



Les composants

7. Autres dispositifs semi-conducteurs

7.1. Introduction

Bien que le programme HAREC ne prévoie pas de connaître les matières suivantes, nous pensons qu'il est très important d'étudier les circuits intégrés.

Les **circuits intégrés** (IC ou *Integrated Circuits*) comprennent de nombreux transistors et diodes sur un seul morceau de silicium. Les circuits intégrés peuvent être analogique ou digitaux. La plupart des IC sont en capsules dans les boîtiers en plastic, d'autres dans des boîtiers métalliques.

Les **circuits intégrés linéaires** sont appelés ainsi parce que la tension de sortie est proportionnel à la tension d'entrée (fonction linéaire).

Ce qui est remarquable avec les IC c'est qu'on ne doit plus trop se préoccuper de ce qu'il y a à l'intérieur, il faut plutôt apprendre à les utiliser comme des "blocs", il faut apprendre à y mettre les quelques composants (généralement des R et des C) autour, il faut apprendre à lire les notes d'applications et on pourra ainsi réaliser les fonctions les plus complexes.

Nous verrons aussi les **MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits)**, les **thyristors**, les **triacs**, les **optocoupleurs** et les **relais statiques**

Dans ce chapitre devraient aussi venir les **circuits digitaux**, les circuits **TTL** et **CMOS**, mais comme ils font partie d'un point de l'examen HAREC, nous les traiterons à part au paragraphe 9.



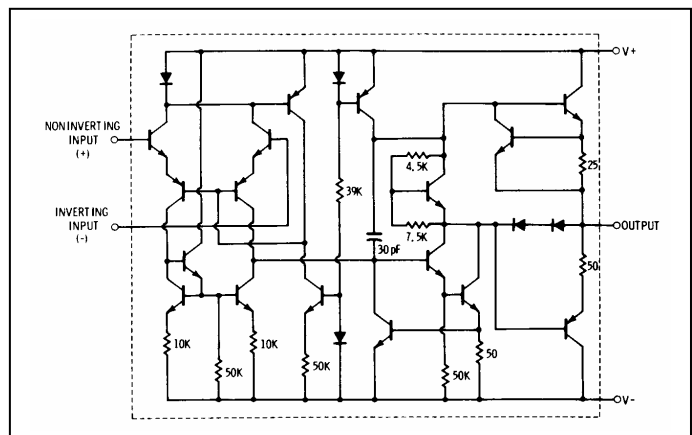
7.2. Les amplificateurs opérationnels

Un **amplificateur opérationnel** ou **AO** (**op amp** ou **operational amplifier**) est un amplificateur à courant continu avec une entrée différentielle, un haut gain et une bande passante assez élevée. Comprendre ce qu'il y a à l'intérieur d'un AO n'a que peu d'intérêt, il faut plutôt considérer les AO comme des blocs avec lesquels on peut construire des fonctions électronique (un amplificateur, un oscillateur, un comparateur, etc ...).

Un AO est un **amplificateur différentiel** ce qui veut dire qu'il possède deux entrées marquées "+" et "-". La figure ci-contre montre le symbole d'un A.O. Si on applique une tension positive à l'entrée "+", le signal de sortie va augmenter vers une valeur positive, si on applique une tension positive à l'entrée "-", le signal de sortie va augmenter vers une valeur négative. La tension de sortie est donc proportionnelle à la différence des tensions. Bien sûr si une des entrées est à la masse, la tension de sortie est proportionnelle à la tension d'entrée et la tension de sortie est en phase si le signal est appliqué à l'entrée "+" et en opposition de phase si le signal est appliqué à l'entrée "-".



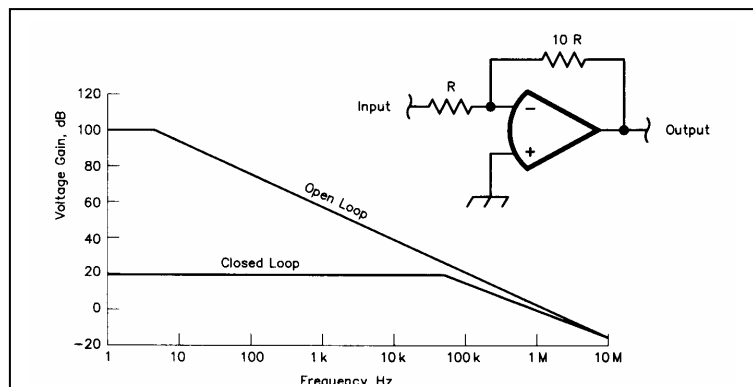
En fait "l'intérieur" d'un AO est assez complexe, (voir figure ci-contre) mais heureusement, nous n'aurons pas à nous préoccuper puisque tout ceci est "intégré" sur une puce ...



