

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE LAFFRANCHI DE BLAGNAC
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIERIE
DEPARTEMENT D' AERONAUTIQUE

Mémoire de projet de fin d'études en de l'obtention du
diplôme d'études universitaires appliquées D.E.U.A

Option : Avionique

THEME

**Etude et réalisation d'une chaîne d'acquisition
reproduisant la fonction du tachymètre avec
visualisation sur PC**

Proposé par : Mr Kouider

Réalisé par :

- Mr Abba Malam Boukar ousmane
- Mr Lagraa Benouda

Promotion 2006

Résumé

La détermination de la vitesse de rotation d'un moteur est essentielle pour contrôler certains paramètres de fonctionnement dudit moteur.

Aussi c'est dans cette logique que nous avons fait de l'objectif principal de notre projet de fin d'études le contrôle de cette vitesse grâce à une étude détaillée et une réalisation à échelle réduite servant d'illustratif pour appuyer la théorie avancée. En effet pour atteindre notre objectif nous avons conçu une chaîne de mesure qui reproduit la fonction d'un tachymètre. Il est bien évident que pour la conception de ce compte-tours nous avons utilisé aussi bien un capteur pour la détection qu'un convertisseur Analogique Numérique qui permet la numérisation du signal ainsi que l'interfaçage en vue de la visualisation sur écran PC par le biais d'un programme informatique.

ملخص

إن لتحديد سرعة دوران محرك أهميته كبيرة في مراقبة العديد من مقاييس التشغيل. وفي هذا الإطار تناولت مذكرتنا هذه كهدف أساسي مراقبة هذه السرعة. بفضل دراسة تفصيلية وبتحقيق سليم مصغر موضع لتدعيم النظرية المتقدمة. وللوصول إلى هذا الهدف صممنا سلسلة من القياسات لصياغة دالة ممثلة لمقياس هذه السرعة ولتصور ذلك استعملنا:
لاقط الكشف ومستبدل تماثلي رقمي الذي يسمح لنا بتقييم الإشارات وعن طريق الرؤية على شاشة الحاسوب معتمدين في ذلك على برنامج إعلام آلي.

ABSTRACT

The determination number of revolutions of an engine is essential to control certain parameters of driving of the aforesaid operation.

As it is in this logic as we made principal objective of our project of end of studies the control this speed thanks to a detailed study and a realization on reduced scale serving as illustrative to support the advanced theory. Indeed to achieve our goal we designed measuring equipment which reproduces the function of a tachometer. It is quite obvious that for the design of this rev counter we used as well a sensor for detection as Numerical an Analogous converter which allows the digitalization of the signal as well as the interfacing for visualization on screen PC by the means of a data-processing program.

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier ALLAH le tout puissant pour tout ce dont nous ne le remercierons jamais assez.

Nous tenons naturellement à manifester toute notre reconnaissance à nos parents respectifs qui nous ont tellement soutenu et continuent de le faire.

Une attention particulière va à l'encontre de Mr Kouider Elouahed

Notre promoteur pour l'aide précieuse et perpétuelle qu'il nous a manifesté tout au long de ce travail.

Nous remercions également notre co-promoteur M^r Bentréd pour sa riche contribution dans l'élaboration de ce travail.

Nous remercions vivement tous les enseignants qui ont su parfaire notre formation particulièrement Mr Benouared qui nous tenons à le préciser nous a également beaucoup aidé pour l'accomplissement de ce travail


Nous ne saurions ne pas remercier tous les amis de l'AVIONIQUE et particulièrement Ahmed Boudey pour son aide précieuse.

Nous remercions nos amis, frères de la R.U. 6 pour le soutien qu'il nous ont toujours manifesté

Enfin nous remercions tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette œuvre.



Dédicace



*Je dédie ce modeste travail à mes parents,
Qui m'ont soutenu tout au long de mes études
Et auxquels tout revient, ainsi que mes frères
Pour m'avoir toujours encouragé*



Ousmane
Septembre 2006



Dédicace

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

Ma mère

*Pour tous ces sacrifices et son soutien moral et matériel dont elle
a fait preuve pour que je réussisse.*

Je le dédie également à

Mes frères, Youssef, Mohamed, Khaled, Djaaffar

A toutes ma famille

*Mes amis: Boumedienne, Slimane, Mohamed, Hocine,
Abdelkader, Moustapha, Khaled, Ahmed, Hakim*

*En un mot, à toute ma famille, mes amis, tous ceux qui ont
contribué de près ou de loin à ma formation*



Benouda
Septembre 2006



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'aviation et particulièrement l'aéronautique ont été et continuent d'être le siège d'une évolution impeccable et assez rapide. En presque un peu plus d'un demi-siècle l'avancée technologique est ahurissante. L'essor fulgurant des sciences a permis une surveillance accrue des différents systèmes de l'aéronef. C'est ainsi qu'aujourd'hui nous assistons à la naissance d'aérodynes véritablement très performants, qui plus est de loin plus sécurisés. Cette dernière étant sans nul doute la première des conditions à satisfaire pour la mise en exploitation d'un aéronef.

Les capteurs et la chaîne d'acquisition sont au cœur de beaucoup de systèmes industriels. Un capteur est un élément déterminant de la chaîne d'information. Sachant qu'une mesure est une représentation quantifiée d'une grandeur physique. Les grandeurs qui nous intéressent sont celles qui interviennent dans le domaine de la mécanique physique, à savoir principalement : déplacement, allongement, vitesse, débit, accélération, force, pression, contrainte, température.

Dans ce travail que nous abordons nous nous adonnons à l'étude et à la réalisation d'un système d'acquisition censé reproduire la fonction du tachymètre. Les techniques de mesurage font appel à des méthodes très variées et font intervenir différents types de phénomènes physiques. Notre travail étant défini la grandeur physique soumise à mesurage qui nous intéresse est la vitesse de rotation (tr/min).

La chaîne d'acquisition permet de transformer une grandeur à mesure en un signal électrique exploitable. Elle est intégrée dans des systèmes qui nécessitent le pilotage d'une grandeur. L'objectif de ce travail étant la détection de l'information provenant de la rotation de l'arbre moteur, ensuite son traitement suivant les procédés usuels (amplification, filtrage,...), pour enfin la présentée via le PC qui, grâce à un logiciel de traitement de données, nous permettra sa lecture.

Dans le souci de la mise en œuvre de ce travail, l'étude a été divisée en quatre chapitres précédés par une introduction. Ainsi donc l'organisation de ce travail se présente comme suit :

Le premier chapitre présentera une étude des capteurs ainsi que des conditionneurs qui s'y associent,

Le second chapitre est réservé aux convertisseurs analogiques-numériques.

Le troisième chapitre proposera un aperçu assez détaillé sur les interfaces.

Le quatrième et dernier chapitre fera l'objet de la réalisation de la chaîne d'acquisition suivi d'une conclusion générale, d'une bibliographie et d'annexes

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : ETUDE GENERALE DES CAPTEURS	3
I-1 /INTRODUCTION	4
I-2 /POSITION DU PROBLEME.....	4
I-3 / DEFINITION.....	4
<i>A/ MESURANDE</i>	4
<i>B/ CAPTEUR</i>	4
<i>C/ CHAINE DE MESURE</i>	6
<i>D/ TYPE DE GRANDEUR PHYSIQUE</i>	7
I-4/ CLASSIFICATION DES CAPTEURS.....	7
A / CAPTEURS PASSIFS.....	7
B / CAPTEURS ACTIFS.....	8
Précision sur les effets utilisés.....	9

1/ EFFET THERMOELECTRIQUE.....	9
2/ EFFET PYROELECTRIQUE.....	9
3/ EFFET PIEZO-ELECTRIQUE.....	9
4/ EFFET D'INDUCTION	9
5/ EFFET PHOTOELECTRIQUE.	9
6/ EFFET PHOTOEMISSIF.....	10
7/ EFFET PHOTOVOLTAIQUE	10
8/ EFFET PHOTO ELECTROMAGNETIQUE....	10
9/ EFFET HALL	11
C / PERFORMANCE : DEFINITIONS METROLOGIQUES.....	11
1/ ETENDUE DE LA MESURE.....	11
2/ RESOLUTION.....	12
3/ CARACTIRISTIQUES D'ENTREE-SORTIE D'UNCAPTEUR.....	12
4/ SENSIBILITE.....	12
5/ FINESSE.....	12
6/ LINEARITE.....	13
7/ CARACTIRESTIQUES STATIQUES D'UN CAPTEUR.....	13
8/ FIDELITE.....	14
9/ JUSTESSE.....	14
10/ PRECISION.....	14
11/ RAPIDITE.....	15
I-5/ LE CONDITIONNEUR.....	15
A / AMPLIFICATEUR DE TENSION.....	16
B / CONVERTISSEUR COURANT/TENSION	16

CHAPITRE II : LES CONVERTISSEURS

ANALOGIQUES NUMERIQUES.....	18
II-1 / INTRODUCTION.....	19
II-2/GENERALITES.....	19
A / PROBLEME DE L'ACQUISITION DE DONNES.....	19
B / PROBLEME INVERSE DE LA COMMANDE NUMERIQUE.....	19
C / CORRESPONDANCE ANALOGIQUE-NUMERIQUE.....	20
D / THEORIE DE L'ECHANTILLONNAGE.....	22
II-3/ LES DIFFERENTS TYPES DE CONVERTISSEURS.....	25
A / CONVERTISSEUR FLASH OU PARALLELE.....	25
B / CONVERTISSEUR A APPROXIMATIONS SUCCESSIVES.....	27
C / CONVERTISSEUR A COMPTAGE D'IMPULSIONS.....	28
1 / SIMPLE RAMPE.....	28
2 / DOUBLE RAMPE.....	32
3 / RAMPE NUMERIQUE.....	33
4 / ERREUR DE CONVERSION.....	34
CHAPITRE III : LES INTERFACES	38
III-1/ INTRODUCTION.....	39
III-2/ LE PORT SERIE.....	39

A / LES PRISES SERIES.....	43
B / CONFIGURATION.....	43
C / LES PRISES LOOPBACK.....	45
III-3/ LE PORT PARALLELE.....	46
A / LES PRISES PARALLELES.....	46
B / CONFIGURATION DU PORT PARALLELE.....	49
C / LES TYPES DE PORT PARALLELE.....	49
III-4 / USB.....	50
CHAPITRE IV : ETUDE DES DIFFERENTS	
ETAGES DE LA CHAINE DE MESURE.....	52
IV-1/ PRESENTATION DU SCHEMA SYNOPTIQUE.....	53
IV-2/ PRESENTATION DU SCHEMA ELECTRIQUE	54
A / LE CAPTEUR ET SON CONDITIONNEUR.....	55
B / LE MONOSTABLE.....	56
C / FILTRAGE.....	57

D / LE CONVERTISSEUR A/N.....	57
IV-3/ PRESENTATION GLOBALE DES SIGNAUX ELECTRIQUE.....	58
CHAPITRE V : REALISATION	60
V-1/ PRESENTATION	61
V-2/ REALISATION PRATIQUE.....	61
A / CABLAGE DU CIRCUIT.....	61
B / FINITION.....	62
C / LE LOGICIEL	65
D / LE PROGRAMME	65
CONCLUSION GENERALE.....	69

Bibliographie

Annexes

Tables des figures

CHAPITRE I :

Etude générale des capteurs

I-1 / INTRODUCTION

Lorsque l'on souhaite traduire une grandeur physique en une autre grandeur, on fait appel à ce que l'on nomme classiquement « capteur ». Son rôle est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste.

Ce chapitre est destiné à donner un aperçu :

- des possibilités de mesure des grandeurs physiques ;
- des principales caractéristiques dont il faut tenir compte lors de l'utilisation d'un capteur

I-2 / POSITION DU PROBLEME

On désire mesurer tous les types de grandeurs physiques pour les traiter et les exploiter.

Pour cela on transforme la grandeur à mesurer, en un signal facilement exploitable : une tension ou un courant électriques.

I-3 / DEFINITION

A/ MESURANDE

C'est la grandeur physique que l'on souhaite connaître.

B/ CAPTEUR

C'est l'élément qui va permettre sous l'effet du mesurande d'en délivrer une image exploitable (signal électrique par exemple).

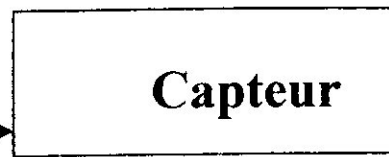
On parle aussi de transducteur, la grandeur physique d'entrée (mesurande) étant transformée en une autre grandeur physique de sortie ou en un signal électrique.

Grandeur physique

D'entrée

Le mesurande m

Ou excitation



grandeur électrique

De sortie

la réponse s

$$s = f(m)$$

Fig. (1-1): synoptique du principe du capteur

Pour faciliter l'exploitation de la réponse, on s'efforce de réaliser des capteurs dont la relation $s=f(m)$ est linéaire. Dans ce cas s et m sont proportionnels.

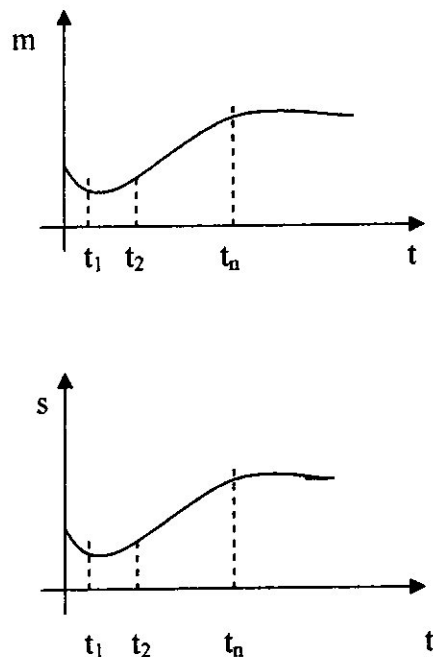


Fig. (1-2): schémas des courbes représentatives du fonctionnement du capteur

principe d'un capteur

Généralement, on obtient une grandeur de sortie du type électrique. Elle peut être soit :

- charge,
- une tension,
- un courant,
- une impédance (R, L, C).

C/ CHAÎNE DE MESURE

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents. Par exemple la mesure d'un débit peut se faire en plusieurs étapes :

- transformation du débit en une pression différentielle,
- transformation de la pression différentielle en la déformant mécanique d'une membrane,
- transformation de la déformation mécanique en une grandeur électrique (à l'aide d'un piézo-électrique) via un circuit électronique associé.

L'ensemble de ces étapes constitue la chaîne de mesure.

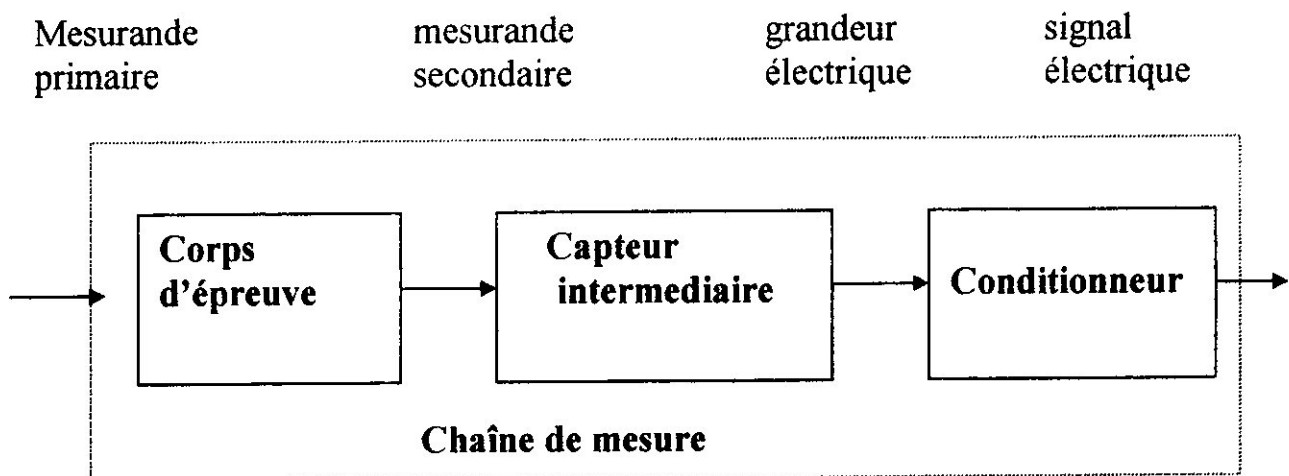


Fig. (1-3): Schéma de constitution d'une chaîne de mesure classique

De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. Si la chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec le mesurande. Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable. Le choix de ce conditionneur est une étape importante dans le cadre de la chaîne de mesure car, associé au capteur, il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure.

D/ TYPES DE GRANDEUR PHYSIQUE

On peut classer les grandeurs physiques en 6 familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces 6 familles.

- Mécanique : déplacement, force, masse, débit, etc...
- Thermique : température, capacité thermique, flux thermique, etc. ...
- Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique, etc...
- Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique, etc...
- Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes, etc...
- (Bio)Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone, etc...

I-4/ CLASSIFICATION DES CAPTEURS

On classifie les capteurs en deux grandes familles en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

A/ CAPTEURS PASSIFS

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif.

Le tableau ci-dessous résume, en fonction du mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.

Tableau I-1

mesurande	Effet utilisé grandeur de sortie	matériaux
Température très basse température	Résistivité Constante diélectrique	Platine, Nickel, Cuivre, Semi-conducteurs Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

B / CAPTEURS ACTIFS

Dans ce cas, la sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dispositif actif qui peut être du type courant, tension ou charge. Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci-dessous.

Tableau I-2

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité Thermocouple	Tension
Flux optique	Photo émission Pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet HALL	Tension
Vitesse	Induction	Tension

Précision sur les effets utilisés

1/ Effet thermoélectrique.

C'est le principe de tout thermocouple. C'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures différentes T_1 et T_2 . Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension *force électromotrice* liée à la différence de température ($T_1 - T_2$). (Fig. 1.4a)

2/ Effet pyroélectrique.

Certains cristaux dits pyroélectriques, le sulfate de triglycine par exemple, ont une polarisation électrique spontanée qui dépend de leur température. Application : un flux de rayonnement lumineux absorbé par un cristal pyroélectrique élève sa température ce qui entraîne une modification de sa polarisation qui est mesurable par la variation de tension aux bornes d'un condensateur associé (Fig. 1.4b).

3/ Effet piézo-électrique.

L'application d'une force et plus généralement d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques, le quartz par exemple, entraîne une déformation qui suscite l'apparition de charges électriques égales et de signes contraires. Application : mesure de forces ou de grandeurs s'y ramenant (pression, accélération) à partir de la tension que provoquent aux bornes d'un condensateur associé à l'élément piézo-électrique les variations de sa charge. C'est un phénomène réversible (Fig. 1.4c).

4/ Effet d'induction électromagnétique.

Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une f.é.m. Proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Application : la mesure de la f.é.m. d'induction permet de connaître la vitesse du déplacement qui est à son origine (Fig. 1.4d).

5/ Effets photoélectriques.

On en distingue plusieurs, qui diffèrent par leurs manifestations mais qui ont pour origine commune la libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement électromagnétique, dont la longueur d'onde est inférieure à une valeur seuil, caractéristique du matériau.

6/ Effet photoémissif.

Les électrons libérés sont émis hors de la cible éclairée et forment un courant collecté par application d'un champ électrique.

7/ Effet photovoltaïque.

Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction de semi-conducteurs P et N illuminée ; leur déplacement dans le champ électrique de la jonction modifie la tension à ses bornes.

8/ Effet photoélectromagnétique.

