

2^{ÈME} PARTIE : CHOISIR UNE TECHNOLOGIE

il existe une assez grande diversité de technologies des circuits logiques, les plus anciennes comme la technologie **RTL** ou **DTL** ainsi que les premières familles **TTL** ont été abandonnées mais d'autres, en voie d'abandon, figurent encore au catalogue des fournisseurs. il est possible de se procurer ces technologies obsolètes essentiellement pour la maintenance des matériels, concevoir un appareil avec ces composants serait une erreur.

Plusieurs technologies de conception récente cohabitent et se partagent le marché, cela signifie que la technologie idéale n'existe pas.

II - Critères de choix des différentes technologies

Si les utilisateurs choisissent une technologie plutôt qu'une autre, c'est que tous les utilisateurs n'ont pas les mêmes problèmes à résoudre et que chaque technologie a sa ou ses spécificités. Dans quels domaines l'utilisateur devra-t-il faire porter son attention et de ce fait orienter son choix technologique?

Les éléments les plus courants qui vont présider au choix de la technologie sont les suivants:

- Prix
- Fiabilité
- Rapidité
- Consommation
- Immunité au bruit

II - 1 - Le prix

Nous ne ferons pas entrer le prix dans l'étude des technologies, c'est un critère trop complexe. En effet, le prix des composants dans un appareil est souvent faible, à l'exception des matériels à grande diffusion, mais l'influence du composant est importante. L'incidence du composant sur le prix d'un appareil se fera souvent sentir par le coût de mise en œuvre et les répercussions de ce choix sur les éléments périphériques tels que l'alimentation électrique, le boîtier, l'évacuation de la chaleur etc...

Lorsqu'on parle du prix d'un composant, il faut situer ce prix sur la courbe d'existence de cette technologie afin de prévoir ce qu'il sera devenu lors de la mise en fabrication de l'appareil.

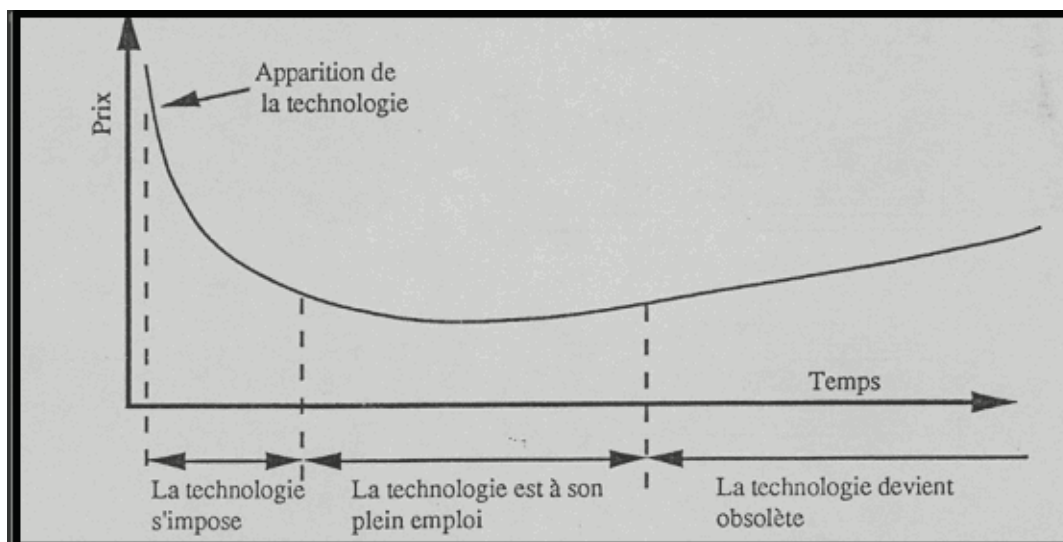


Figure II - 1 : Evolution du prix d'une famille de composant en fonction du temps

Premier temps: Apparition de la technologie sur le marché

Le prix du composant n'a alors pas de lien avec le coût de fabrication de celui-ci. Le prix de mise en vente est le prix maximum que l'utilisateur acceptera de payer pour ce composant qui va lui permettre de résoudre ses problèmes

cependant il devra être suffisamment attractif pour que la demande soit en rapport avec les possibilités de production du moment. Pourtant les clients potentiels restent prudents, le composant va-t-il se maintenir sur le marché? Il est dangereux de dépendre d'un seul fabricant surtout si celui-ci utilise ses propres composants pour produire des matériels, il risque en cas de difficulté de fabrication de s'accorder une priorité d'approvisionnement (scénario relativement courant)

Pour le fabricant, la technologie n'est pas encore parfaitement au point. Les déchets de fabrication sont encore relativement importants. Les études ont coûté cher, certaines sont encore en cours, des investissements importants ont été nécessaires pour la mise en fabrication. Il faut essayer d' amortir toutes ces dépenses le plus rapidement possible car la génération suivante est déjà à l'étude.