Comme l'entrée est symétrique, l'AO est également alimenté par deux tensions symétriques. Ces tensions vont de + et - 3 V à + et - 15 V habituellement.

Un AO est caractérisé par sa **haute impédance d'entrée** et sa **faible impédance de sortie**. Certains AO sont réalisés selon la technologie des JFET ou des MOSFET et alors l'impédance d'entrée est très élevée (quelques 10 M Ω).

La **bande passante** d'un AO idéal devrait être infinie. En pratique la bande passante va depuis le courant continu (puisque c'est un amplificateur à couplage direct) jusqu'à quelques MHz. Certains AO spécialement conçus pour la vidéo vont jusqu'à quelques dizaines de MHz, d'autres, conçus pour les RF vont jusqu'à quelques centaines de MHz.



Le **gain** des AO est idéalement infini, en pratique on atteint des gains maximum de l'ordre de 1 million de fois. Le gain sans aucun élément extérieur connecté, est appelé **gain en boucle ouverte (open loop gain)**. Utilisé avec un gain maximum, un AO a une trop faible bande passante et devient instable. C'est pourquoi on



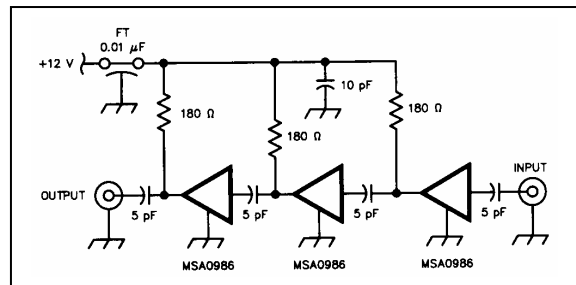
monte autour de l'AO quelques résistances qui réalise la contre réaction. C'est ce qu'on appelle le gain en boucle fermée (**closed loop gain**).

Sélections de quelques AO

741	"un ancêtre"
5558	= 2 x 741

7.3. Les MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits)

Ces IC sont relativement petits, ils ont quatre fils de connexion disposés en croix, deux connexions servent à l'alimentation (la masse et le +V) et il y a bien sûr une connexion d'entrée et une connexion de sortie. Les MMIC sont plus intéressants à utiliser que les transistors car ils requièrent moins de composants extérieur et que leur stabilité est garantie jusqu'à quelques GHz Les MMIC sont généralement utilisés avec des microstrip, c.-à-d.



des circuits imprimés avec une face en cuivre plein et une autre face avec des lignes qui se comportent exactement comme des lignes coaxiales. L'alimentation se fait généralement au travers d'une résistance. Excepté cette résistance et deux condensateurs de liaison, il n'y a aucun autre élément extérieur.

Ces composants sont essentiellement utilisés dans des amplificateurs micro-ondes.



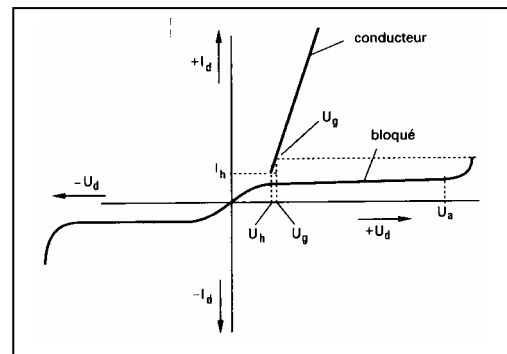
7.4. Les thyristors et les triacs

Un **thyristor** encore appelé **Silicon-Controlled Rectifier** ou **SCR** est un composant semi-conducteur qui possède trois connexions appelées anode, cathode et gâchette. C'est en fait une diode dont la conduction peut être commandée (on pourrait aussi dire peut être déclenchée) par la gâchette. Le thyristor ne conduit le courant que dans un seul sens. A l'état normal, un thyristor ne conduit pas tant que l'on n'a pas appliqué une certaine tension entre la cathode et la gâchette. Lorsqu'un thyristor conduit, il reste conducteur même si on supprime la tension entre la cathode et la gâchette. Le thyristor se comporte alors comme une diode. Pour supprimer alors la conduction du thyristor, il faut supprimer la tension entre l'anode et la cathode.

A 6-22

Les thyristors sont essentiellement utilisés pour

- les circuits de mise à la masse dans les montages de protection contre les surtensions (voir plus loin au Chapitre 7, le paragraphe ? qui traite des alimentations),
- les allumages électroniques (allumage de moteur à essence),
- les redresseurs industriels afin de réguler la tension de sortie,
- les régulations de vitesse des moteurs électriques.