L'application d'un champ magnétique perpendiculaire au rayonnement provoque dans le matériau éclairé l'apparition d'une tension électrique dans la direction normale au champ et au rayonnement. Applications. Les effets photoélectriques sont à la base de méthodes de mesure des grandeurs photométriques d'une part, et ils assurent d'autre part, la transposition en signal électrique des informations dont la lumière peut être le véhicule

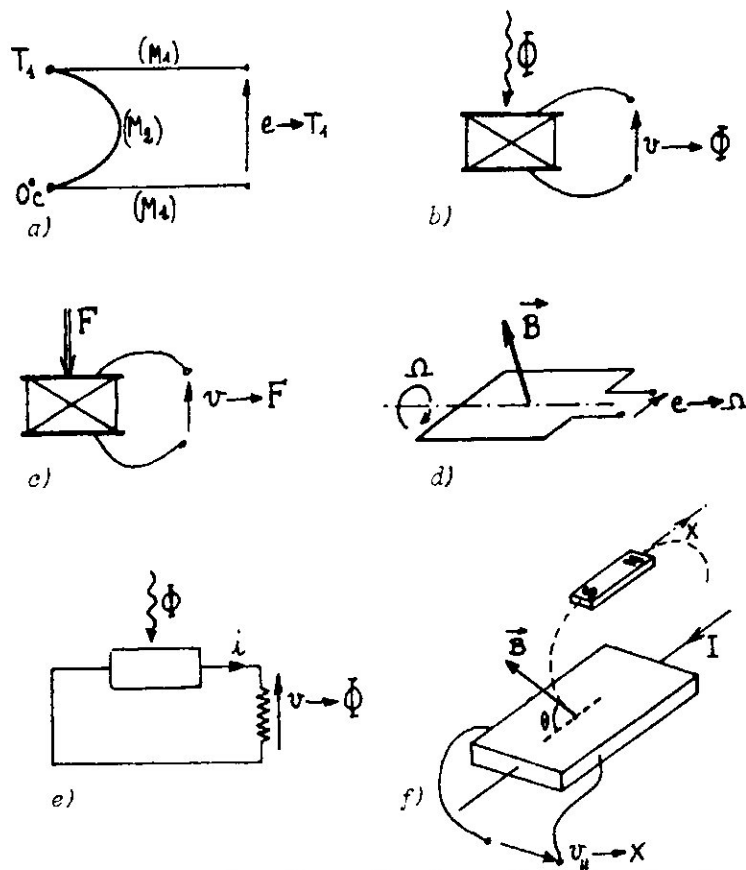


Fig (1-4-A.B.C.D):Exemples d'application d'effets physiques à la réalisation de capteurs actifs : (a) thermoélectricité, (b) pyroélectricité, (c) piézoélectricité, (d) induction électromagnétique, (e) photoélectricité, (f) effet Hall.

9/ Effet Hall.

Un matériau, généralement semi-conducteur et sous forme de plaquette, est parcouru par un courant I et soumis à une induction B faisant un angle θ avec le courant. Il apparaît, dans une direction perpendiculaire à l'induction et au courant une tension v_H qui a pour expression :

$$V_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$$

Où K_H dépend du matériau et des dimensions de la plaquette. Application : un aimant lié à l'objet dont on veut connaître la position détermine les valeurs de B et θ au niveau de la plaquette : la tension v qui par ce biais est fonction de la position de l'objet en assure donc une traduction électrique (Fig. 1.3f).

C/ PERFORMANCES : DEFINITIONS METROLOGIQUES

De manière à classer les capteurs en fonction de leurs performances, on est amené à définir des paramètres qui permettent de les sélectionner en fonction de l'application.

1/ ETENDUE DE LA MESURE

Elle définit la zone dans laquelle les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles :

-zone nominale d'emploi

Zone dans laquelle le mesurande peut évoluer sans modification des caractéristiques du capteur.

-zone de non détérioration

Valeurs limites des grandeurs influençant le capteur (mesurande, température environnante, etc....) sans que les caractéristiques du capteur ne soient modifiées après annulation de surcharges éventuelles.

-zone de non destruction

Elle définit les limites garantissant la non destruction du capteur mais dans laquelle il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur.

Pour un capteur d'induction B, un capteur à forte perméabilité sera très sensible, par contre sa présence aura tendance à perturber les lignes de champ et la mesure de l'induction ne sera pas celle sans capteur d' ou une mauvaise finesse, mais cette erreur ne peut être évaluée en vue d'une correction poste mesure et ainsi faire abstraction de la présence du capteur

6/ LINEARITE

Zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande. Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des moindres carrés. On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en pourcentage l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe.

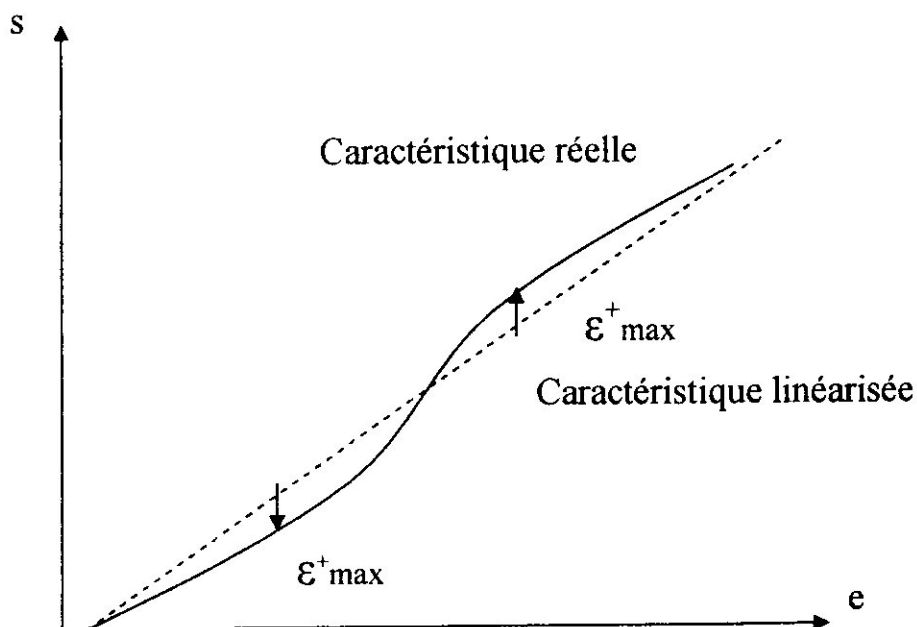


Fig. (1-6) : Exemple de linéarisation de caractéristiques

7/ CARACTERISTIQUES STATIQUES D'UN CAPTEUR

Ces paramètres permettant de prendre en compte la notion d'erreurs accidentelles qui peuvent survenir sur un capteur.

Rappel : soit n mesures effectuées sur un mesurande, on définit à partir de ces n mesures :

11/ RAPIDITE

C'est la qualité d'un capteur à suivre les variations du mesurande. On peut la chiffrer de plusieurs manières :

- bande passante du capteur. (à -3 dB par exemple).
- Fréquence de résonance du capteur.
- Temps de réponse (à x %) à échelon du mesurande.

I-5/ LE CONDITIONNEUR

Il est le plus souvent appelé conditionneur associé car il paraît être un corps indépendant du capteur. Le conditionneur doit permettre de préparer le signal à un traitement et à une transmission. Il doit amplifier et convertir pour cela le signal électrique de sortie de capteur

Amplification

Le signal fourni par un capteur est pratiquement toujours très faible et ne peut donc être transmis tel quel. On va donc dans une première étape l'amplifier pour l'adapter en amplitude aux dispositifs suivants de la chaîne. En exploitant les propriétés de l'amplificateur opérationnel on pourra aussi compenser des erreurs de zéro en procédant à un décalage du signal, voire parfois décaler fortement le signal pour le rendre compatible avec le système de conversion analogique numérique associé. Précisons que le taux d'amplification requis sera le résultat d'un compromis lié au choix du convertisseur analogique numérique, c'est à dire en fait de la résolution souhaitée. Celle-ci doit être mûrement réfléchie et résulte de plusieurs critères, dont en particulier le choix du système informatique et du langage dans lequel on va développer les programmes de traitement éventuel, ainsi que du procédé d'affichage retenu autant que de la qualité du capteur. On devra aussi tenir compte de l'étendue de mesure effective. La figure ci-dessous résume ce problème.

Dans cet exemple l'étendue de mesure est dV , c'est à dire que le signal issu du capteur varie entre V_0 et V_1 . On aura donc avantage à procéder à un décalage de zéro d'amplitude $-V_0$ avant amplification et à amplifier de telle sorte qu'à dV corresponde la pleine échelle (à 10% près) du convertisseur. La marge de 10% étant supposée satisfaisante pour tenir compte des aléas éventuels de fonctionnement du système.

CHAPITRE II :

Les convertisseurs analogiques-numériques.

II-1 / INTRODUCTION

Un convertisseur analogique-numérique (CAN) est un circuit permettant de transformer en valeurs numériques un phénomène variant dans le temps. Lorsque les numériques peuvent être stockés sous forme binaire (donc par un ordinateur), on parle de données multimédias. Le mot binaire en sortie est proportionnel au rapport de la tension d'entrée à une tension de référence. Toutes ces définitions sont données pour des convertisseurs parfaits, en pratique on est loin du compte, car ces composants intègrent des comparateurs différentiels, amplificateurs opérationnels et autres réseaux de résistances qui sont imparfaits.

II-2/GENERALITES

A/ PROBLEME DE L'ACQUISITION DES DONNEES

Lorsqu'on avait une électronique purement analogique il y avait une correspondance directe entre le courant et la déviation du galvanomètre. Dorénavant on souhaite afficher le résultat sous forme numérique, d'une part, et le sauvegarder dans la mémoire d'un système informatique. D'autre part. On va donc être confronté au besoin de réaliser une conversion de la donnée analogique (courant ou tension) en une valeur numérique, c'est à dire codée en binaire. Fonction que l'on réalisera à l'aide d'un convertisseur analogique numérique ou CAN (ADC en anglais pour *analogue to digital converter*).

Rappelons que cette conversion impliquera un échantillonnage de la grandeur, c'est à dire sa sauvegarde pendant la durée de l'opération de conversion dans un dispositif dénommé généralement échantillonneur-bloqueur, et que la fréquence d'échantillonnage (conditionnée par le temps de conversion du CAN choisi) devra satisfaire aux contraintes du théorème de *Shannon* si l'on ne souhaite pas perdre d'information.

B/PROBLEME INVERSE DE LA COMMANDE NUMERIQUE

Inversement il est de plus en plus fréquent d'afficher une commande sous forme numérique et il faut lui faire correspondre une grandeur analogique de la variable commandée, ce que l'on réalisera via un convertisseur numérique analogique CNA (ou DAC *digital to analogue converter*).

C/ CORRESPONDANCE ANALOGIQUE-NUMERIQUETableau II-1

nb de bits	8	10	12	16
nb de points	256	1024	4096	65536
resolution %	0.4	0.09	0.02	0.0015

Avant de présenter les dispositifs nous allons rappeler les principes du codage qui est à la base de ces convertisseurs. Le codage c'est la conversion d'une donnée d'une représentation dans une autre par le biais d'une certaine fonction.

Un nombre réel peut être représenté par l'expression

$N = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0 x^0 + a_{-1} x^{-1} + a_{-2} x^{-2} + \dots + a_{-m} x^{-m}$ où x est la base et n un nombre entier compris entre 0 et $x-1$.

Quand $x=10$ on a le système décimal et pour $x=2$ le système binaire, etc.

Dans les CAN et CNA le premier bit (celui de rang n) est appelé MSB (pour *most significant bit*) et son poids représente la moitié de la pleine échelle du convertisseur, son suivant représente le quart, etc. Ainsi en huit bits on peut compter de 0 jusqu'à 255 (soit 256 intervalles). Le MSB représente le nombre 128 (soit la moitié de 256). Le bit de poids le plus faible LSB (*least significant bit*) représente la quantité minimale que l'on pourra identifier soit 1. On donne à cette quantité qui va caractériser la résolution du système le nom de quantum. Dans un CAN le quantum c'est en pratique la plus petite variation de la grandeur analogique d'entrée qui va provoquer une variation de 1 unité du code de sortie. On exprime souvent la résolution en pourcentage de la pleine échelle. Ainsi dans un système à 8 bits cette résolution sera $1/256$ soit 0.4%. Les principales caractéristiques d'un convertisseur:

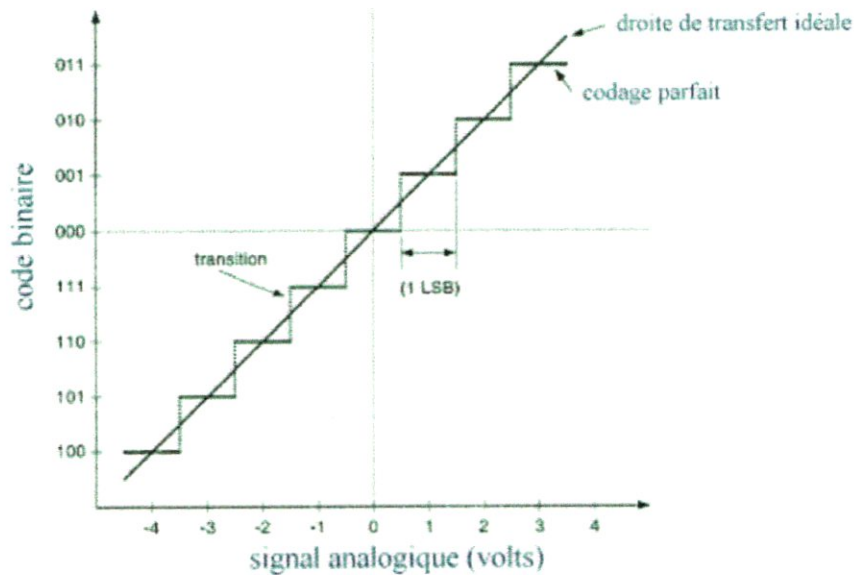


Fig. (2-1) : Graphique de la correspondance entre code numérique et signal analogique (cas idéal)

- quantum ($1/2^n$)
- linéarité
- pleine échelle $2^n - 1$
- précision $1/2$ quantum ou 1 LSB en général

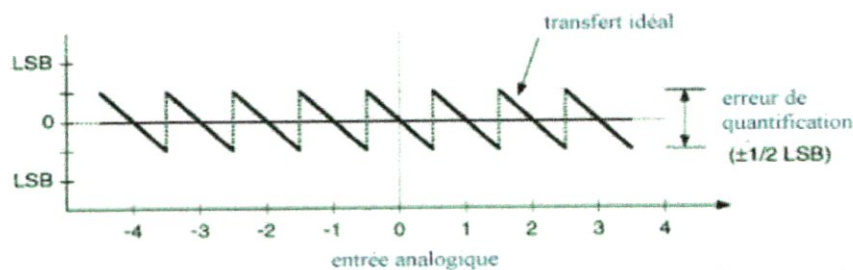


Fig. (2-2) : représentation graphique de la quantification

- monotonie c'est à dire l'absence d'erreur de codage faisant qu'un code correspondant à une augmentation de l'entrée de 1 quantum ne soit inférieur au précédent, en d'autres termes caractéristique correspondant au fait que les codes successifs sont constamment croissants.
- temps de conversion : temps au bout duquel une valeur stable est obtenue à $1/2$ quantum près.

D/ THEORIE DE L'ECHANTILLONNAGE

Pour transformer un signal analogique en un signal numérique, il faut le discrétiser. On va donc prélever régulièrement des échantillons du signal analogique pour le rendre discret et permettre ainsi sa numérisation :

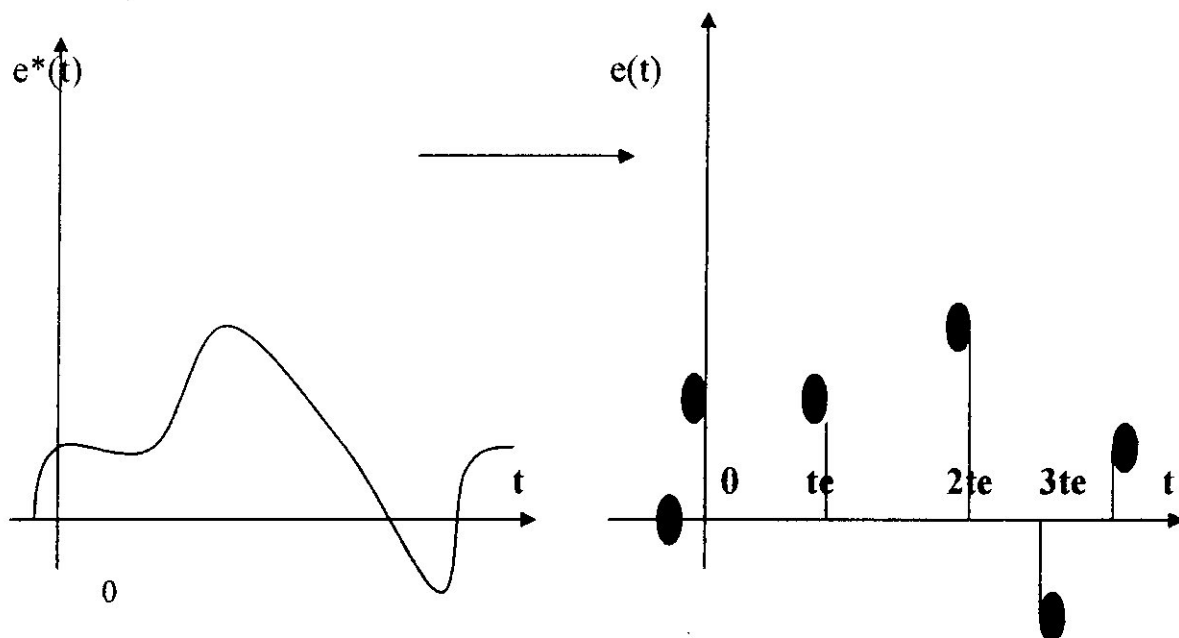


Fig. (2-3) : représentation de l'échantillonnage

On prend ainsi des valeurs de $e(t)$ à des intervalles de temps régulier (tous les te , période d'échantillonnage) à une fréquence fe dite fréquence d'échantillonnage conditionnée par le théorème de Shannon.

- Théorème de Shannon

On ne peut échantillonner un signal sans pertes d'informations que si :

$$Fe > 2F_{\max}$$

- Echantillonnage blocage :

Une fois le signal filtré et échantillonné, il reste à le quantifier. Pour pouvoir réaliser cette fonction, on doit maintenir constante la valeur à quantifier q_{fin} de permettre au CAN de traiter l'échantillon et de le numériser. On appelle cette opération, le blocage. Ce dernier doit être d'une durée supérieure au temps de conversion.

- La quantification

Le signal échantillonné bloqué peut à ce stade être converti sous forme binaire (numérique) pour être stocké. Ce codage s'appelle la quantification. Le rôle de la quantification est de donner une image binaire du signal analogique : d'une manière générale, le passage Analogique / Numérique s'effectue :

- . D'un signal continue à un signal discret.
- . D'une tension à un chiffre.

A chaque niveau de tension est associé une valeur binaire codée sur n bits : n bits vont permettre de distinguer 2^n niveau de tension répartis de $-V_{\max}$ à $+V_{\max}$. On a ainsi un pas de quantification (q) :

$$q = \frac{2V_m}{2^n}$$

Ainsi un signal de +/-5V codée sur 8 bits donnera un pas de quantification (appelé aussi quantum) $q=39\text{mV}$.

La caractéristique d'entrée -sortie d'un CAN est une caractéristique en marche d'escalier. Chaque palier a une largeur d'un pas de quantification q. le passage d'un palier à un autre correspond à une variation de '1' du code.

