

PARAMETER	INPUT	OUTPUT	MAX or MIN	TTL	LS	S	ALS	AS	F
t _{PLH}	A or B	Y	MAX	22	15	4.5	11	4.5	6
t _{PHL}	A or B	Y	MAX	15	15	5	8	4	5.3

UNIT:ns

- **Famille CMOS:** en pratique, on trouve la série CMOS nommé par 4XXX,
- Les seuils de tensions: (dépend de VCC)
 - $V_{ih}=0.55 \times V_{CC}$
 - $V_{il}=0.45 \times V_{CC}$
 - $V_{oh}=0.95 \times V_{CC}$
 - $V_{ol}=0.5 \times V_{CC}$
- Méthode de nomination: Préfixe fabricant + numéro du circuit + suffixe + code boîtier
- Exemple : le circuit CD4011BE de chez Texas Instruments.
 - CD : Préfixe utilisé par Texas Instruments mais également Intersil.
 - 4011 : Numéro du circuit. Il s'agit ici d'un quadruple porte NAND (NON-ET) à deux entrées chacune.
 - B : Indique que la tension maximale est de 18 volts (au lieu de 15).
 - E : Indication que le circuit est encapsulé dans un boîtier DIP.