

Chapitre 3 : Les circuits intégrés (CI)

1) Définitions :

Voici ce que nous donne Wikipédia comme définition pour un circuit intégré :

Circuit intégré

 Pour les articles homonymes, voir *CI* et *Intégration*.

Le **circuit intégré (CI)**, aussi appelé **puce électronique**, est un **composant électronique**, basé sur un **semi-conducteur**, reproduisant une, ou plusieurs, fonction(s) électronique(s) plus ou moins complexe(s), intégrant souvent plusieurs types de composants électroniques de base dans un volume réduit (sur une petite plaque), rendant le circuit facile à mettre en œuvre¹.

Il existe une très grande variété de ces composants divisés en deux grandes catégories : **analogique** et **numérique**.

On peut tirer de cette définition plusieurs concepts :

- puce électronique
- composants électroniques
- semi-conducteur
- fonctions électroniques
- complexité
- intégration de composants électroniques de base
- facilité de mise en oeuvre de circuits
- deux variétés de composants électroniques : numériques et analogiques

Puce électronique : Ces juste un nom familier utiliser pour qualifier le circuit intégré

Composants électroniques : On en distingue deux types : les numériques et les analogiques. Les numériques correspondent aux différentes portes et circuits logiques (combinatoires et séquentiels qui sont tous construits à base des transistors. Les composants analogique correspondent aux éléments comme les diodes, les condensateurs, les bobines, les transistors (utilisé en mode analogique) etc.

Semi-conducteurs : Ce nom me rappelle la chimie. En fait-il s'agit d'un groupe d'éléments chimiques composant la matière et caractérisés par le fait qu'il soit non métallique et qu'il conduit imparfaitement l'électricité. En générale, on utilise le silicium comme base sur laquelle on grave des circuits (transistors notamment) pour réaliser des circuits intégrés.

Fonctions électroniques : C'est ce qui permet de répondre à des besoins réels en utilisant des composants électroniques. Elles peuvent consister en des calculs, des communications, de la mémorisation, de l'affichage, de l'impression, du traitement du signal etc.

Complexité : Se mesure en nombre de transistors intégrés au sein d'un seul puce (substrat de silicium). Elle varie de quelques centaines à des milliards de transistors. Un autre facteur influent sur la complexité est le nombre de liaisons entre les portes logiques et la façon dont sont réalisées ces connexions. Par exemple, elles sont plus régulières (donc plus simple) dans le cas d'une mémoire que dans le cas d'un microprocesseur.

Intégration de composants électroniques de base : Il s'agit du processus de rassembler de plusieurs composants aux seins d'un même substrat de silicium (puce). On parle aussi de **miniaturisation** car, on essaye au maximum d'intégrer le maximum de composants dans une puce.

Facilité de mise en oeuvre : Les circuits intégrés ont révolutionné les technologies en permettant plus de facilités dans la réalisation des fonctions de différents appareils électroniques. La possibilité d'intégrer des milliers pour ne pas dire des millions de fonctions logiques aux seins d'une seule puce permet de réaliser des circuits électroniques très simples impactant ainsi sur les circuits imprimés.

Circuits intégrés analogiques : Ce sont les plus simples. Il regroupe, en générale, de simples transistors encapsulés les uns à cotés des autres sans liaisons entre eux, ou des assemblages de composants réalisant les fonctions requise par un appareil électronique.

Circuits intégrés numériques : Ils vont des plus simples aux plus complexes. Les plus simples peuvent englober quelques portes logiques de base. Les plus complexes peuvent englober toutes les fonctions booléennes d'un microprocesseur ou d'une mémoire.

2) Caractéristiques d'un CI

Les circuits intégrés possèdent plusieurs caractéristiques à prendre en compte lors de la conception d'un dispositif électronique. On distingue les caractéristiques comportementales et les caractéristiques liées aux performances et d'autres liés à la compatibilités entre plusieurs familles de CI.

Caractéristiques comportementales :

- Délai entre changement des entrées et mise à jour de la sortie (délai de propagation)
- taux de sensibilité aux bruits (parasites) peut réduire la fiabilité
- Limites de puissance : Une sortie ne peut fournir de signal à plus de N entrées 33

Caractéristiques de performances :

- consommation électrique
- vitesse de propagation des signaux

Caractéristiques de compatibilité entre famille de CI :

- Gammes différentes de tension d'alimentation
- Codage incompatible des niveau de tension H (height ou haut) et L (low ou bas)

3) Composition d'un CI

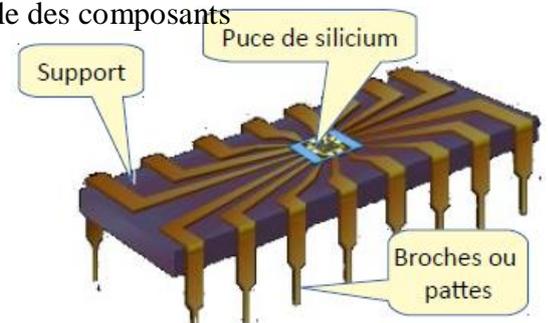
Un CI est généralement composé d'une surface (**puce**) de silicium de quelques millimètres carrés à l'intérieur du quel se trouve inscrit en nombre variable des composants

électroniques élémentaires (*Transistors, diodes, résistances, condensateurs, ...*).