- Plage de conversion

Le convertisseur délivrera en sortie un nombre fini de codes numériques, correspondant à une gamme de tension analogique d'entrée bornée : c'est la plage de conversion (ou tension de pleine échelle) du convertisseur. Cette plage de conversion sera couramment de 0-5V, 0-10V ou encore $\pm 5\text{V}$ ou $\pm 10\text{V}$. Il existe aussi d'autres plages de conversion moins usitées.

- Résolution

Pour le CAN, c'est la plus petite variation de tension qui engendre une modification du code. Elle correspond aux quantum, on l'exprime très souvent en pourcentage (%).

$$\text{Résolution} = \frac{1}{2^n} \cdot 100$$

- Dynamique

La dynamique d'un signal est le rapport entre la tension max et la tension min que pourra prendre ce signal. Pour un CAN, ce serait le nombre binaire le plus élevé divisé par le plus faible qui est 1 (et pas 0 qui correspond à un signal nul), donc, les nombres de codes binaires différents que peut fournir le convertisseur moins un (le zéro !).

Si on prend l'exemple d'un convertisseur 8 bits, la dynamique vaut en toute rigueur :

$$2^8 - 1 = 255$$

En pratique, on arrondira ce nombre à une puissance de 2, qui sera le nombre de bits du convertisseur. Notre convertisseur aura donc une dynamique de 256, qu'on exprimera plutôt sous la forme de 8bits, ou encore $48 \text{ dB} = 20 \log(256)$.

- Mise en relation

Il est possible de relier la dynamique, la résolution et la plage de conversion d'un convertisseur.

La résolution correspond à la variation d'une unité du code binaire ; cette unité est égale à la variation du bit de poids le plus faible (LSB). Si on désigne par V_{max} la plage de conversion et n le nombre de bits du convertisseur, on a la relation :

$$\text{LSB} = \frac{\Delta V_{\text{max}}}{2^n}$$

II-3/ LES DIFFERENTS TYPES DE CONVERTISSEURS

Parmi les principes de conversion analogique disponible, nous en avons choisi trois particulièrement représentatifs et qui se différencient nettement en terme de compromis vitesse précision.

A/ CONVERTISSEUR FLASH OU PARALLELE

Le pont de la figure (1) est formé de (2^n-1) résistances R en série et se termine par une résistance $R/2$ à chaque extrémité ; il est alimenté par une tension E_{ref} .

Le potentiel aux bornes de chaque résistance R est égal à $E_{ref}/2^n=q$.

Chaque tension $V(N_j)$ est appliquée à ne des entrées (-) d'un comparateur, l'autre entrée (+) recevant la tension à convertir V_i .

$V(N) \rangle$ Les sorties de tous les comparateur pour lesquels V_i

Passent simultanément à l'état bas (0logique) un circuit combinatoire transcodeur recevant sur ses (2^n-1) entrées les niveaux délivrés par chacun des comparateurs, fournit en sortie sur n bits la valeur numérique N correspondant à la tension V_i

Le pont fournit en outre la tension limite $V_L=(2-1/2^n).q$ qui correspond à la tension maximale convertible et qui permet de signaler un dépassement éventuel de cette dernière.

Le convertisseur parallèle est caractérisé par sa grande rapidité après application d'une tension V_i , le temps t nécessaire a' l'application de la donnée numérique est la somme des temps de propagation d'un comparateur et du circuit combinatoire de transcodage .Ce temps de conversion suivant les modèles est de l'ordre de 10ns àquelque 100ns.

L'inconvénient majeur de ce type de convertisseur est le grand nombre (2^n) de comparateur qu'il exige

$$(N+1/2) q \langle V_i \langle (N-1/2).q$$

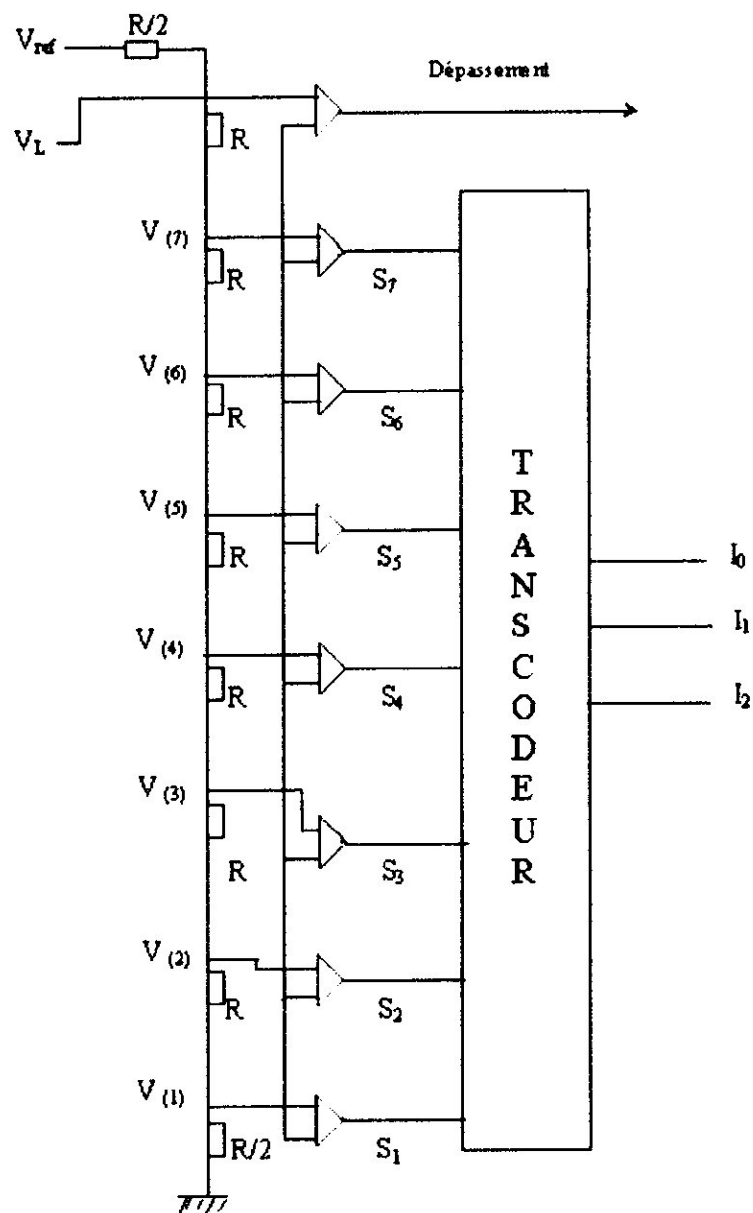


Fig. (2-4) : principe de fonctionnement d'un convertisseur parallèle

B/ CONVERTISSEUR A APPROXIMATIONS SUCCESSIVES

Le convertisseur par approximation successive est constitué par une horloge H, un registre qui est constitué de n bascules (FF_i), un convertisseur N-A (CNA), un compteur une logique de commande et un comparateur.

Au début de la conversion, la logique de commande démarre le compteur qui commence à compter les impulsions d'horloge.

-Un registre constitué de n bascules (FF_i), la sortie (1 ou 0) de chacune de bascules étant, à la fin de la conversion, égal à l'un des bits du résultat numérique N de la conversion.

-un convertisseur numérique-analogique (CNA) qui délivre en sortie une tension V_a proportionnelle à la valeur numérique d'un mot à l'entrée N de n bit : $V_a = N \cdot q$.

Où q est le quantum, $q = E_{ref}/2^n$, E_{ref} est une tension de référence appliquée au CNA ;

-un comparateur qui effectue la comparaison de la tension d'entrée V_i et de la tension V_a délivrée par le CAN ;

-une logique de commande activée par la sortie (haute ou basse) du comparateur. La logique de commande met successivement à 1, en partant du bit de poids fort (MSB) les n bascules du registre est converti par le CNA en une tension analogique V_a qui comparée à la tension d'entrée V_i

Le contenu du registre est alors égal au résultat de la conversion.

Le temps t nécessaire à la conversion est de l'ordre de nt_b , n étant le nombre de bit et t_b la période d'horloge, le convertisseur à approximations successives est donc très rapide, la valeur de t_c s'échelonne de quelques Ms à moins de 100Ms.

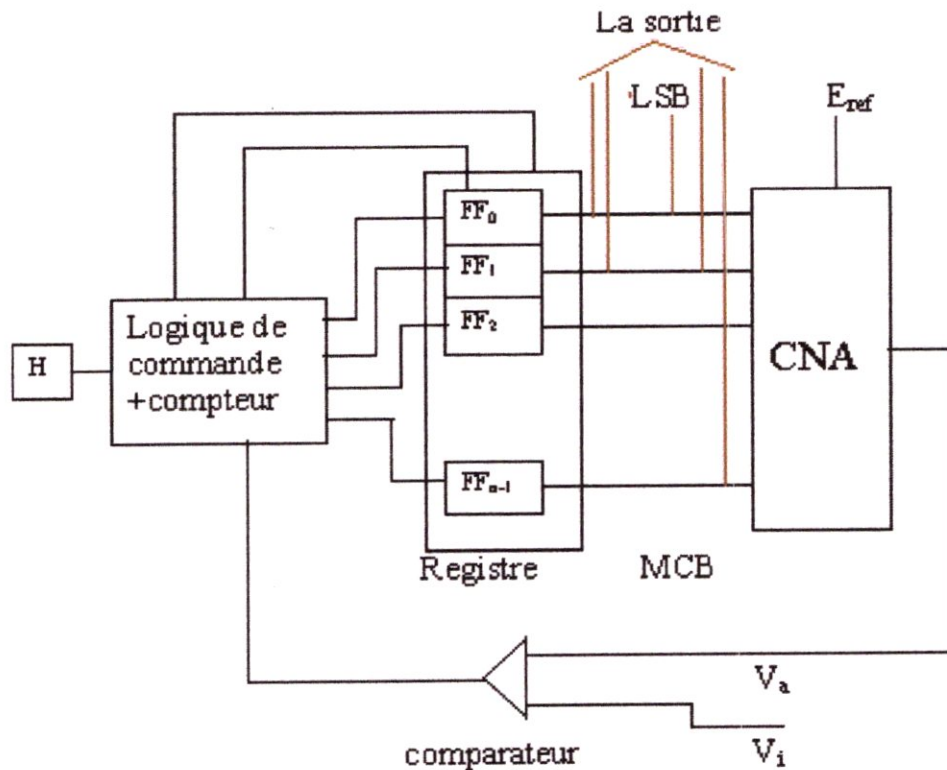


Fig. (2-5) : Convertisseur Analogique Numérique à rampe

C / CONVERTISSEUR A COMPTAGE D'IMPULSIONS

les Convertisseurs analogiques numériques ont sensiblement les mêmes caractéristiques que les CNA, mais en plus il faudra tenir compte de leur impédance d'entrée, de leur RRMC puisqu'ils vont se trouver souvent reliés soit directement à un capteur, soit le plus souvent après un préamplificateur. A la différence des CNA ils sont le plus souvent en mode série. Les convertisseurs à rampe sont les premiers à avoir été imaginés. Ils sont basés sur la comparaison entre le signal inconnu et une rampe de tension connue.

1/ SIMPLE RAMPE

Le principe est très simple: le signal échantillonné V_x est mémorisé et isolé sous forme analogique dans un dispositif capacitif dit bloqueur. Au temps t_0 on déclenche simultanément:

- une porte reliant le signal V_x bloqué et un comparateur

- une rampe de tension V_s conçue autour d'un intégrateur et envoyée vers l'autre entrée du comparateur
- une porte ET permettant la transition d'un signal d'horloge de période T vers un compteur, cette porte ET possède 3 entrées l'une de contrôle mise à 1 à l'instant t_0 , l'autre issue du comparateur est aussi à 1 au temps t_0 et enfin la troisième reçoit le signal d'horloge qui est donc normalement transmis.

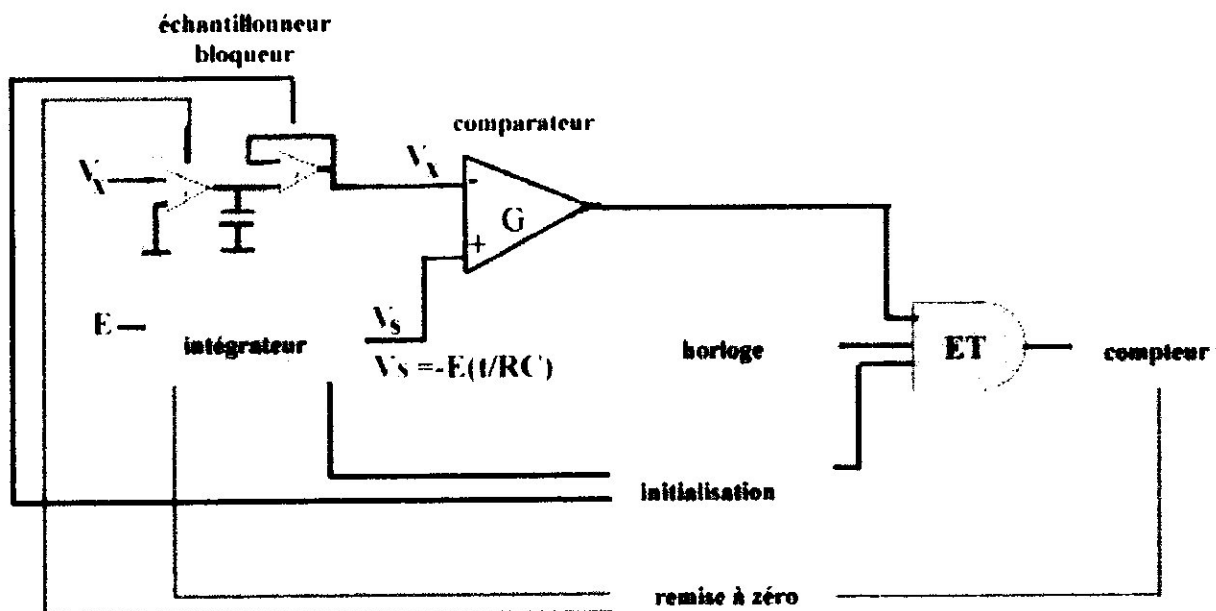


Fig. (2-6) : Principe du convertisseur simple rampe

Lorsque la rampe de tension qui varie donc linéairement avec le temps atteint la valeur V_x , à l'instant t_1 , le comparateur change d'état, sa sortie passe à zéro et la porte ET ne transmet plus les impulsions d'horloge. Le contenu du compteur, égal au temps écoulé depuis t_0 , est alors directement proportionnel à V_x . En effet la sortie de l'intégrateur est du type $V_s = -E(t/RC)$ où t est le temps écoulé depuis l'enclenchement du processus.

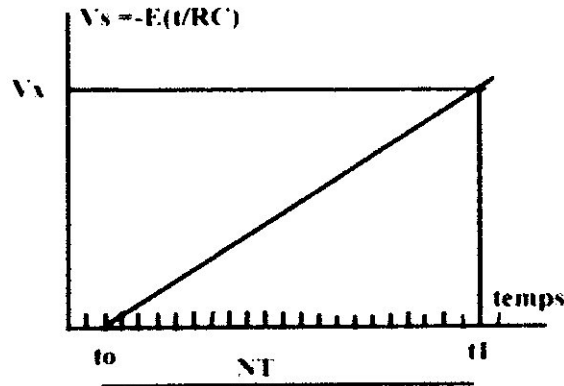


Fig. (2-7) : Correspondance temps-tension

Si N est le nombre de périodes d'horloge comptées on a $V_x = -E (t_1 - t_0) / RC = NT$.

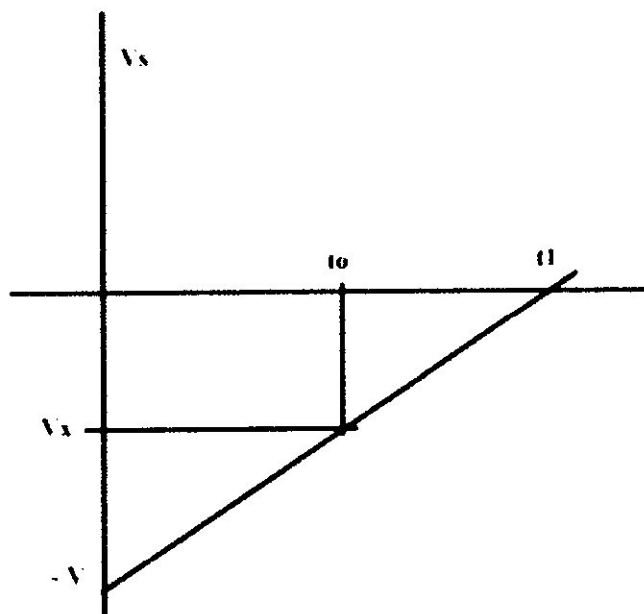


Fig. (2-8) : Cas d'une tension négative

Dans le cas où V_x n'est pas de même polarité que V_s on devra employer un double comparateur. La rampe débutera alors à $-V$, mais le comptage ne débutera, pour les valeurs négatives, que lorsque $V_s = V_x$ et s'arrêtera alors pour $V_s = 0$. Pour les valeurs positives de V_x le comptage démarrera quand la rampe passera à 0 et s'arrêtera comme dans le cas précédent quand on aura $V_s = V_x$. Le montage permettant ce double comptage implique un circuit ou exclusif doublé d'un inverseur sur les sorties des comparateurs reliées à la porte ET.

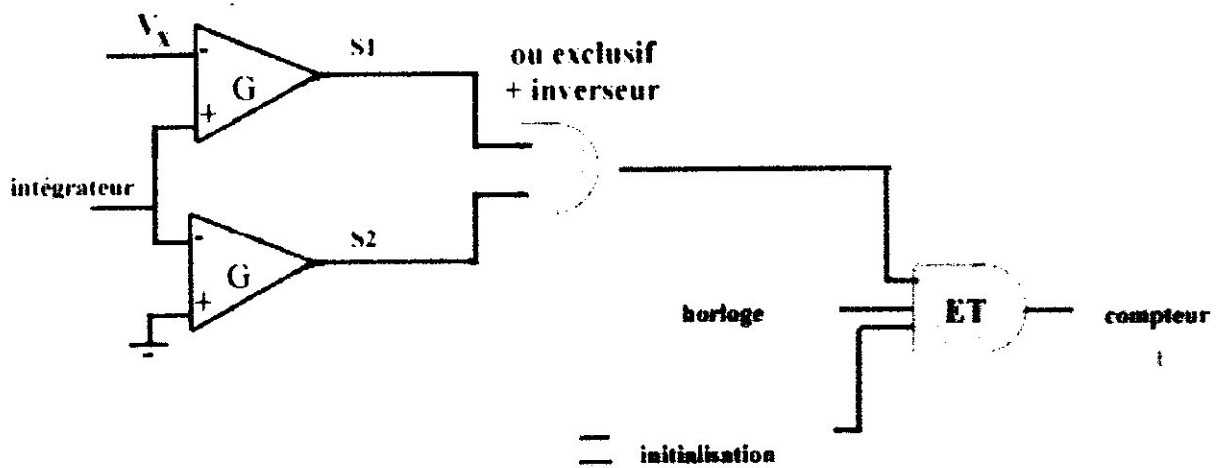


Fig. (2-9) : Convertisseur à double comparateur

Propriétés de ce type de CAN:

- simplicité et économie du Principe
- précision 10^{-3}
- mais sensibilité au bruit
- variation de RC avec la température
- nécessité d'une horloge stable et surtout d'un intégrateur de qualité
- la résolution augmente avec la fréquence mais elle résulte en fait d'un compromis entre diverses contraintes contradictoires.
- le temps de conversion est variable.
- rappelons qu'une erreur sur la fréquence d'horloge se traduit par l'équivalent de l'erreur de gain dans le CNA et qu'une erreur de synchronisation entre l'ouverture de la porte ET et l'instant de démarrage de l'intégration se traduit par un offset.
- une autre source d'erreur est liée à la précision de l'instant d'échantillonnage. En effet sur un convertisseur procédant, par exemple à un échantillonnage toute les microsecondes une fluctuation de l'horloge de quelques centaines de picosecondes n'est pas rare, il en résulte que les mesures ne sont pas espacées correctement dans le temps et, si le phénomène suivi est fortement variable, une incertitude supplémentaire du même ordre de grandeur que les autres sources d'erreur.