Sélection des thyristors les plus courants :

BRX 49 400 V, 0,8 A
BT145 500 V, 25 A, TO-220
BT151 500V, 12 A, TO-220
BT152 500V, 20 A, TO-220
BT157 500V, 3,2 A, TO-220
TIC106 600 V, 5 A
TIC107 400 V, 4A
TIC116 400 V, 8 A



Le **triac** ressemble au thyristor, mais il s'agit d'un élément bidirectionnel. Le courant peut aussi bien passer dans un sens que dans l'autre. Il n'y a plus d'anode et de cathode, mais bien une anode 1 et une anode 2. La tension de commande doit être appliquée entre anode 2 et gâchette.

Les triacs sont essentiellement utilisés comme

- contrôleur d'éclairage ("light dimmer"),
- régulateur de vitesse de moteur AC.

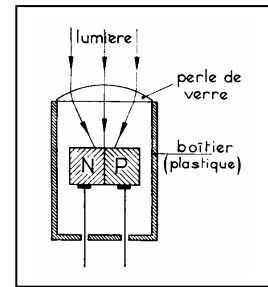
Sélection des triacs les plus utilisés :

BS-04A 400 V , 6 A
BT136 500 V , 4 A , TO-220
BT137 400 V , 8 A , TO-220
BT138 500 V , 12 A , TO-220
BT139 500 V , 16 A , TO-220

A 6-24

7.5. Les photodiodes et phototransistors

Les photons d'énergie suffisante créent des paires électron-trou. Le courant au travers de la barrière de potentielle est donc augmentée.



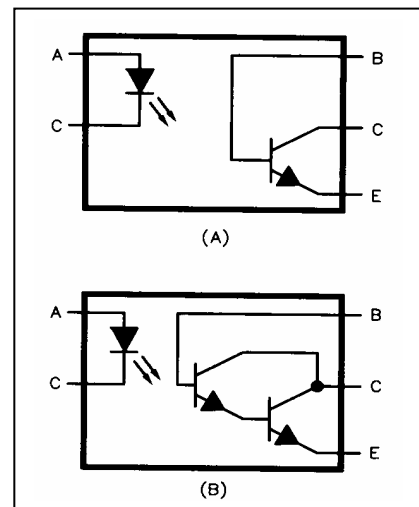
7.6. Les optocoupleurs

Un optocoupleur est une combinaison d'une LED et d'un phototransistor, dans un seul boîtier. Ces boîtiers DIL ont généralement 6 broches. Lorsqu'on envoie du courant dans la LED, celle-ci s'illumine et crée des paires électrons-trous dans la base du transistor, ce qui le fait conduire. Par le fait même que l'on utilise de la lumière et non du courant, l'optocoupleur permet de résoudre la plupart des problèmes d'isolation galvanique.

Au lieu d'un transistor (figure A), on peut aussi avoir un transistor Darlington (figure B), il faudra alors moins de courant dans la LED pour faire conduire le transistor.

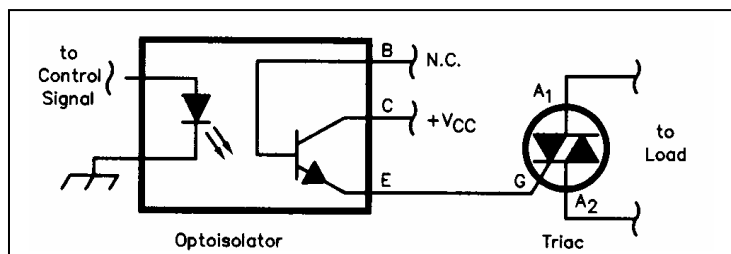
Les caractéristiques essentielles des optocoupleurs sont :

- courant maximum dans la LED, qui varie de 25 à 100 mA selon le type
- courant collecteur maximum, qui varie de 8 à 100 mA
- tension émetteur-collecteur maximum qui varie de 15 à 70 V
- rapport de transfert de courant qui varie
 - de 0,1 à 1 pour les optocoupleurs normaux, à
 - env. 10 pour les montages darlington
- tension d'isolation qui varie de 500 V à 10 000 V selon le type



7.7. Les relais statiques

En combinant un optocoupleur et un triac, on obtient un relais statique. Un relais statique peut remplacer un relais conventionnel il offre comme avantage une commutation plus rapide, pas de bruit, pas d'arc, pas de rebondissement de contacts.



Dans la plupart des cas l'optocoupleur comporte également la résistance de limitation de la LED ou un circuit de régulation du courant de la LED (avantage : plus grande plage de tension).

Un relais statique est caractérisé par

- le courant maximum du triac,
- la tension maximum du triac,
- la tension ou la plage de tension de la LED
- la tension d'isolation



7.8. Les régulateurs de tension

Les régulateurs de tension sont également des circuits intégrés qui permettent de stabiliser une tension d'alimentation.

7.9. Les circuits intégrés digitaux

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, les circuits intégrés digitaux font partie du programme HAREC et seront vu au paragraphe 9.