Deuxième temps:

La technologie s'impose sur le marché, la production devient plus importante, il y a moins de déchet. La concurrence arrive , les prix baissent des accords dits de seconde source se font , la confiance croît. Les accords de seconde source, sont des accords conclus entre la société qui a conçu ces nouveaux composants et une autre société qui va les fabriquer sous licence. La fabrication par une autre société (moyennant des redevances) de ces composants permet une plus large utilisation de ceux-ci, les utilisateurs ne se sentant pas "prisonniers" d'un fabricant.

Troisième temps

La technologie est à son plein emploi, la fabrication est parfaitement rodée, il y a peu de déchet et la concurrence est vive. Les composants sont à leur prix le plus bas.

Quatrième temps

De nouvelles technologies plus performantes sont apparues, la demande diminue, la production baisse, le prix des matières premières et de la main d'œuvre augmentent, les prix remontent.

Si le prix des composants est essentiel il faudra donc pouvoir, au moment du choix de la technologie c'est à dire au cours de l'étude de l'appareil, situer sur cette courbe le moment de l'entrée en fabrication de l'appareil afin de pouvoir faire des prévisions de coût. Cela tiendra souvent du pari.

II - 2 - La fiabilité

Le besoin en fiabilité est évidemment général, personne ne souhaite fabriquer un appareil qui tombera en panne rapidement. En principe, tous les composants mis en vente sont fiables. Les problèmes de fiabilité résident plutôt dans le non-respect des règles de l'art. Au cours de la conception des circuits en fonction des technologies utilisées, des protections doivent être mises en oeuvre en cas de surtension, de courts-circuits, d'échauffement etc...

Bien que ce critère dépende essentiellement de la compétence des techniciens concepteurs, il est certain que certaines sociétés, plus en avance que d'autres technologiquement, peuvent proposer des composants moins fragiles et donc plus facile à utiliser. Ce cas s'est présenté au début de l'utilisation des circuits CMOS avec la protection contre l'effet de Latch-Up (effet thyristor parasite, voir l'étude de cette technologie [page 43](#))

II - 3 - La rapidité

Lorsqu'un opérateur logique reçoit sur ses entrées un signal provoquant un changement d'état de sa sortie, le temps qui s'écoule entre la cause, le signal d'entrée, et l'effet, la modification de la sortie, un temps appelé **temps de propagation**. Ce temps de propagation (delay time propagation) , tdp, n'a pas toujours la même durée suivant qu'il provoque le passage à 1, tdp LH, ou à 0, tdp HL. Il détermine la fréquence maximum de travail de l'opérateur. C'est un des critères essentiels du choix d'une technologie. En règle générale on cherche les temps de propagation les plus courts possibles, cependant, au contraire, si l'opérateur est utilisé pour créer un retard ou pour générer une impulsion par l'utilisation du tdp, on pourra être amené à choisir des technologies plus lentes.

Exemple: Le montage ci dessous génère une impulsion à chaque transition montante appliquée en E, c'est une fonction monostable. La porte NAND reçoit sur une entrée le signal E et sur l'autre le signal issu du troisième inverseur qui est retardé de trois temps de propagation. Pendant le court laps de temps où ses deux entrées sont à 1 la porte fournit du 0

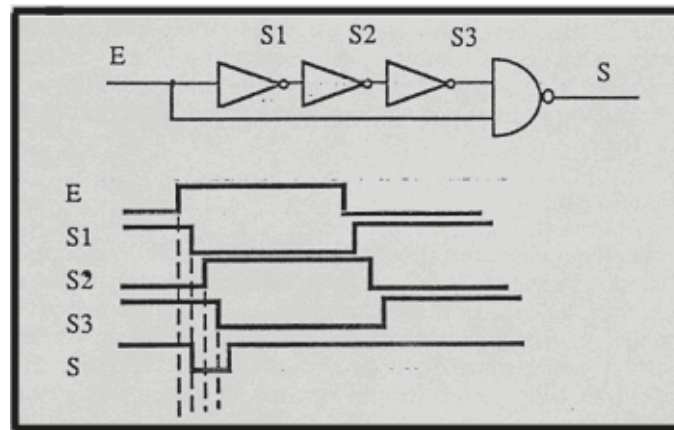


Figure II - 2: Utilisation du temps de propagation de l'inverseur pour la génération d'impulsions

II - 4 - Consommation

Un opérateur logique a besoin d'énergie pour fonctionner. En général la consommation électrique au repos est plus faible que durant les transitions. Il découle du surcroît de consommation pendant la commutation une certaine proportionnalité entre la fréquence de travail et la consommation. Le coefficient de proportionnalité est faible pour les technologies bipolaires et fort pour la CMOS.