- En outre l'échantillonneur bloqueur introduit une autre difficulté : il comporte généralement deux amplificateurs suiveurs, l'un en entrée et l'autre en sortie alternativement reliés au condensateur de mémorisation. Sachant qu'un tel ampli-op nécessite 150 ns pour se stabiliser et que les MOS de commande des divers dispositifs qui doivent être synchronisés nécessitent 10 ns pour conduire, on voit qu'il faudra anticiper de 140 ns la commande de sortie de l'échantillonneur pour garantir l'application de V_x à l'entrée du comparateur simultanément au démarrage de l'intégrateur (sinon il y a risque de fluctuations aléatoires du comparateur, voire d'arrêt immédiat du comptage).
- Enfin la qualité du comparateur est essentielle, il faut qu'il bascule exactement à l'égalité de ses deux entrées et que ce basculement soit instantané, c'est à dire que sa sortie doit avoir un front parfaitement raide, sous peine de rajouter quelque(s) quantum(s) d'erreur supplémentaire avant la fermeture de la porte ET et l'arrêt du comptage.
- **2/ Double rampe**

Pour s'affranchir des principaux défauts du système à simple rampe, on a imaginé un système à double rampe. On applique la tension à mesurer à un intégrateur pendant un temps prédéterminé $\theta_1 = N_1 T$ on obtient alors une tension $V_1 = -V_x \theta_1 / RC$.

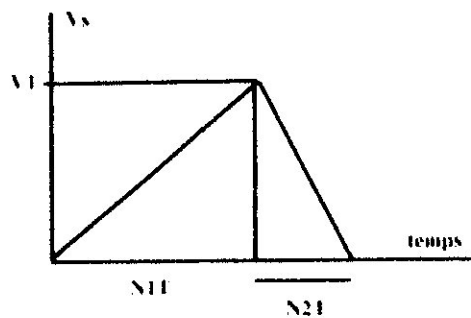


Fig. (2-10) : Principe de la double rampe de tension

Puis on commute l'intégrateur sur une tension de réf E de polarité opposée à V_x . V_s va alors décroître linéairement de V_1 jusqu'à 0 et on compte ce temps de décroissance on obtient évidemment $V_1 = -E N_2 T / RC$. En égalant les deux relations on obtient $V_x = E N_2 / N_1$ et le résultat ne dépend plus de RC.

Caractéristiques:

- précision environ 10^{-5}
- nécessité d'une réf de tension stable et d'un comparateur de qualité
- si θ_1 est un multiple de 20ms on élimine l'influence du 50Hz
- l'inconvénient est évidemment qu'alors le temps de conversion est supérieur à 20ms ce qui est souvent excessif.
- notons le risque de dérive du zéro de l'intégrateur.
- et la nécessité d'un organe de calcul numérique pour obtenir V_x

3/ Rampe numérique

La rampe de tension peut être générée non par un intégrateur mais par un CNA alimenté via un compteur. Ce montage est intéressant puisqu'il aura la linéarité et la stabilité du CNA ce qui est plus facile à garantir que celle d'un intégrateur à circuit RC. La sortie du CNA sera comparée à la tension à convertir, et le comparateur en changeant d'état lors de l'égalité arrêtera le comptage.

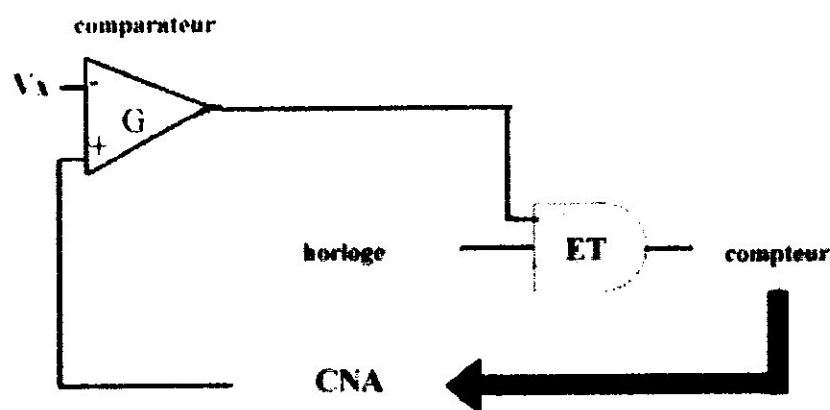


Fig. (2-11) : Convertisseur à compteur de rampe

4/ Erreur de conversion

- Erreur d'offset :

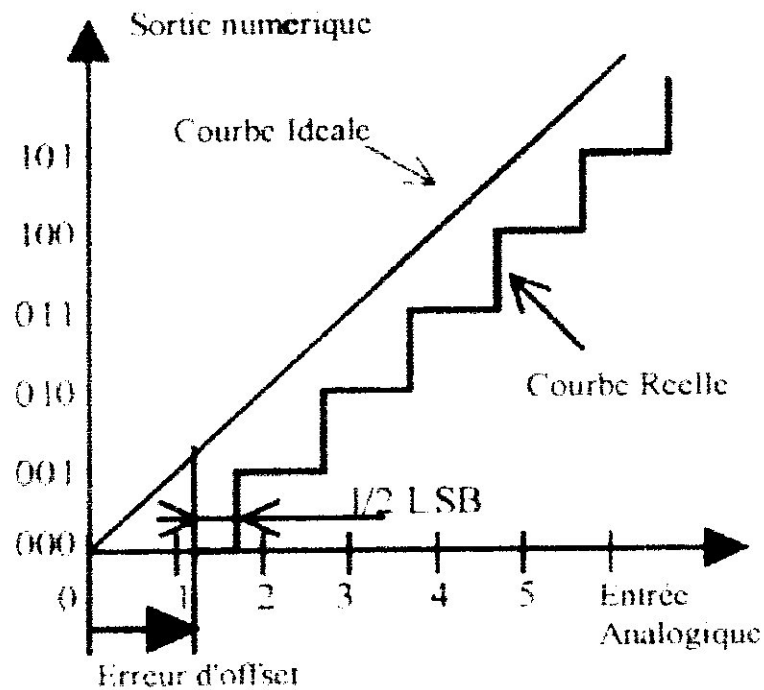
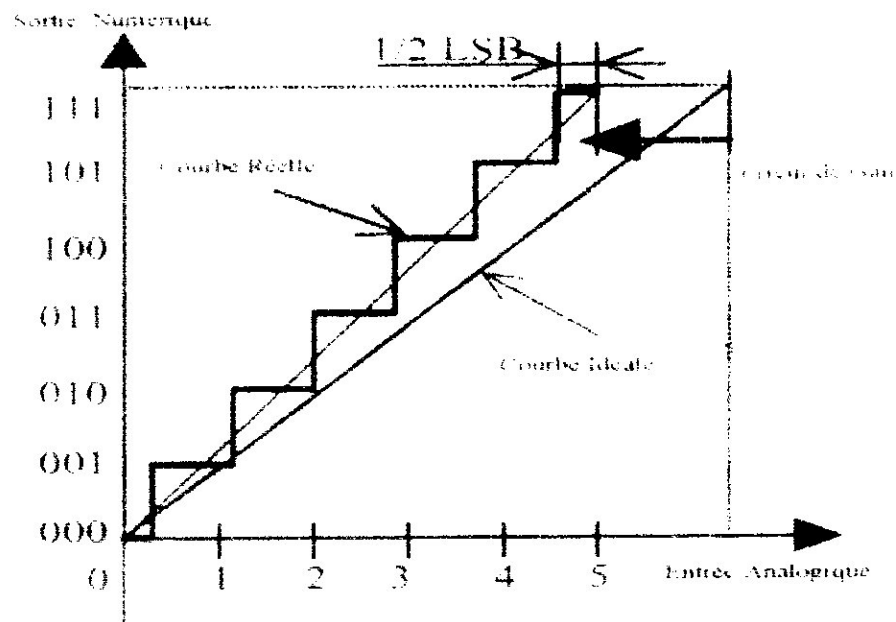


Fig. (2-12) : représentation graphique de l'erreur d'offset

C'est un décalage entre la courbe de transfert idéale et la courbe réelle : elle est due à la présence d'offset des amplificateurs opérationnels, et comparateurs au sein du convertisseur, et est défini par l'écart existant sur le code nul (00.0). On peut la compenser par un circuit externe en ramenant l'écart sur le code nul à zéro.

- Erreur de gain :**Fig. (2-13) : représentation graphique de l'erreur de gain**

La pente de la fonction de transfert est différente de la pente idéale :

Elle peut être due à une erreur sur la tension de référence, sur les gains des amplificateurs utilisés ou encore un mauvais appareillage d'un réseau de résistances. On la définit par rapport à la pleine échelle du convertisseur (code 111..1). On peut la compenser par un circuit externe qui annule l'erreur.

- Erreur de linéarité différentielle (DNL) :

Elle est définie pour chaque palier du convertisseur et représente la différence entre la largeur du palier réel et la largeur idéale. On l'exprime en nombre de LSB.

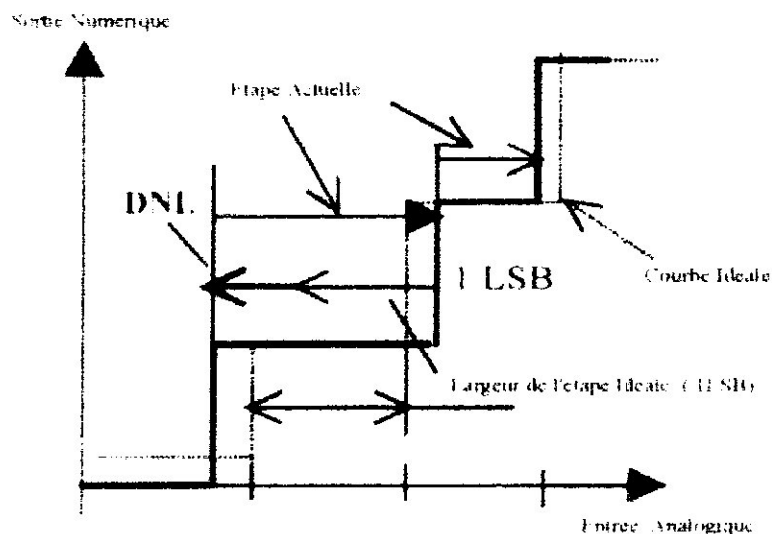


Fig. (2-14) : représentation de l'erreur de linéarité différentielle (DNL)

- Erreur de linéarité intégrale (INL) :

Elle est définie par la position de la courbe réelle par rapport à la courbe idéale. Dans le cadre du CAN, il existe deux définitions de l'INL. La première caractérise la différence entre la position des flancs, une erreur nulle correspond donc à une INL nulle. La deuxième caractérise la différence entre le milieu des paliers et les flancs. Une erreur nulle correspond alors à une INL d'un demi-quantum.

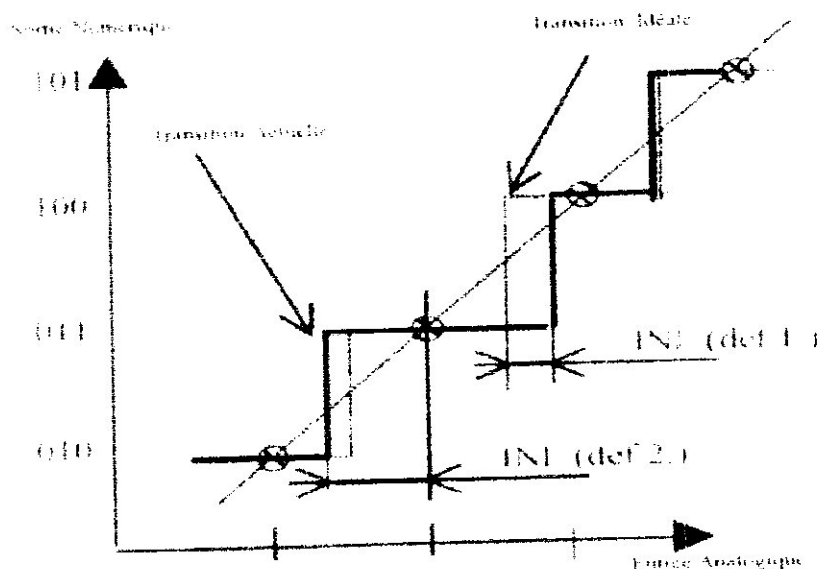


Fig. (2-15) : représentation graphique de l'erreur de linéarité intégrale

- Caractéristique totale sans compensation :

C'est l'erreur obtenue sans aucune compensation (offset, gain, INL, DNL ...). On la définit par la différence maximale à chaque palier entre les flancs et le milieu d'un palier idéal.

- Erreur d'hystérésis :

Les tensions de transition peuvent varier selon le sens dans lequel on parcourt la fonction de transfert. Cela reflète la présence d'hystérésis au sein du comparateur ou bien la décharge incomplète de capacité.

- Erreur de monotonicité :

La caractéristique de transfert d'un convertisseur doit assurer la croissance ou décroissance de la sortie en fonction du code. Une erreur de monotonicité arrive quand cette croissance ou décroissance n'est pas assurée.

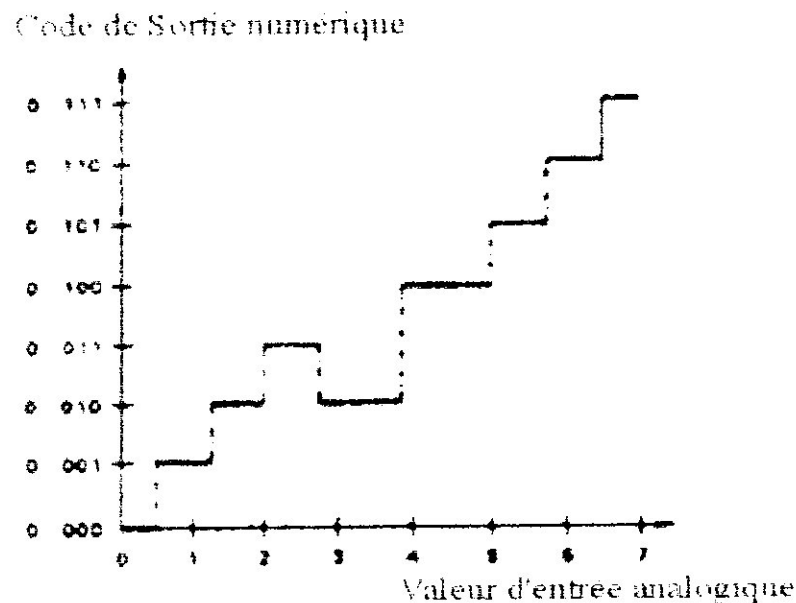


Fig. (2-16) : représentation graphique de l'erreur de monotonicité

CHAPITRE III :

Les Interfaces

III-1/ INTRODUCTION

L'échange de données entre un ordinateur et certains circuits externes n'est possible que par les interfaces de l'ordinateur.

Nous distinguons deux types d'interfaces, à savoir l'interface série et l'interface parallèle.

Ce chapitre explique le fonctionnement de ces interfaces, ainsi que leurs différences.

III-2/ LE PORT SERIE

Les interfaces séries existent dans toutes les catégories d'ordinateurs, depuis les gros systèmes multiprocesseurs jusqu'aux calculatrices programmables, en passant par les organisateurs électroniques et les montres. Ces interfaces constituent une méthode très simple pour que des systèmes d'exploitation et des programmes puissent échanger des informations.

L'interface série asynchrone a été la première à proposer une communication de système à système. Le terme asynchrone sous-entend qu'il n'y a aucune synchronisation ou signal d'horloge pour rythmer le transfert. Les caractères sont envoyés avec un temps de latence arbitraire.

Il est alors nécessaire d'indiquer l'envoi et la fin de l'envoi d'un caractère (un Byte). A cet effet, chaque Byte est précédé d'un bit de départ (start bit). Ce dernier sert à indiquer au système récepteur que les 8 bits qui suivent constituent les données. Celles-ci sont suivies d'un ou de deux bits de stop. Cela permet au récepteur de clore le traitement en cours et d'effectuer les opérations requises sur le Byte.

Le terme d'interface série décrit la méthode utilisée pour l'envoi des données. En effet, celles-ci sont envoyées bit par bit, à la queue leu leu. Ainsi, un fil est utilisé pour les données dans chaque direction. Les autres fils servent aux "commandes" de transfert. Si ce procédé a comme principal avantage de permettre tous les transferts bidirectionnels, il présente l'inconvénient d'être lent. Un autre point fort du sériel par rapport au parallèle est la longueur de câble possible sans perte de données.

Un des exemples les plus connus des câbles parallèles est le câble **RS-232C** (Recommended Standard 232 Révision

La définition du protocole et de l'affectation des broches est ancienne. Le standard RS 232 a été défini en 1969 par l'électronique Industries Association (EIA), et il est encore utilisé de nos jours, sans modification. Un système utilisé pendant un si long temps ne peut pas être franchement mauvais !

La norme RS 232 préconise un câblage à trois conducteurs pour le raccordement de deux ordinateurs. Un conducteur constitue la masse, les autres véhiculent les données (un fil pour l'émission et l'autre pour la réception).

Ce câblage est simple et économique, et il existe déjà dans la plupart des bureaux sous la forme de raccordements téléphoniques. Enfin, il est parfaitement adapté pour des liaisons sur de grandes distances. Un raccordement par modem avec le modem d'un ordinateur à l'autre bout du monde ne diffère en rien d'une liaison par trois fils entre deux ordinateurs situés dans le même bureau. Seule la distance change. A se demander la question à quoi une connexion à 9 broches, voire à 25 broches, peut bien servir dans une liaison à trois fils. Pourquoi ces broches supplémentaires ?

L'explication est simple. Les organismes de normalisation, EIA et CCITT, ont défini 17 autres conducteurs et les signaux qu'ils véhiculent. Ce sont des signaux de contrôle qui gèrent le flux de données pour rendre le système plus souple et plus sûr. Heureusement, personne n'est obligé d'utiliser ou de tenir compte de la totalité ces signaux. Cela serait d'ailleurs impossible avec une connexion à 9 broches. Concrètement seul trois fils sont indispensables pour la transmission série dans les deux sens.

Dans le cas d'un raccordement par modem, pour que le modem et le PC se comprennent mieux, six autres signaux sont employés qu'il est intéressant d'évoquer ici. Le PC et le modem gèrent l'échange de données par ces signaux. Cela est nécessaire lorsque, par exemple, le modem reçoit les données beaucoup plus rapidement que le PC ne peut les traiter. Dans ce cas, des signaux de contrôle ralentiront le modem. Sans ces signaux, des données seraient perdues parce que le destinataire n'est pas en mesure de les réceptionner assez rapidement.

Nous allons expliquer les signaux évoqués en nous fondant sur une connexion à 25 broches.