Cette puce est reliée à la montre extérieure par des connecteurs

se traduisant sous forme de **broches** ou de **pattes**.

Le tous est maintenu par un **support** isolant.



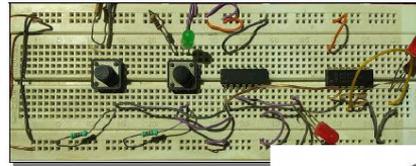
4) Montage d'un circuit utilisant des CI

Les montages électroniques se font par la mise en liaisons de plusieurs composants de bases (circuits intégrés ou composants discrets comme les transistors, les diodes, les résistances, les

bobines et les capacités) soudés ou implantés sur des supports isolants. Pour maintenir l'ensemble on utilise soit un circuit imprimé soit une maquette d'essai.

Voici un exemple de montage

électronique sur une maquette d'essai :



Voici un exemple de montage réalisé à base d'un circuit imprimé :



III. Familles des circuits intégrés logiques

Il existe plusieurs familles de circuits technologiques. Les 2 plus utilisées sont:

- TTL (*Transistors Transistors Logic*)
- CMOS (*transistors à effet de champ MOS - Complémentaire - Métal - Oxyde - Semi-conducteur*)

1. Circuits logiques TTL

a. Présentation

Transistor-Transistor Logic ou **TTL** est une famille de circuits logiques utilisée en électronique inventée dans les années 1960. Cette famille est réalisée avec la technologie du transistor bipolaire et tend à disparaître du fait de sa consommation énergétique élevée (comparativement aux circuits CMOS). Les avantages de cette famille :

- Les entrées laissées en 'l'air' ont un état logique à 1 par défaut.
- Une bonne immunité au bruit.
- Un temps de propagation faible.

Les inconvénients de cette famille :

- L'alimentation doit être précise à 5V +/- 5 % sinon on risque de détruire le circuit.
- Du fait qu'elle est réalisée avec des transistors bipolaires elle consomme pas mal de courant comparé à la famille CMOS. (Car les transistors bipolaires sont commandés en courant).

b. Caractéristiques

<i>Familles TTL : Transistors Transistors Logic</i>	
<i>Référence de boîtier</i>	<i>Caractéristiques de fonctionnement</i>
<ul style="list-style-type: none"> • TTL standard (n'est plus utilisée) : 74 XX • TTL Low Power: 74 L XX • TTL Schottky (Rapide): 74 SXX • TTL Low Power Schottky: 74 LSXX • TTL Advanced Schottky: 74 ASXX TTL • Advanced Low Power Schottky: 74 ALSXX 	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme d'alimentation : 5 V +/- 5%. • Gamme de température : de 0 °C à + 70 °C. • Puissance dissipée : environ 2 mW par porte (série LS). Fréquence de fonctionnement : jusqu'à 3 MHz. • Sortance : jusqu'à 20 (série LS). (Nombre d'entrées que l'on peut relier à une sortie de porte)

2. Circuits logiques CMOS

a. Présentation

CMOS est l'abréviation de "**Complementary Metal Oxide Semi-conductor**". Le premier dispositif MOS est apparu en 1960. Son développement a été rendu possible par les progrès réalisés par la technologie TTL. Cette famille est réalisée avec des transistors à effet de champs. Les avantages de cette famille:

- L'alimentation peut aller de 3V à 18V.
- Le courant d'entrée est nul, car elle est réalisée avec des transistors à effet de champs. (Les transistors à effet de champs sont commandés en tension).
- Une excellente immunité au bruit. Les inconvénients de cette famille .
- La vitesse de commutation est plus faible que pour la technologie TTL.

b. Caractéristiques Familles CMOS : Transistors Transistors Logic

<i>Référence de boîtier</i>	<i>Caractéristiques de fonctionnement</i>
<p>❖ Série 4000 :</p> <p>40 00 B (sorties bufférisées :amplifiées) 40 00 UB (sorties non-bufférisées)</p> <p>❖ Série 74 :</p> <p>74 C 00 (identique à la série 4000) 74 HC 00 (High-speed CMOS : CMOS rapides)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Gamme d'alimentation : de 3 V à 15 V. Gamme de température : de - 40 °C à + 85 °C. Puissance dissipée : environ 10 nW par porte.• Fréquence de fonctionnement : jusqu'à 12 MHz.• Sortance : jusqu'à 50 (série 4000B).(Nombre d'entrées que l'on peut relier à une sortie de porte)• Excellente immunité aux bruits.