En général, pour qu'un circuit commute rapidement, il est nécessaire de favoriser les chemins de charge et de décharge des condensateurs parasites ainsi que l'écoulement des charges électriques contenues dans les jonctions PN. Les concepteurs sont donc amenés à choisir de faibles valeurs de résistance et donc opter pour des consommations électriques "élevées".

La conception d'un opérateur sera souvent un compromis - consommation - rapidité - on exprimera ce choix à l'aide du facteur de qualité - fdq - produit de la tension d'alimentation en volts par le courant consommé en milliampères (10^{-3} A) et par le temps de propagation en nanoseconde (10^{-9} seconde)

$$Fdq = U.I.T$$

Il s'exprimera en picojoule (10^{-12} Joule)

Cependant les circuits réalisés avec des transistors MOS ne peuvent utiliser ce critère. En effet, en statique, c'est à dire lorsque le circuit ne change pas d'état, il ne consomme que très peu d'énergie. La consommation se fait lors des changements d'état. Rendre un transistor MOS Passant ou Bloqué se fait en chargeant ou en déchargeant un condensateur. L'énergie consommée sera alors proportionnelle à la valeur du condensateur, du carré de la tension d'alimentation et de la fréquence de la charge.

$$\begin{aligned} P &= UI \\ I &= Q F = CUF \\ P &= CU^2F \end{aligned}$$

Avec **C** valeur du condensateur **U** la tension d'alimentation, généralement V_{cc} et **F** la fréquence de commutation. Le critère à extraire des « data sheet » sera donc la valeur du condensateur généralement noté **Cpd**

Les concepteurs de matériels autonomes (fonctionnent sur pile ou sur accumulateur) entre autres sont sans cesse confrontés à des problèmes de consommation électriques. A cette occasion, notons que la tension intervient au carré ce qui est un argument pour la réduction des tensions d'utilisation des circuits logiques.

II - 5 - L'immunité au bruit

Les états logiques qui doivent être fournis aux opérateurs correspondent à des marges de tension. Au 1 logique la tension devra être comprise entre deux limites V_{IHmin} et V_{IHmax} (V_{IH} = tension d'entrée à l'état haut) et au 0 entre V_{ILmax} et V_{ILmin} (V_{IL} = tension d'entrée à l'état bas)

Aucune tension ne doit séjourner entre V_{ILmax} et V_{IHmin} qui délimitent une zone d'incertitude.

En regard de ces seuils la sortie des opérateurs de la même famille technologique fournit des tensions qui, pour un débit de courant spécifié sont compatibles avec les entrées.

L'écart entre la tension de sortie minimale au 1 logique V_{OHmin} et la tension minimale d'entrée V_{IHmin} ainsi que l'écart entre la tension maximale de sortie à l'état bas V_{OLmax} et la tension maximale admissible V_{ILmax}

donnent l'amplitude maximale des perturbations admissibles sur la liaison entre une sortie et une entrée. L'amplitude des perturbations qui resteront sans effet sur la sortie de l'opérateur caractérise **l'immunité au bruit**. L'information sur l'immunité au bruit n'est cependant pas tout à fait suffisante en effet, il est raisonnable de parler énergie car les conséquences d'une perturbation sur une entrée dépend de son impédance.

L'immunité au bruit est un critère de choix important notamment pour les utilisateurs de circuits en atmosphère industrielle où la commutation de courants forts crée des perturbations électromagnétiques qui induisent des tensions dans les circuits environnants.