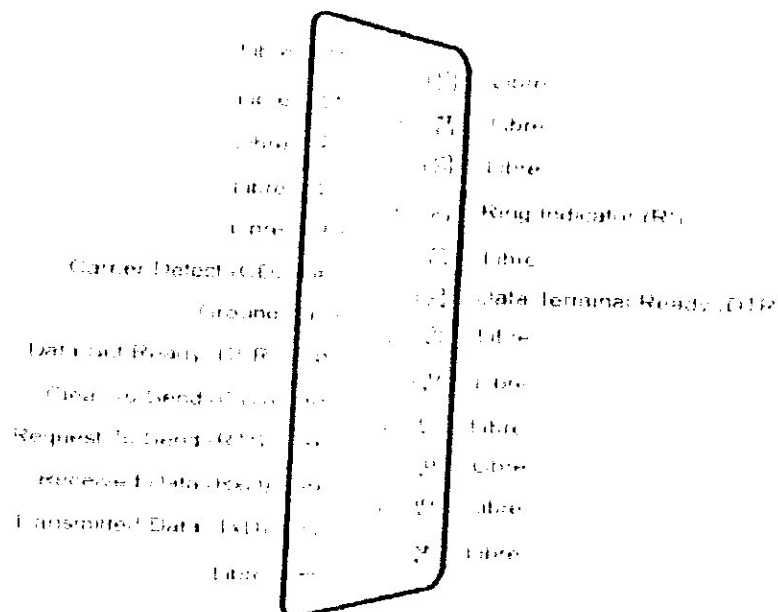


Fig. (3-1): Représentation schématique d'une embase (male) 25 broches

Le brochage d'une interface série

Broche 2 transmit data (TxD), qui signifie transmettre les données, est la ligne de transmission de données proprement dite.

Broche 3 Receive Data (RxD), signifie recevoir des données. Toutes les données parviennent en série par cette broche.

Broche 4 request to send (RTS). Signal utilisé par le PC pour demander au modem s'il est à recevoir des données.

Broche 5 dès que le modem reçoit un signal RTS, et qu'il n'est pas occupé par ailleurs, il émet le signal Clear to Send-Signal (CTS). Le PC est autorisé à émettre.

Broche 6 le signal Data Set Ready (DSR) est émis par le modem pour indiquer au PC qu'une liaison correcte est établie avec le correspondant.

Broche 7 la ligne de masse est la référence commune à tous les signaux, le 0 V.

Broche 8 Avant d'émettre un signal DSR, qui indique qu'une liaison correcte est établie, le modem émet un Carrier Detect Signal (CD). Le modem précise ainsi qu'à l'autre extrémité de la ligne se trouve quelqu'un qui apparemment peut traiter les signaux.

Broche 20 le PC émet un signal Data Terminal Ready (DTR) pour indiquer au modem qu'il souhaite l'utiliser. Ce signal est donc par exemple émis dès qu'un programme d'émulation de terminal accède à l'interface.

Broche 22 le signal Ring Indicator (RI) est émis par le modem à la réception d'une sonnerie, autrement dit dès que quelqu'un appelle. Un logiciel exploitera éventuellement ce signal, par exemple pour définir le nombre de sonneries avant que le modem prenne la ligne.

En examinant cette énumération, on parvient facilement à la consultation que certains signaux doivent être détournés. Il faut, par exemple, raccorder les broches 2 et 3, de façon que le signal qui sort par l'une entre par l'autre, et vice versa. Le brochage de l'embase à 9 contacts est représenté dans la figure suivante.

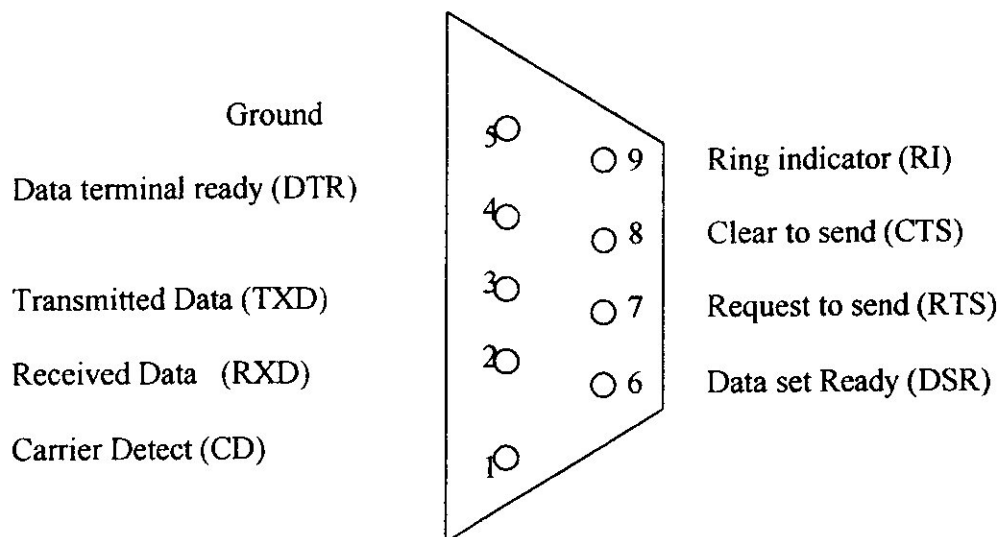


Fig (3-2): le brochage d'une embase (male) à 9 contacts

Le principe est donc que le PC attend sur certaines liaisons des signaux du dispositif externe, et que sur d'autre, il émet des signaux à son intention. Les données proprement dites ne sont transmises que sur les deux lignes de données. Ce type de fonctionnement est parfaitement adapté à la commande de machines, qui ne demandent que des informations simples, et pour lesquelles la vitesse de réaction n'est pas critique. C'est exactement la raison pour laquelle certains circuits utilisent l'interface série du PC.

Les usages les plus courants du sériel sont :

- les modems ;
- les traceurs ;
- la souris.

En résumé, tout ce qui nécessite une communication bidirectionnelle

A/ LES PRISES SERS

Il existe deux types de prises séries, la **DB9** et la **DB25**. Ces deux prises sont à pins et sont de forme trapézoïdale. La DB9 possède 9 pins, elle est généralement utilisée pour la connexion d'une souris ou d'un modem. La DB25 possède 25 pins. Un PC est généralement vendu avec 2 prises sérieelles, le **COM1**, généralement une DB9 et le **COM2** de type DB9 ou DB25. En fait, le PC supporte jusqu'à 4 COM.

B/ CONFIGURATION

Chaque prise série doit posséder sa propre adresse et son propre IRQ. Ces valeurs sont affectées par défaut, mais peuvent être modifiées si la carte I/O le permet.

Le principal problème réside dans le fait que les 4 COM se partagent seulement deux IRQs. Ainsi, si vous installez une souris sur le COM1 et un modem sur le COM3, ces deux composants ne fonctionneront jamais simultanément, car ils partagent le même IRQ. Ce problème peut être facilement réglé sur les cartes I/O ou cartes mères récentes. En effet, elles permettent l'usage d'une IRQ différente pour chaque port.

Configuration des ports sériels

Port adresse IRQ

COM1	3F8H	4
COM2	2F8H	3
COM3	3E8H	4
COM4	2E8H	3

L'UART

Le cœur d'un port série est l'**UART** (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter). Ce composant convertit les données du PC qui sont toujours en mode parallèle, en mode série pour son envoi et effectue la manœuvre inverse pour le retour. L'usage d'un **UART** n'est pas limité au port série, en fait la plupart des périphériques en font usage (port jeu, disque dur, ...).

Pour connaître le type de chip utilisé dans votre PC, faites appel au programme **MSD** généralement situé dans le répertoire de **Windows**. Il existe plusieurs versions de ce chip dont voici les spécificités :

8250 Ce composant a été utilisé dans les XT, il contient quelques bugs relativement inoffensifs. De plus, il ne contient aucune mémoire cache (registres), il est donc excessivement lent.

8250A Ce composant corrige les bugs de la version précédente, y compris un concernant le registre d'interruptions. Il ne peut être utilisé dans un XT. Il requiert donc un PC AT et supporte mal les vitesses égales ou supérieures à 9600 bps. D'un point de vu logiciel, il apparaît comme un 16450.

8250B Ce composant corrige les bugs du 8250 et fonctionne sur des machines non-AT. Il connaît les mêmes limitations concernant les vitesses de transfert que le 8250A.

16450 Ce composant est issu du 8250A, il est donc uniquement destiné à des PC AT. Le fait qu'il fonctionne plus rapidement que ses prédécesseurs en fait le chip UART le plus répandu actuellement. Il représente même le minimum requis pour OS2. L'augmentation de vitesse a été obtenue par l'adjonction d'un registre d'un octet.

16550 Ce composant permet des accès au travers de multiples canaux DMA. En dehors du fait que son FIFO buffer (First-In, First-Out mémoire cache) soit buggé et non utilisable, il est nettement plus rapide que le 16450

16550A Ce composant corrige le bug du précédent et permet ainsi le fonctionnement du FIFO buffer. Il est recommandé de l'utiliser si vous faites souvent des communications à une vitesse supérieure à 9600 Bps. La taille de son registre est de 16 octets, et il supporte les accès DMA.

16650 Dernier cri dans le domaine, ce composant possède un registre FIFO de 32Ko et supporte la gestion d'énergie. Ce chip n'est pas proposé par National Semiconductor, qui est pourtant à l'origine des autres UART.

16750 Ce composant, qui propose 64Ko de FIFO, est produit par Texas Instruments

C / LES PRISES LOOPBACK

Lorsque vous rencontrez des problèmes de connexion série, il est toujours difficile de distinguer entre les causes matérielles et logicielles. Vous trouverez dans le commerce ou sur Internet de nombreux programmes de test destinés à examiner la partie hardware. Ceux-ci vous demandent souvent l'insertion d'une prise **loopback** dans le port sériel testé. Cette prise est en fait une boucle qui permet de simuler une connexion sans pour autant devoir posséder un second PC.

III-3/ LE PORT PARALLELE

Quelle est la différence entre l'interface parallèle et l'interface série, abstraction faite de sa dénomination technique, LPT ?

Il existe déjà une différence d'aspect. L'interface parallèle se raccorde également par une embase 25 broches, mais celle-ci est du genre femelle. Le cordon d'une interface parallèle comporte donc une fiche male.

A / LES PRISE PARALLELE

La prise standard d'un port parallèle est la **DB25**, la prise trapézoïdale à 25 broches. Il est aussi très courant d'utiliser un câble avec une prise dite Centronics pour se connecter à une imprimante. Ce type de prise est aussi de forme trapézoïdale, par contre elle n'est pas à broches. En effet, elle contient un long connecteur sur lequel sont fixés 36 contacts métallisés ou dorés. On parle alors de câble imprimante.



Fig (3-3):Schemat d'uparallelene prise

La différence la plus importante est néanmoins que les données sont transmises en parallèles sur 8 lignes. Aussi, 8 bits, c'est-à-dire l'octet ou caractère, sont transmis en une seule fois. Cela équivaut à presque multiplier par 8 la vitesse de transmission d'une interface série.

Généralement l'interface parallèle reçoit une imprimante. Avant, il existait bien des imprimantes série, mais avec l'accroissement de la vitesse d'impression et du trafic généré par l'utilisation de langages comme Postscript, les contraintes sont telles que seule une interface parallèle peut y répondre.

L'interface parallèle étant plutôt destinée à recevoir une imprimante, il en découle que le transfert de données ne s'effectue que dans un sens. C'est en définitive l'imprimante qui est censée recevoir des informations. L'interface parallèle ne comporte pas de tampon de réception de données de tel celui de l'interface série. Mais l'interface parallèle comprend quelques lignes de contrôle, en plus de ces 8 lignes de données, qui transmettent des informations émanant de l'imprimante. Ainsi, des lignes de contrôle indiquent, par exemple, qu'il n'y a plus de papier ou que l'imprimante est off-line. Si nous souhaitons recevoir des données par l'interface parallèle, nous pouvons détourner de leur utilisation première ces lignes de contrôle. C'est de cette manière que certains circuits de ce livre transmettront leurs données à l'ordinateur par l'interface parallèle.

Examinez un câble de raccordement d'imprimante : Vous constaterez qu'à une extrémité du câble figure une fiche qui correspond à l'embase 25 broches de l'ordinateur. A l'autre extrémité se trouve un autre type de fiches. Il s'agit d'une fiche Centronics, équipé de 36 contacts. Les caractéristiques d'interface de l'imprimante, c'est-à-dire les raccordements, le type des connecteurs et l'affectation des signaux, sont définis par la norme Centronics.

Les figures suivantes représentent l'affectation des signaux aux broches des deux types de prises de l'interface parallèle.

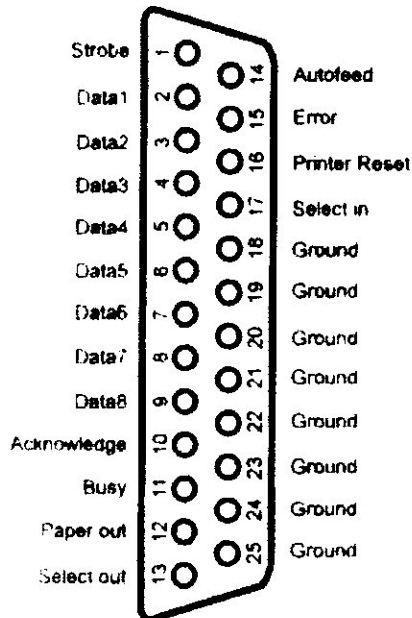


Fig (3-4): l'embase femelle de l'interface parallèle

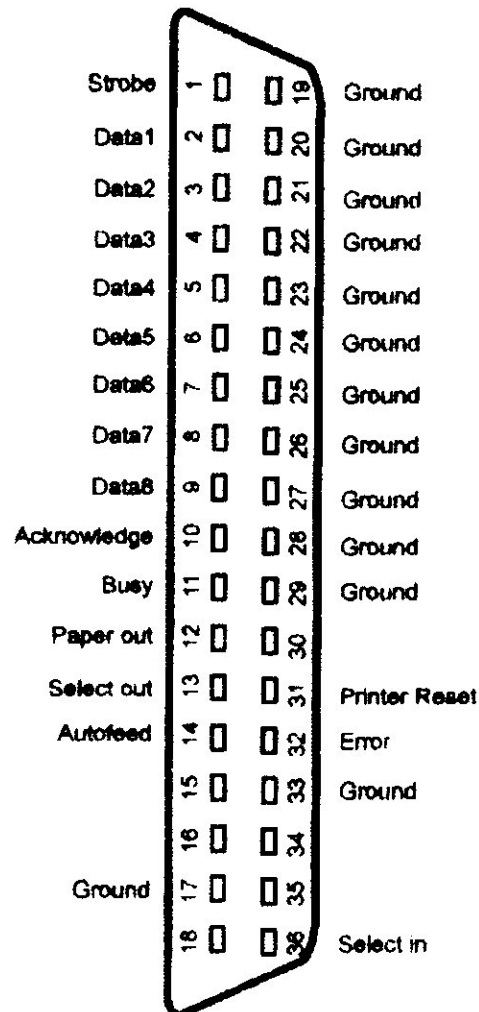


Fig (3-5): la fiche Centronics du câble de raccordement d'imprimante

Que l'interface parallèle reçoive des signaux d'une imprimante ou des signaux et des données d'une machine ou d'un circuit importe peu au PC. Ce qui lui importe, c'est que de son côté un programme soit lancé, capable d'interpréter et d'exploiter ces signaux. Aussi, pour chaque circuit précisément le notre, qui utilise l'interface parallèle, il existe un logiciel qui se charge précisément de cette fonction.

B/ CONFIGURATION DU PORT PARALLELE

Le paramétrage des ports parallèles est beaucoup plus simple que celui des ports sériels. En standard, le PC est équipé d'un seul port parallèle, mais il serait tout à fait possible d'en rajouter un second. Dans la plupart des Bios, une interruption est d'ailleurs réservée d'office à cet effet, que le port soit présent ou non. Dans de nombreux cas, le second port est désactivé et l'IRQ 5 est réutilisée pour un autre composant.

Configuration des LPT :

N° de LPT

Adresse IRQ

LPT1 **378H 7**

LPT2 **278H 5**

C /LES TYPES DE PORT PARALLELE

Il existe différents types de ports parallèles dont voici la liste :

ORIGINAL UNIDIRECTIONNEL

Ce type est la toute première version du port parallèle. Ce port n'était pas bidirectionnel et le seul type de communication possible était du PC en direction d'un périphérique. Son débit pouvait atteindre **60 Ko** par secondes.

TYPE 1 BIDIRECTIONNEL

Introduit en 1987 par IBM pour sa gamme PS2, ce port bidirectionnel ouvrait la porte à un vrai dialogue entre un PC et un périphérique. Cela a pu être fait en envoyant au travers d'une pin inoccupée, un signal annonçant dans quel sens va la communication. Il a été commercialisé aussi sous le nom de **Extended Parallel** ou **PS/2 Type**. Tout en restant compatible avec le port unidirectionnel, il offrait des débits pouvant atteindre **300 Ko/s** selon le type de périphérique utilisé.

TYPE 3 DMA

Ce type de port utilise le DMA. Auparavant le processeur envoyait chaque octet au port, contrôlait son envoi, et envoyait enfin le suivant. Le DMA permet de stocker les données à envoyer dans un bloc de mémoire, déchargeant ainsi le processeur. Son usage a été limité à la gamme **IBM PS/2**, à partir du **Modèle 57**.

EPP

Mise au point par Microsoft et Hewlett-Packard, cette norme ECP (extended Capabilities Ports) et presque identique à l'EPP. En plus, le port parallèle peut utiliser le DMA et une mémoire tampon (buffer) permet d'offrir de meilleures performances.

III-4 / USB

Ce nouveau port se présente sous la forme de deux à quatre petites prises à l'arrière du PC

Les caractéristiques de l'USB

L'Universal Serial Bus permet de gérer les périphériques externes comme un réseau. Les périphériques sont reliés entre eux par un mince câble unique. Ce dernier ne se contente pas de permettre au données de circuler, il va jusqu'à fournir l'alimentation électrique de chaque composant.

Nombre de périphériques

L'USB supporte jusqu'à 127 périphériques au total.



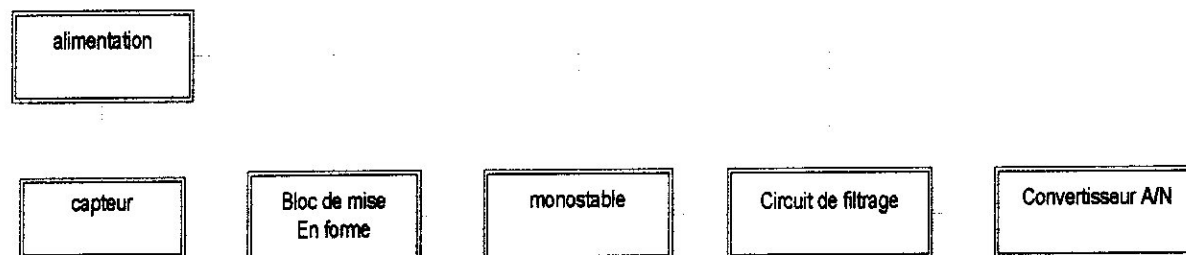
Fig (3-6):

L'USB prend aussi en charge l'alimentation des périphériques connectés, selon leur consommation. En effet, la norme autorise une consommation maximum de **15 watts** par périphérique. Si ce chiffre est largement suffisant pour une paire d'enceinte, il n'en va pas forcément de même pour un scanner ou un lecteur CD.

C'est pour cette raison que de certains périphériques possèdent leur propre alimentation électrique. Mais, pas de problème, l'USB se charge de les gérer. Vous n'aurez pas besoin de les allumer ou de les éteindre, l'USB activera ces alimentations lors de l'allumage du PC, et les coupera à son extinction.

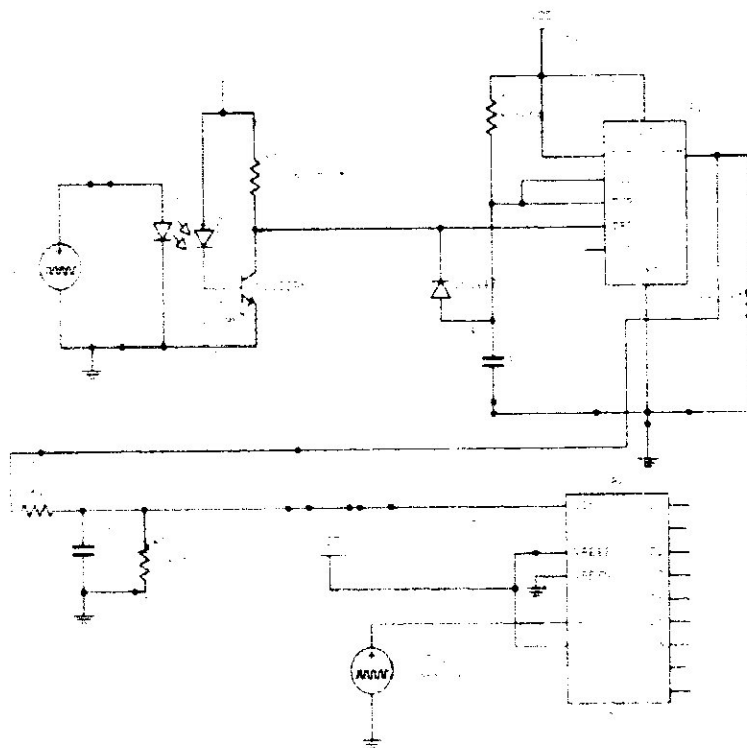
CHAPITRE IV :

**Etude des différents étages de
la chaîne de mesure**

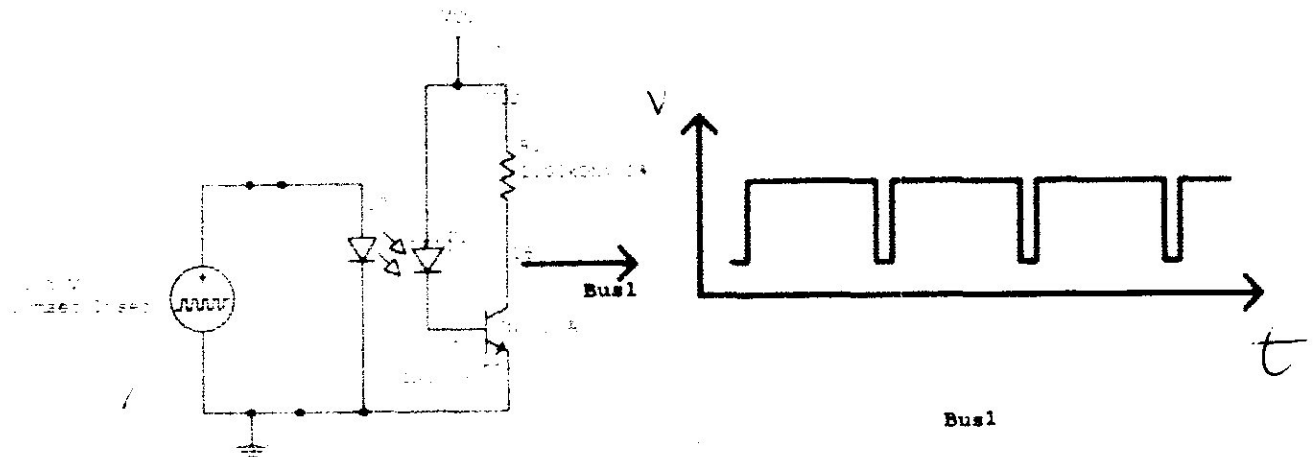
IV-1/ PRESENTATION DU SCHEMA SYNOPTIQUE**Fig (4-1): Schéma synoptique de la chaîne de mesure**

Cette figure représente le schéma synoptique de notre dispositif, à travers lequel nous retrouvons les différents étages de notre montage.

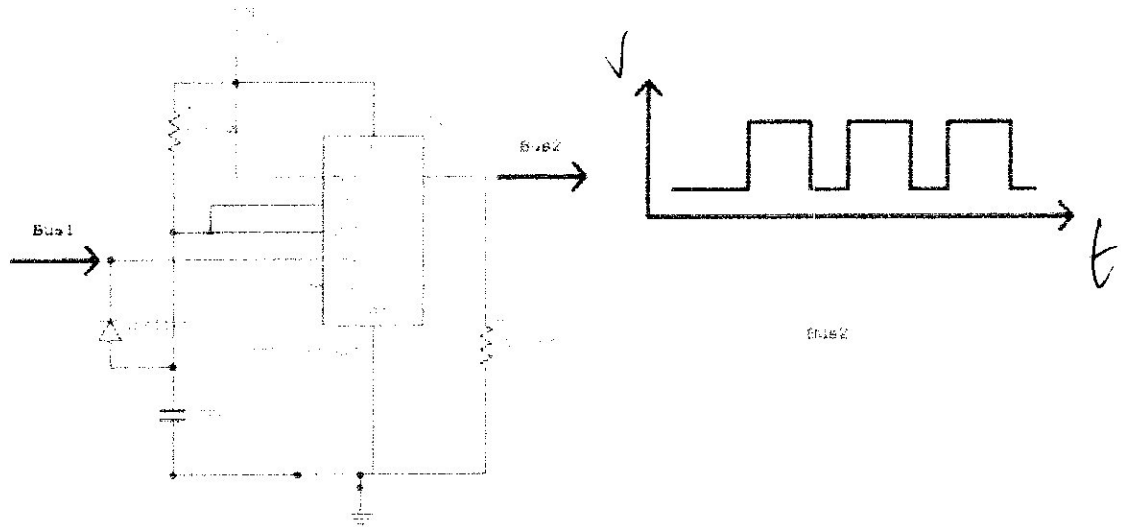
Ainsi cette représentation nous permet d'observer l'alimentation de tous les étages par une alimentation à courant continu évaluée à 5V. Dans un souci de précision, récapitulons les différents étages : le capteur et son conditionneur, un monostable NE 555, un bloc de Filtrage et en fin de chaîne un convertisseur A/N.

IV-2/ PRESENTATION DU SCHEMA ELECTRIQUE**Fig (4-2): Schéma électrique de la chaîne de mesure****Principe de fonctionnement du montage**

Nous avons une Led alimentée constamment par une source de tension à courant continue évaluée à 5V, qui émet constamment un flux lumineux. Ce flux est capté par une photo-diode réceptrice qui est saturée ou bloquée selon la capacité du flux. Ce dernier commande à un transistor NPN qui va nous donner un signal carré (0 ou 5V), qui intègre un monostable. Le signal de sortie du monostable étant un signal carré est soumis au filtrage par le biais d'un circuit de filtrage. Le signal filtré et continu attaque l'entrée d'un convertisseur A/N qui numérise la tension qui le traverse.

A/ LE CAPTEUR ET SON CONDITIONNEUR**Présentation du schéma électrique de l'étage****Fig (4-3): Schéma électrique du capteur**

La Led étant constamment alimentée par une source de courant continue, émet à son tour un flux lumineux. Ce flux est capté par une photo-diode réceptrice qui varie automatiquement selon l'intensité du flux. Cette diode va s'auto bloquer si le flux diminue, l'opération inverse se produit si le flux augmente. La photo-diode est placée avec la base du transistor NPN qui varie selon la photo-diode, si la photo-diode est bloquée la sortie du transistor est 5V, si la photo-diode est saturée la sortie du transistor est 0V. Donc c'est un signal carré qui varie selon la vitesse du moteur. Si cette dernière augmente, le temps entre deux fronts descendants est très petit, et si elle diminue donc le temps entre deux fronts descendants est très grand.

B/ LE MONOSTABLE**Fig (4-4):. le monostable N 555**

Le monostable marche en front descendant, dès qu'il y a front descendant sur l'entrée, la sortie est 5V à certains temps $t = \text{Log}2 \times R \times C$ et après ce temps la sortie devient 0V, donc c'est un signal carré.

Si la vitesse du moteur augmente, le temps entre les impulsions de sortie du comparateur est très petit. Sur la sortie du monostable le temps de front descendant est très petit par rapport au temps du front montant. Et si la vitesse du moteur diminue, le temps entre les impulsions de la sortie du comparateur est très grand. Sur la sortie du monostable le temps du front descendant est très grand par rapport au temps du front montant.

C/ Filtrage

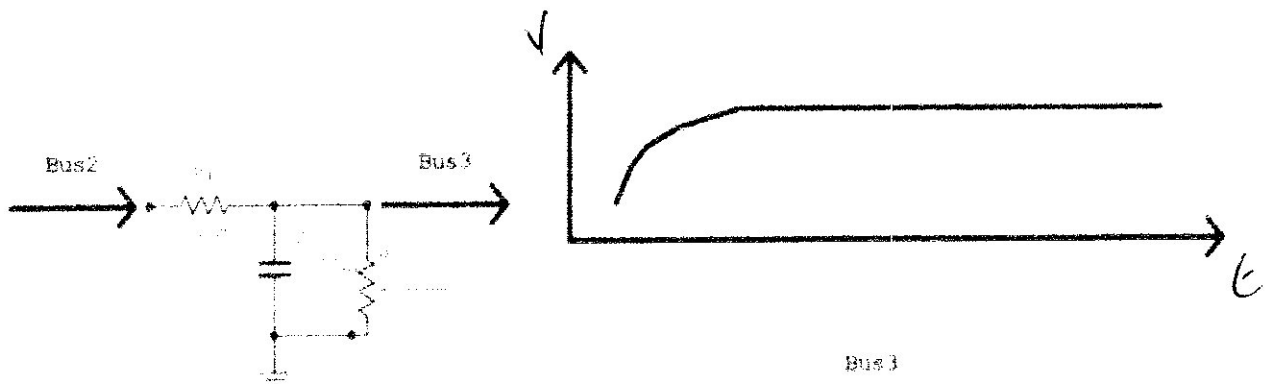


Fig (4-5): Le circuit de filtrage

Un circuit de filtrage est placé à la sortie du monostable pour filtré le signale. Ce signal varie selon la vitesse du moteur .Si elle augmente jusqu'au maximum, la sortie devient donc presque égale à V_{cc} , et si elle diminue jusqu'à s'annuler, la sortie devient presque égale 0V.

D/ LE CONVERTISSEUR A/N

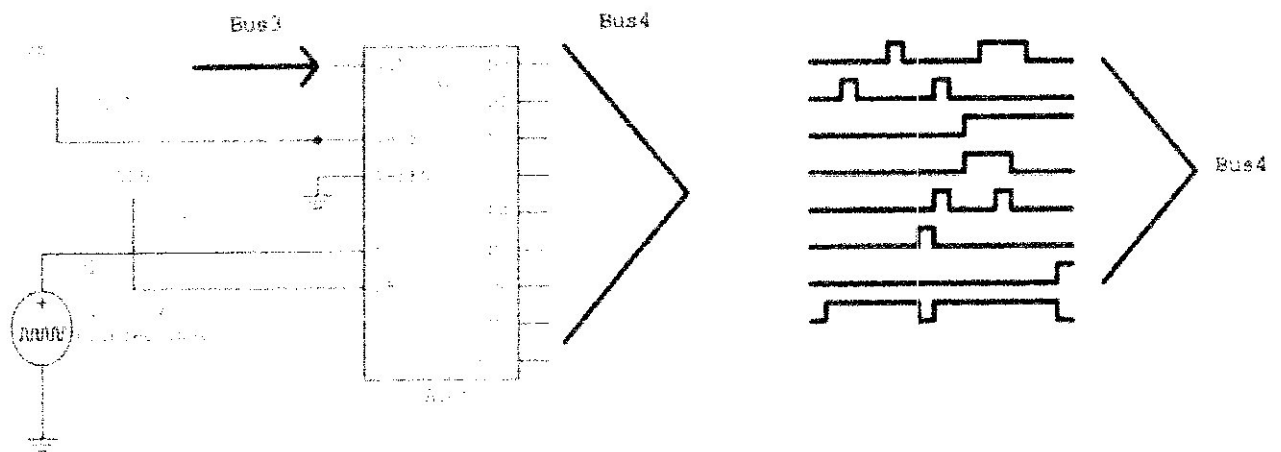
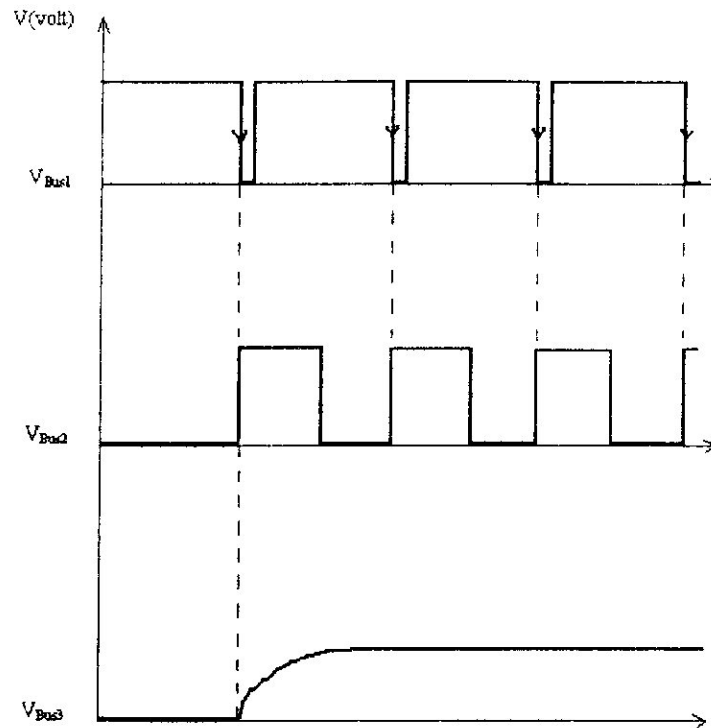


Fig. (4-6): Convertisseur A/N standard

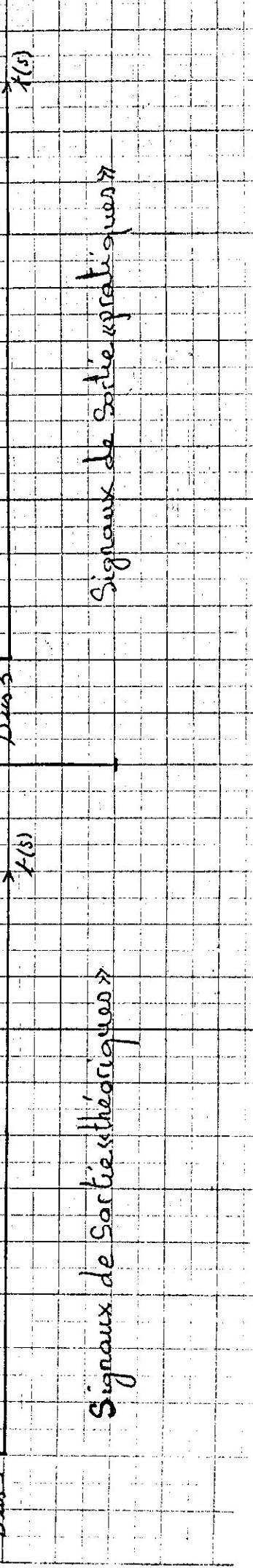
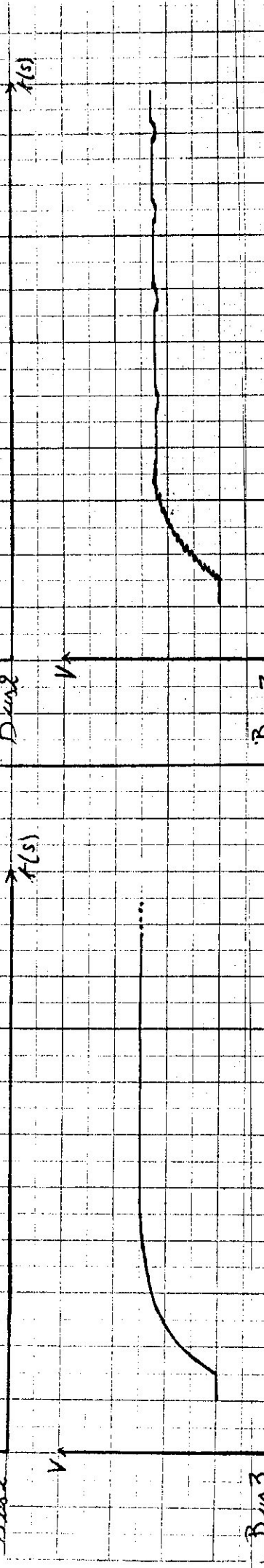
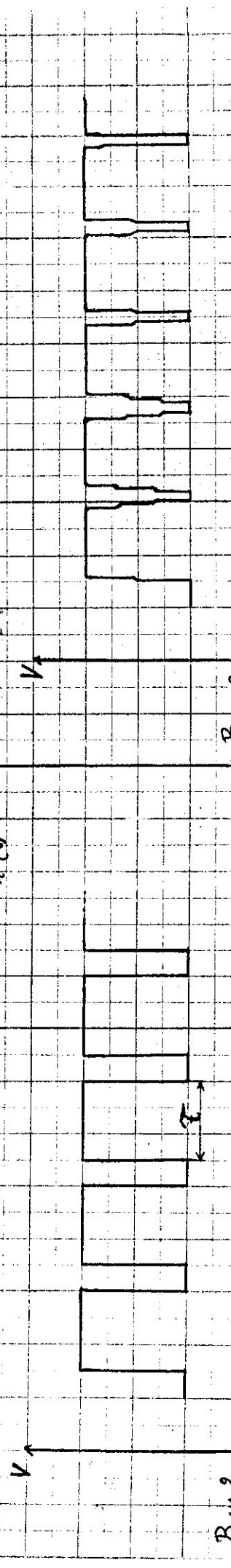
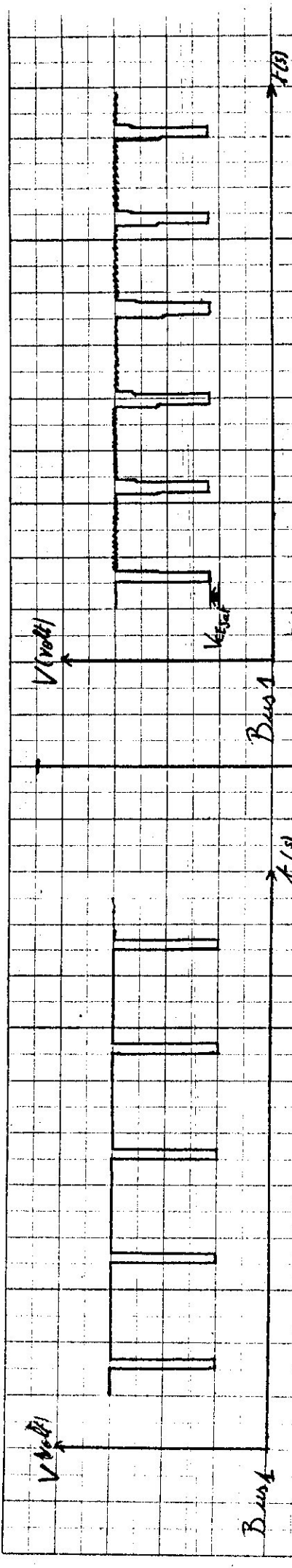
Un convertisseur A/N pour transformer le signal analogique à un signale numérique de 8 bits de sortie.

IV-3/ PRESENTATION GLOBAL DES SIGNAUX ELECTRIQUE**Fig (4-7): Chronogrammes des signaux de sortie**

En vue d'une réalisation industrielle de surcroît considérant l'importance que couvre la détermination de la vitesse de rotation du moteur en aéronautique. Il est plus qu'impératif de relever la formule suivante :

$$\frac{1}{V_{moy}} = 2 \text{Log}2 \times R \times C \quad \text{avec } R.C = \tau \quad (4-1)$$

Aussi nous vous présentons ci-dessous le montage électrique d'une chaîne de mesure à même de déterminer environ 150000 tr/min. Bien entendu le générateur de signaux carrés (impulsions) représente le moteur.