Association de deux opérateurs logiques de même famille technologique

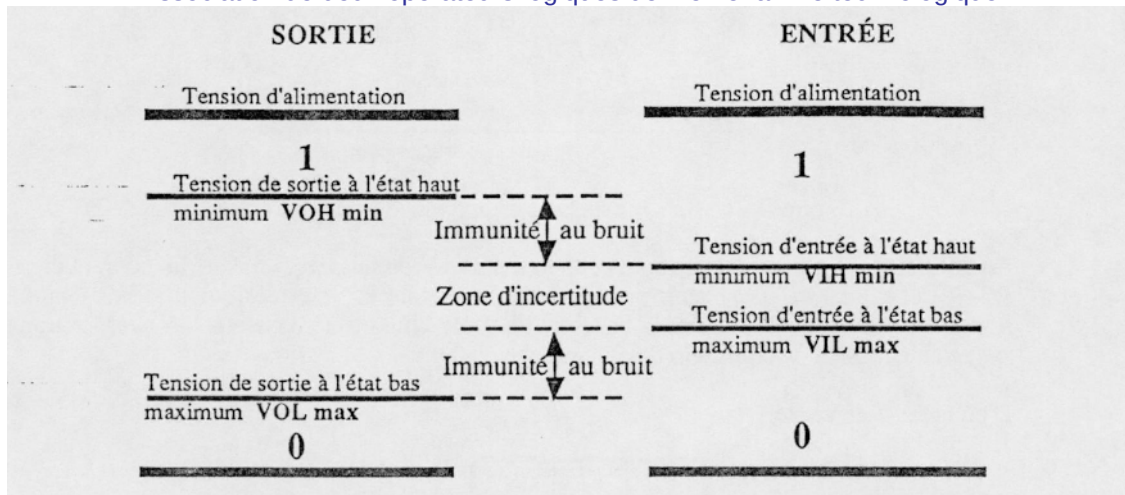


Figure II - 3 : Illustration de l'immunité au bruit d'un opérateur logique

II – 6 – Aperçu des familles logique existantes

L'offre en matière de circuits logiques s'est étendue en matières de familles mais s'est restreint en matières de fabricants. Il est certain que les ASICs permettent maintenant de regrouper en un seul circuit tout l'ensemble des portes logiques que l'on peut trouver sur une carte autour d'un microprocesseur ou d'un micro contrôleur réduisant tous les problèmes de câblage et améliorant les performances et la fiabilité.

Parmi les fabricants on peut trouver : Texas instruments, Philips, ST microelectronics, Toshiba, Fairchild

Les familles commercialisées sont étendues sur le site de Texas Instruments on trouve cet aperçu :

Find a Device: By Technology Family

Logic Technology Families	
BiPolar	
ALS	Advanced Low-Power Schottky Logic
AS	Advanced Schottky Logic
F	Fast Logic
LS	Low-Power Schottky Logic
S	Schottky Logic
TTL	Transistor-Transistor Logic
BiCMOS	
ABT	Advanced BiCMOS Technology

ABTE	Advanced BiCMOS Technology / Enhanced Transceiver Logic
ALB	Advanced Low-Voltage BiCMOS
ALVT	Advanced Low-Voltage CMOS Technology
BCT	BiCMOS Technology
FB	Backplane Transceiver Logic
GTL	Gunning Transceiver Logic
HSTL	High-Speed Transceiver Logic
JTAG	JTAG Boundary Scan Support
LVT	Low-Voltage BiCMOS Technology
SSTL	Stub Series Terminated Logic
CMOS	
AC	Advanced CMOS Logic
ACT	Advanced CMOS Logic
AHC	Advanced High-Speed CMOS
AHCT	Advanced High-Speed CMOS
ALVC	Advanced Low-Voltage CMOS Technology
AUC	Advanced Ultra-Low-Voltage CMOS Logic
AUP	Advanced Ultra-Low-Power CMOS Logic
AVC	Advanced Very-Low-Voltage CMOS Logic
CB3Q	Low-Voltage, High-Bandwidth Bus Switch Technology
CB3T	Low-Voltage, Translator Bus Switch Technology
CBT	Crossbar Technology
CBT-C	CBT with Undershoot Protection
CBTLV	Low-Voltage Crossbar Technology
CD4000	CMOS Logic
FCT	Fast CMOS Technology
GTLP	Gunning Transceiver Logic Plus
HC	High-Speed CMOS Logic
HCT	High-Speed CMOS Logic
LV-A	Low-Voltage CMOS Technology
LV-AT	Low-Voltage CMOS Technology
LVC	Low-Voltage CMOS Technology
PCA	Inter Integrated Circuit
PCF	Inter Integrated Circuit
SSTV	Stub Series Terminated Low-Voltage Logic
TVC	Translation Voltage Clamp
VME	VME Bus Products

Toutes ces familles ne proposent pas des portes logiques toutes les familles en rouge sont étudiées dans cet ouvrage, d'autres sont prises dans le catalogue des autres fabricants déjà cités