Signaux de Sortie «pratiques»

Signaux de Sortie «théoriques»

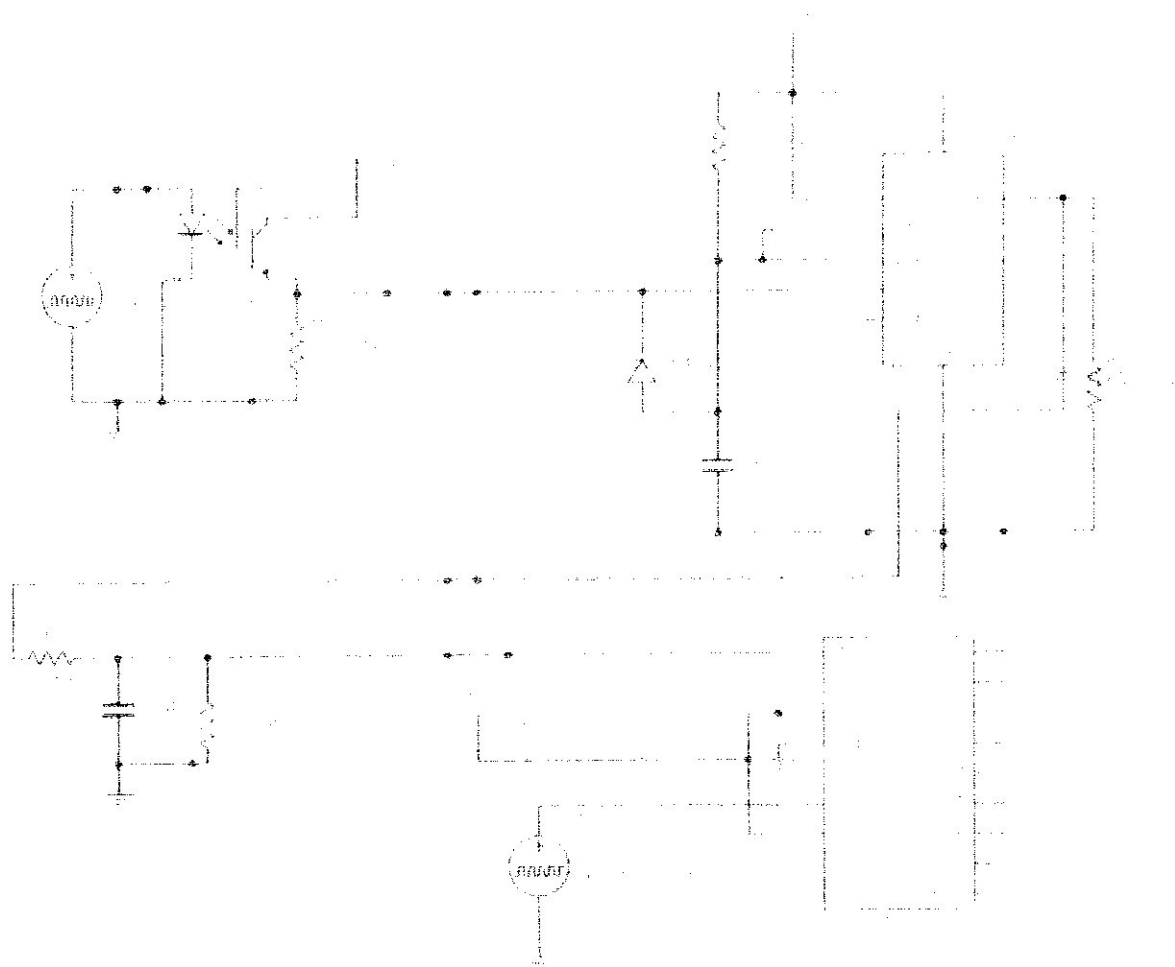


Fig (4-8): chaîne de mesure

CHAPITRE V :

Réalisation

V-1/ PRESENTATION

Le circuit qui fait l'objet de ce chapitre est du domaine de la mesure de la vitesse de rotation. Utilisant un capteur optoélectronique, le montage la vitesse de rotation instantanée à l'emplacement du capteur. Le circuit à réaliser transmet en permanence la valeur à l'ordinateur, ce dernier étant chargé de la représenter.

Ce montage vous autorise donc à mesurer par exemple la vitesse de rotation d'un moteur d'automobile ou celle d'un moteur d'avion. Le logiciel mémorise les Max et les Min. Ainsi vous connaîtrez les extrêmes d'une période donnée.

V-2/ REALISATION PRATIQUE

Ce circuit n'utilise pas beaucoup de composants, il trouvera facilement place sur demi carte prototype Europe. Il emploiera aussi une liaison par cordon d'imprimante. Il faudra donc préparer la limande équipée d'une fiche centronics.

La petite taille du circuit nécessite une réalisation minutieuse et soignée des soudures de composants. A ce sujet, il est conseillé d'utiliser une panne de fer fine et de la soudure de faible diamètre.

Néanmoins, un pont de soudure peut se former entre pastille et le plan de masse. Il suffit alors d'ôter le pont à l'aide d'une pompe ou tresse à dessouder, puis de refaire la soudure.

Comme à l'habitude, les composants seront soudés par ordre croissant de hauteur (résistances, diodes, transistors, selfs, condensateurs, fils d'alimentation). Pour établir un bon contact lors de l'implantation sur le circuit imprimé, ne pas oublier de mettre à nu le fil en grattant le vernis. En ce qui concerne le tracé du circuit imprimé et celui d'implantation référez-vous aux annexes.

A / CABLAGE DU CIRCUIT

Aucune remarque particulière n'est à faire pour ce circuit. Les composants seront implantés sans difficulté.

La platine utilisant des composants courants, la réalisation des pistes se fera de la manière habituelle.

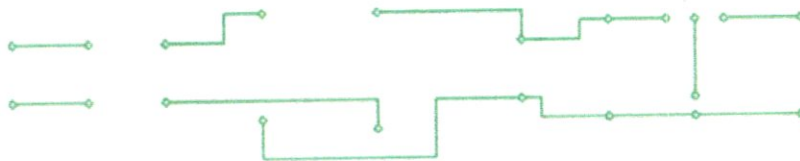


Fig circuit imprimé de l'alimentation

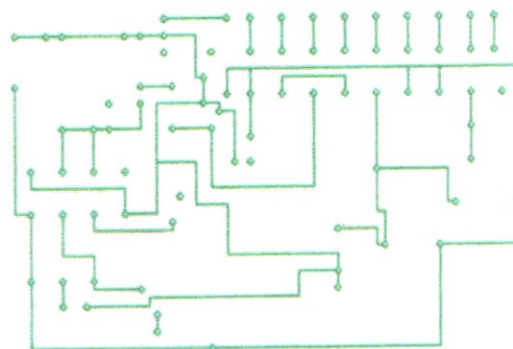


Fig circuit imprimé du dispositif (compte-tours)

B / FINITION

La platine étant câblée selon les indications, quelques opérations supplémentaires la rendront fonctionnelle. Tout d'abord, le montage doit être alimenté (à l'aide d'une pile de 9V ou d'un adaptateur réglable par exemple) aux points «+» et «GND» à gauche du capteur. Vérifier la présence d'un signal continue et stabilisé aux bornes du circuit de filtrage. Mettre en place les circuits intégrés. L'entrée du signal fait aux points «entrée» et «GND». Nous devons relié le circuit à la fiche centronics.

Pour que l'ordinateur puisse recevoir des valeurs du circuit, la limande équipée d'une fiche Centronics doit être raccordée aux cosses du circuit.

Ci-dessous nous vous proposons les schémas d'implantation de l'alimentation et du dispositif.

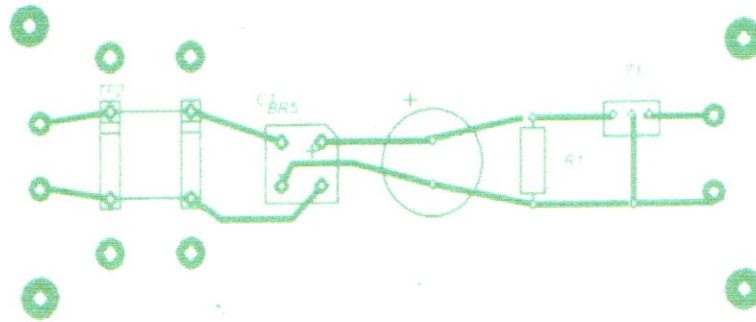


Fig. schéma d'implantation des composants de l'alimentation

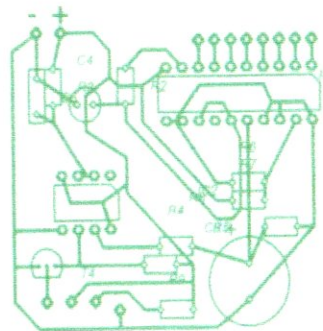


Fig. schéma d'implantation du dispositif

NOMENCLATURE

DANS CE CIRCUIT, NOUS AVONS UTILISE LES COMPOSANTS SUIVANTS :

RESISTANCES

R2= 10 K Ω

R3= 47 K Ω

R4= 10 Ω

R5= 1 K Ω

R6=10 K Ω

R7=10 K Ω

R8=1 K Ω

R9=100 Ω

LES CONDENSATEURS

C1= 220 Nf

C2=3300 1000 μ F

C3=300 PF

C.1.1 : MONOSTABLE NE 555

C.1.2 : CONVERTISSEUR A/N ADC 0804

TRANSISTOR NPN

2 DIODES EMETEUR ET RECIPTEUR

AINSI QUE UNE SOURCE D'ALIMENTATION (TENSION CONTINUE 5V)

NOUS DONNONS À PRESENT LA CORRESPONDANCE DES BITS AVEC LES BROCHES. IL S'AGIT EXPLICITEMENT DE LA CORRELATION EN TERME DE SIGNAUX DES BROCHES DU CAN AVEC CELLE PORT CONSIDERE, PARALELLE DANS NOTRE CAS.

Bit 0	→	Broche 1
Bit 1	→	Broche 14
Bit 2	→	Broche 16
Bit 3	→	Broche 15
Bit 4	→	Broche 13
Bit 5	→	Broche 12
Bit 6	→	Broche 10
Bit 7	→	Broche 11

CORRELATION DES SORTIE DE L'ADC 804 AVEC LES ENTREES DU PORT PARALELLE.

C / LE LOGICIEL

Avant de pouvoir étalonner le montage, le logiciel correspondant doit être installé. En effet il s'agit du logiciel de programmation DELPHI, dont les versions 2 et supérieures sont compatibles pour l'exécution d'un tel programme.

Installez le programme au moyen du fichier Setup.exe, et lancez-le. En cliquant sur le bouton Mesurer, la vitesse de rotation actuelle s'affiche. Le logiciel ira ensuite chercher régulièrement la valeur actuelle. Celle est immédiatement mise à jour à l'affichage.

Le montage n'est pas étalonné, la valeur affichée la première fois n'est pas forcément correcte.

D/ LE PROGRAMME

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  ExtCtrls, StdCtrls, ComCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Timer1: TTimer;
    Label2: TLabel;
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
  private
    { Déclarations privées }
  public
    { Déclarations publiques }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}
```

```

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var
  e,e2,e3,e4:byte;
  k,k2,k3,N:integer;
begin
  asm
  mov dx,0379h
  in ax,dx
  mov e,a1
  end;
  if (e and 128)=0 then k:= 128
  else k:=0;
  asm
  mov dx,037ah
  in ax,dx
  mov e2,a1
  end;
  if (e2 and 1)=0 then k2:= 1
  else k2:=0;
  asm
  mov dx,037ah
  in ax,dx
  mov e3,a1
  end;
  if (e3 and 2)=0 then k3:= 2
  else k3:=0;
  asm
  mov dx,037ah
  in ax,dx
  mov e4,a1
  end;
  N:=(((k+(e and 127)) and 248) or (k2) or (k3) or (e4 and 4) );
  label1.caption:=inttostr(N)+' tr/s';
end;
end.

```

COMPRENEZ QUE DANS CE TRAVAIL, LA PARTIE DES ANNEXES EST CERTES LA DERNIERE PARTIE MAIS QU'ELLE N'EST PAS DES MOINDRES. NOUS N'AVONS NULLEMENT LA PRETENTION DE DEFINIR L'IMPORTANCE CAPITALE QUE JOUE LES ANNEXES DANS LA REDACTION DES PROJETS, MAIS NOUS TENONS TOUT DE MEME A SIGNALER L'INTERET DOUBLEMENT CAPITALE QUE VOUS DEVEZ CONSACRER A CETTE DERNIERE POUR LA COMPREHENSION, PUIS LA MAITRISE DU SUJET ICI DEVELOPPE.

Majuscule

CONCLUSION

Conclusion

En conclusion nous pouvons dire que ce travail nous a permis de consolider un acquis théorique et technique de niveau assez élevé.

Ainsi nous cernons mieux le rôle d'interface primaire que joue le capteur dans toute chaîne de mesure, ainsi que l'intérêt du choix minutieux que représente ce dernier avant la conception.

Nous avons acquis beaucoup de connaissance en informatique notamment dans la programmation et la réalisation d'interface.

Au terme de notre travail, nous ne pouvons que nous satisfaire de l'apport de nouvelles connaissances. Sans prétention nous pouvons affirmer que par sa richesse, ce travail répond à certaines questions pour tous les étudiants qui auront un travail allant dans le même sens, c'est-à-dire traitant de chaîne d'acquisition-restitution bien évidemment avec visualisation sur PC. Plus généralement il peut sans nul doute aider tous les étudiants pour quelque complément de cours que ce soit.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] ASCH Georges (1999)

Les capteurs en instrumentation industrielle
Edition Dunod.

[2] LEIBSON Steve (1984)

Manuel des interfaces
Édition MC GRAW-HILL.

[3] DIEULEVEUT (François de) et FANET Hervé (1997)

Principe et pratique de l'électronique Tome 2. Fonctions numériques et mixtes
Edition Dunod

[4] BERGU René Pierre (1991)

Technique de l'ingénieur
E-3-II

[5] ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 235- Avril 1999

[6] F.CHEKKOU et N.CHETTA (1991)

Etude et réalisation d'un module de conversion A/N et N/A pour le traitement de la parole.

Thèse de technicien supérieur

Institut d'électronique de Blida.

[7] A.AZZOUZ et ABDELALI (1994)

Etude et réalisation d'une interface sortie imprimante parallèle 8 sorties/ 5 entrées.

Thèse d'ingénieur

Institut d'Aéronautique de Blida

[8] DAOUDI SOUMIA et MOUFFOK SONYA (2002)

Etude et réalisation d'une interface pour la visualisation sur PC de la variation de la température d'huile du circuit de graissage du CFM56_7B.

Thèse de technicien supérieur

Institut d'Aéronautique de Blida.

Liens utiles

www.sensorique.fr.st/

www.snecma.com/fr

www.wanadoo.fr/perso/xcotton/electron

ANNEXE

ANNEXE A : un C.I. célèbre : le timer 555

ANNEXE B: choix de l'adresse du port parallèle

ANNEXE C : module ADC 804

ANNEXE D : Les capteurs

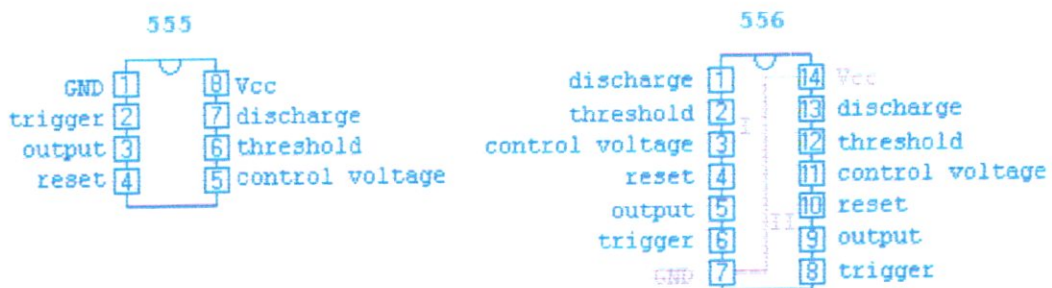
ANNEXE E : Instruments de bord relatif à la rotation moteur

ANNEXE A

Un CI célèbre: le timer 555

Nous allons maintenant étudier de plus près un circuit intégré à la fois très connu et très simple, qui fait presque figure d'ancêtre (il a été créé au début des années 70!): le 555. Il s'agit d'un timer en boîtier DIL 8: il comporte donc deux rangées de 4 pattes. Le 555 fonctionne aussi bien en mode astable ou monostable et ne requiert que trois composants périphériques, deux résistances et un condensateur.

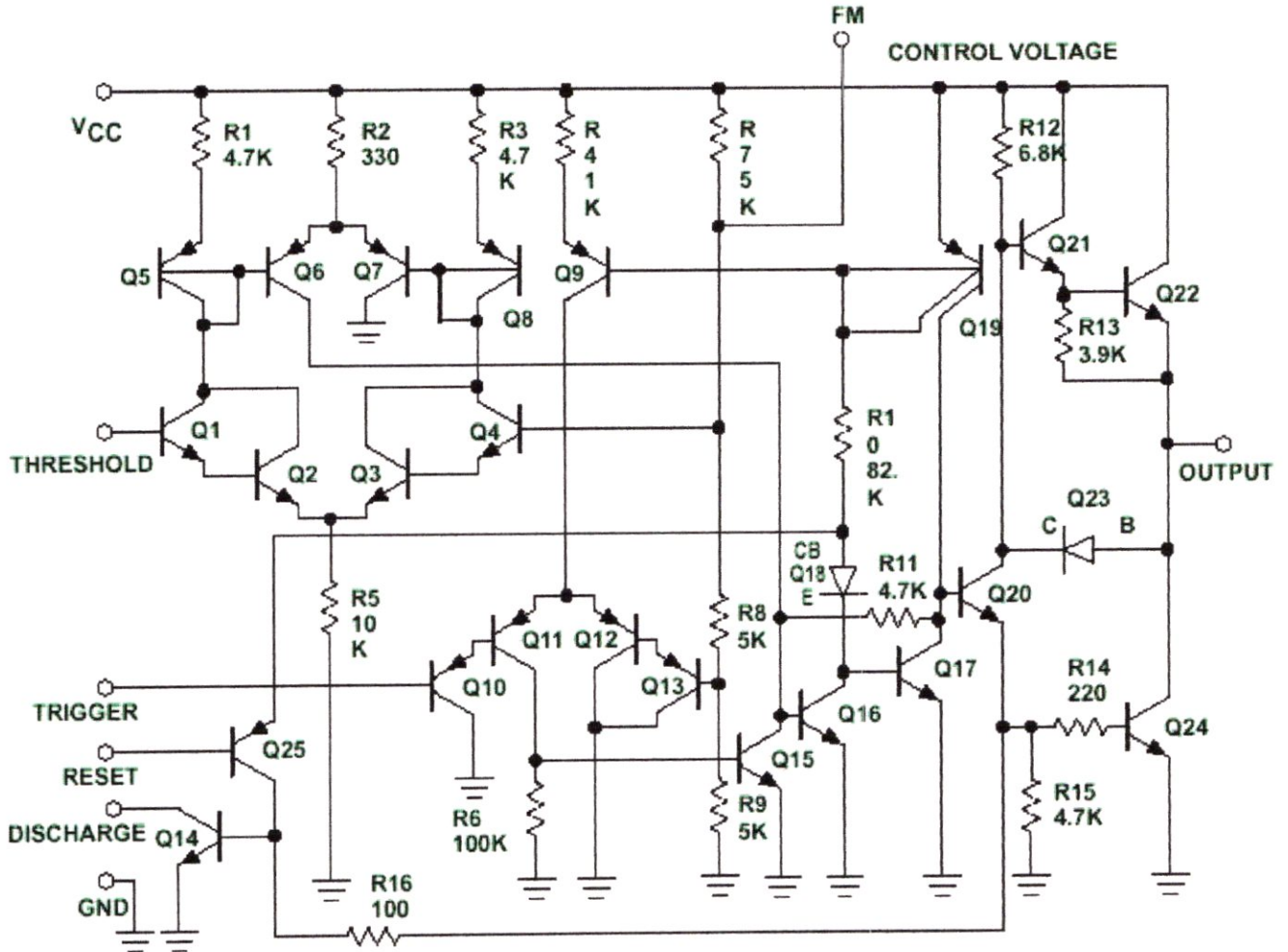
Un *timer*, ou *timing circuit*, est un c.i. conçu pour délivrer en sortie des signaux dont la période est d'une durée très précise. Ces c.i. donnent lieu à de multiples applications: bascules monostables, astables (multivibrateur), etc. Le timer 555 est sans doute, à l'heure actuelle, l'un des circuits intégrés les plus "simples" sur le marché. Ses performances surprenantes et son coût dérisoire expliquent un succès qui ne se dément pas depuis plus de trente ans! Il est cependant disponible en diverses versions (dont la référence ICM7555 en technologie CMOS), plus sophistiquées que celle d'origine. Le 556 est un double 555 en boîtier DIL 14.



Brochage des 555 et 556.

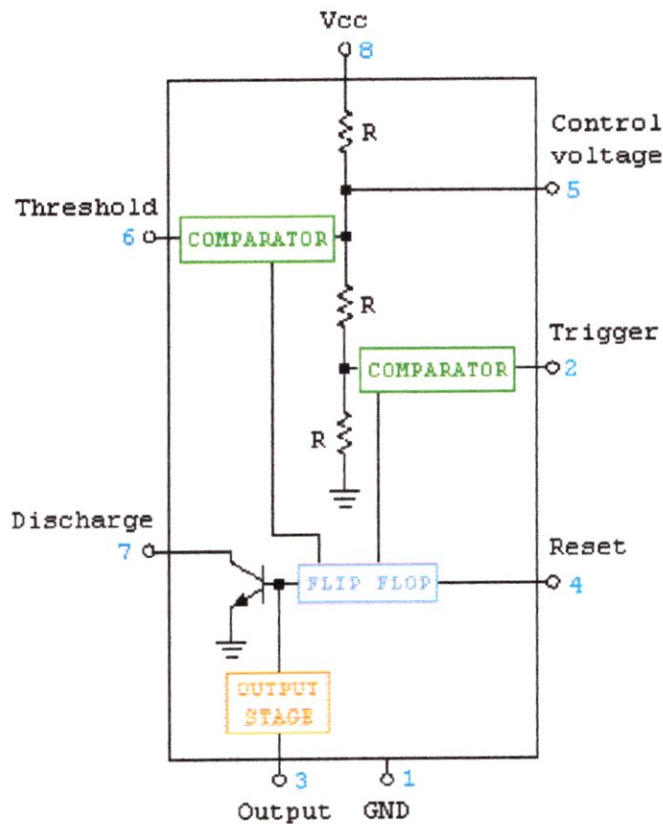
Anatomie du 555

Voyons tout d'abord, par curiosité, ce qui se cache dans les entrailles de ce minuscule circuit intégré:



Ci-dessus: le schéma équivalent du 555. Beaucoup de transistors bipolaires, de diodes et de résistances dans ce petit boîtier... Tout cela tient dans moins d'un centimètre carré!

On imagine qu'il ne serait guère facile de "travailler" sur un tel schéma, pourtant d'un dépouillement monacal comparé à celui d'un processeur, aussi on le simplifie pour obtenir une espèce de synoptique (*block diagram*), permettant de visualiser clairement les blocs fonctionnels et le brochage.



Le dessin de gauche, fourni par le fabricant, présente la structure interne (*block diagram*) du CI à 8 broches référencé 555. Ne sont ici représentés que les blocs fonctionnels.

On distingue un pont diviseur constitué de trois résistances R de même valeur, deux AOP (amplificateurs opérationnels) montés en comparateur (notés COMPARETOR), une bascule de type reset/set à sortie unique (notée FLIP FLOP), un étage de puissance en sortie (OUTPUT STAGE) et, pour finir, un transistor NPN dont le collecteur est relié à la broche 7 (Discharge).

Les pattes sont numérotées et désignées par leur "rôle". On retrouvera souvent sur les schémas les termes Vcc (alimentation), GND (masse, *ground* en anglais), Reset (remise à zéro, ou RAZ). *Output* signifie "sortie", *Threshold* signifie "seuil" et *Trigger*, "gâchette" (ou déclenchement)...

Data sheet du 555

Nous nous bornerons ici aux principales caractéristiques du NE555 (le plus "basique"):

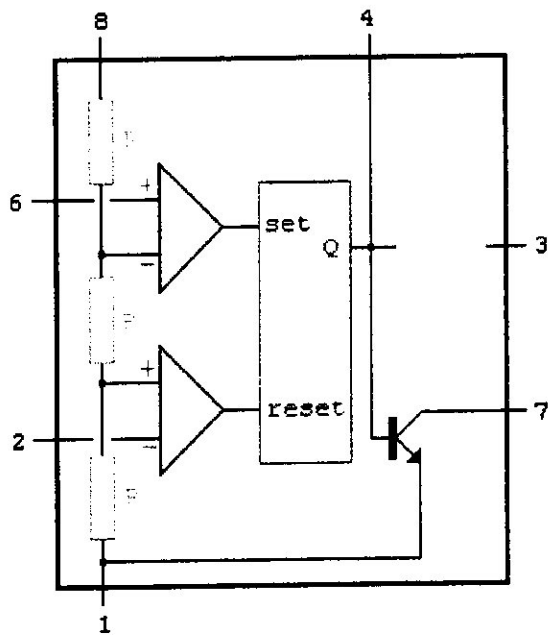
Symbol	Parameter	Test conditions	min.	typ.	max.	Units
V _{cc}	Supply voltage		4,5		16	V
I _{cc}	Supply current			10	15	mA
I _{out}	Output current				200	mA
F _{max}	Operating frequency				500	kHz
P _D	Maximum power dissipation				600	mW
T _A	Operating ambient temperature range		0		70	°C

t_M	Timing error in monostable mode	$RA = 2 \text{ k to } 100 \text{ k}; C = 0,1 \mu\text{F}$	1,0	3,0	%
t_A	Timing error in astable mode	$RA, RB = 1 \text{ k to } 100 \text{ k}; C = 0,1 \mu\text{F}; V_{cc} = 15 \text{ V}$	5	13	%
$V_{cl}, V_{th}, V_{trig}, V_{reset}$	All input voltages		V_{cc}		V

On retiendra d'abord que le 555 peut être alimenté sous une tension continue comprise entre 4,5 et 16 V et qu'il peut débiter un courant avoisinant la valeur, très confortable, de 200 mA. En mode astable (multivibrateur), il est capable de fonctionner à une fréquence maximale de 500 kHz (une valeur, là encore, très largement suffisante). La précision (*timing error*) est très bonne, surtout en mode monostable (temporisateur). Détail pratique intéressant, les broches 2, 4, 5 et 6 peuvent au besoin être reliées directement à V_{cc} .

Principe de fonctionnement du 555

Pour comprendre son fonctionnement, revenons au schéma du 555 (ci-dessous). Les trois résistances, entre V_{cc} et GND (la masse), constituent un pont diviseur de tension, relié aux deux comparateurs de sorte que l'entrée non-inverseuse (e+) de celui du bas est à un potentiel fixe égal au tiers de V_{cc} , tandis que l'entrée inverseuse (e-) de l'AOP du haut est à un potentiel fixe égal aux deux tiers de V_{cc} .



Ces deux AOP sont montés en comparateur à fenêtre. Le principe de ce montage est le suivant: si la tension présente sur l'entrée inverseuse est supérieure à la tension présente sur l'entrée non-inverseuse, la tension en sortie du comparateur sera voisine de 0. En cas contraire, la tension en sortie sera voisine de V_{cc} .

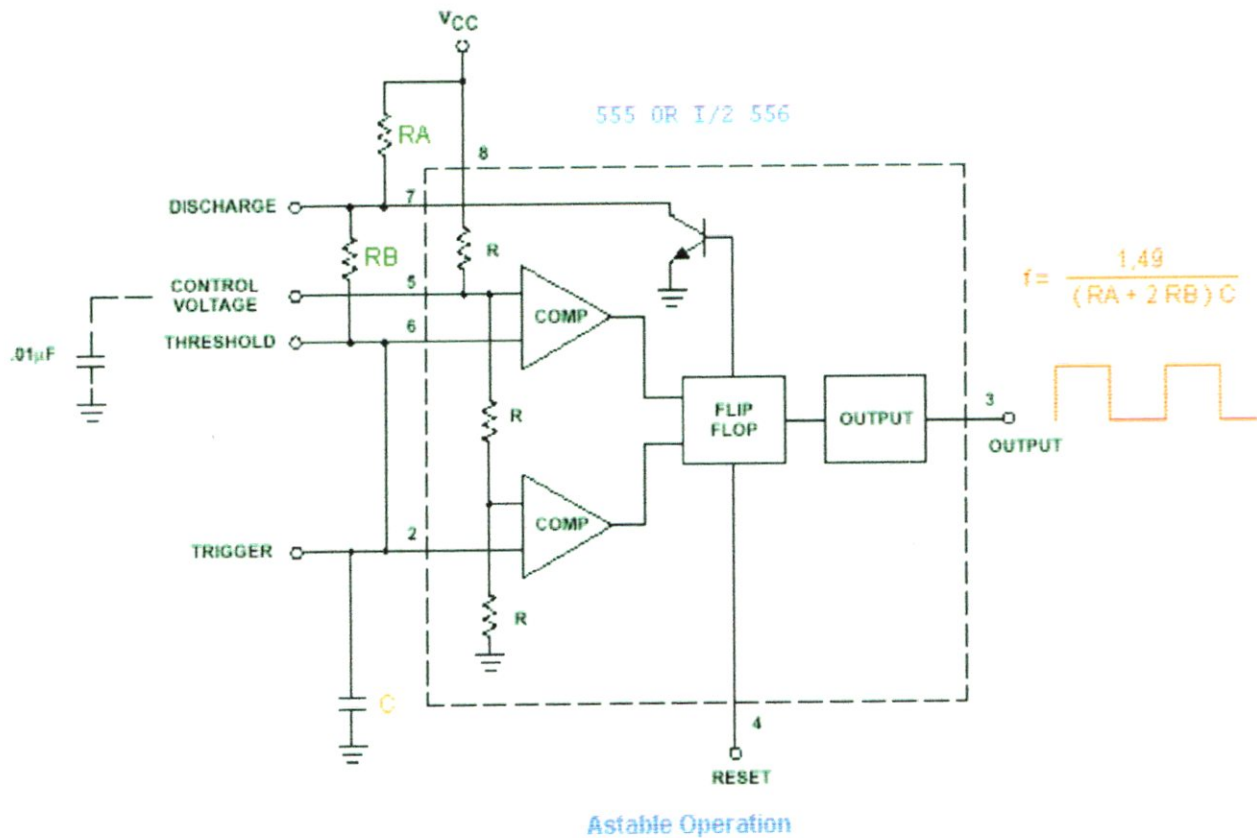
On détermine donc un seuil supérieur et un seuil inférieur, de sorte que si la tension présente sur la broche 6 du 555 est supérieure aux deux tiers de V_{cc} , la sortie de l'AOP correspondant sera au niveau logique 1 et commandera la bascule sur "set". Si en revanche la tension présente sur la broche 2 du 555 est inférieure au tiers de V_{cc} , c'est la sortie de l'autre AOP qui sera au niveau logique 1 et qui commandera alors la bascule sur "reset".

Sans entrer dans le détail du fonctionnement de la bascule (flip-flop), qui est constituée de deux portes NAND (NON-OU) en couplage croisé précédées de deux autres portes NAND en inverseur, disons qu'une impulsion positive sur son entrée "set" met sa sortie au niveau 1, tandis qu'une impulsion sur l'entrée "reset" fait basculer la sortie à 0.

Fonctionnement du 555 en mode astable

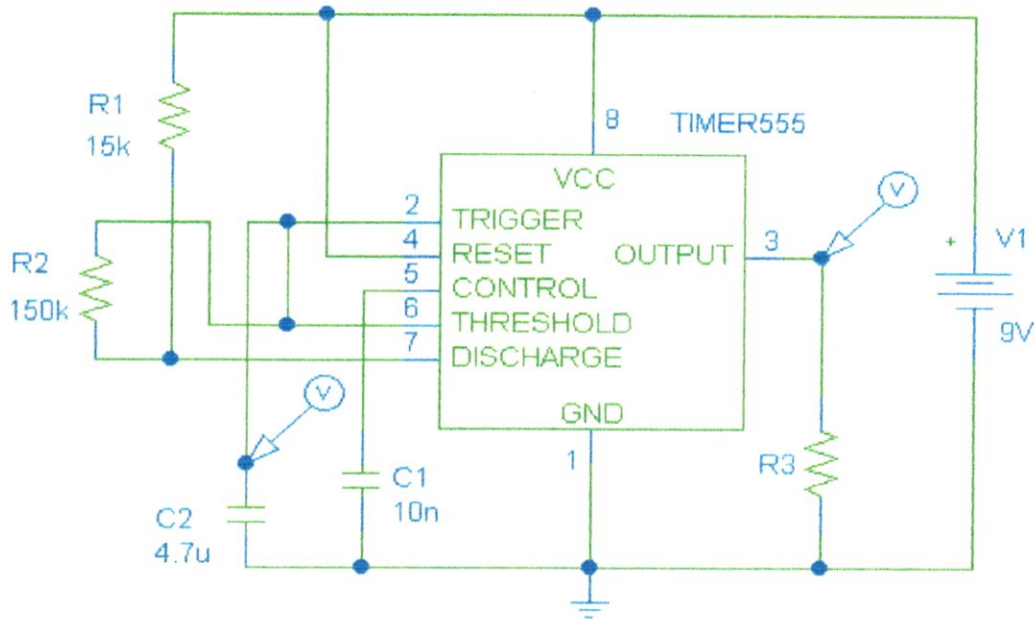
Le 555, nous l'avons dit, se prête de bonne grâce à de multiples et ingénieux montages, mais ses deux modes de fonctionnement "intrinsèques" sont le mode **astable** (*free running*, en anglais), dans lequel il délivre en sortie un signal périodique de forme rectangulaire, et le mode **monostable** (*one shot*, en anglais), utilisé pour réaliser une temporisation.

Prenons le schéma du 555 en **mode astable**, c'est-à-dire fonctionnant comme un multivibrateur. Ce schéma d'application (un grand classique) est celui proposé par le fabricant. Au passage, signalons que le 555 existe aussi en version double, sous la référence 556 (deux 555, indépendants l'un de l'autre, dans un même boîtier DIL 14).



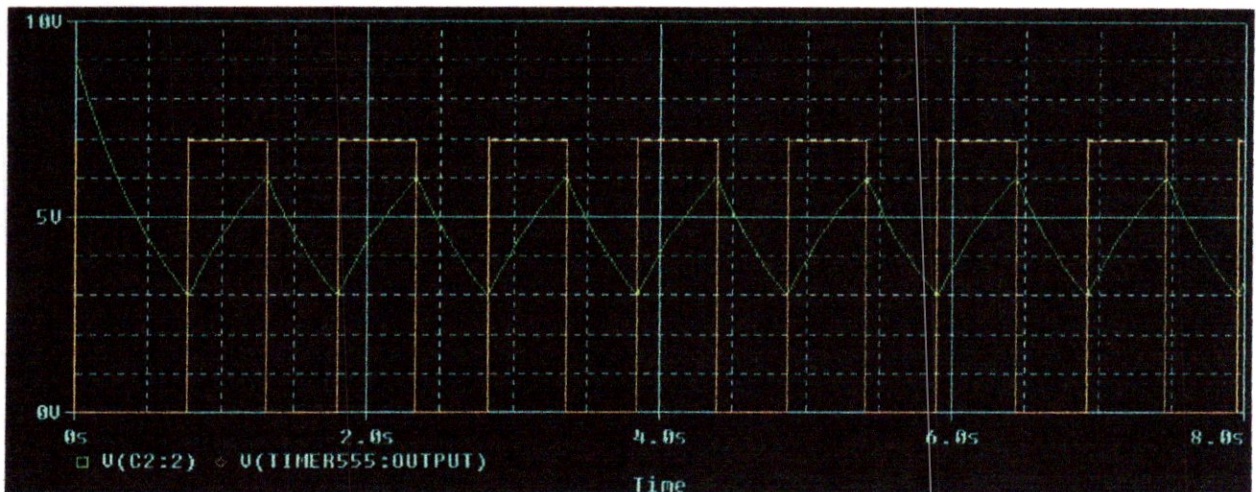
Le condensateur C se charge, via RA et RB. Lorsque la tension aux bornes de C atteint une valeur égale aux deux tiers de Vcc, la sortie du premier comparateur passe à 1 et commande la bascule (flip flop) sur "set". La sortie de cette bascule qui, à l'origine, était à 0, passe à 1. La base du transistor NPN est alimentée, ce qui le rend passant. Ce transistor court-circuite alors le condensateur C en dérivant vers la masse son courant de charge. Le condensateur se décharge via la broche 7 et RB: la tension à ses bornes diminue. Lorsque celle-ci aura atteint une valeur égale au tiers de Vcc, la sortie du second comparateur passera à 1, ce qui actionnera la bascule ("reset"), dont la sortie passera aussitôt de 1 à 0. Conséquence: la base du transistor n'est plus alimentée, donc celui-ci n'est plus passant et ne s'oppose plus à la charge du condensateur. Le condensateur recommence de se charger et nous nous retrouvons dans la situation initiale.

Simulons ce montage à l'aide de *PSpice*. Notre schéma sera le suivant:



Nous avons placé deux "voltmètres" virtuels, l'un aux bornes du condensateur (ici noté C2, de valeur $4,7 \mu\text{F}$) et l'autre en sortie du 555 (broche 3).

Voici à présent le graphe obtenu:



Observez d'une part la forme du signal de sortie (trace rouge) et d'autre part la coïncidence des niveaux haut et bas avec, respectivement, la charge et la décharge du condensateur C2 (trace verte). Les valeurs choisies pour R1, R2 et C2 nous donnent un signal de sortie dont la période est très voisine de 1 seconde et le rapport cyclique très proche de 50%.

En résumé, nous pouvons décomposer un cycle complet en deux étapes:

- la charge du condensateur, qui correspond à une sortie haute, suivie de
- sa décharge, qui correspond à un niveau bas en sortie.

Dans cette configuration astable, la **période t** des créneaux du signal de sortie est donnée par la formule:

$$t = 0,7 (R_A + 2R_B) C$$

La durée du niveau haut (ou 1) vaut:

$$H_i = 0,7 (R_A + R_B) C$$

et la durée du niveau bas (ou 0) vaut:

$$L_o = 0,7 (R_B) C$$

Il en résulte que le **rapport cyclique** (*duty cycle*, en anglais), défini comme le quotient de la durée du niveau haut par la durée totale du cycle, est donné par: $(R_A + R_B) / (R_A + 2 R_B)$.

Il sera donc très voisin de 50 % (d'où un signal quasi symétrique) si R_A est beaucoup plus petite que R_B .

Applications pratiques

On peut maintenant se poser la question de savoir à quoi peut bien servir un 555 monté en multivibrateur. Si on formule la question autrement, on se demandera quel usage on peut faire du signal obtenu en sortie, ce fameux signal périodique de forme rectangulaire, paramétrable dans tous les sens...

Voici une petite suggestion: un clignotant! Choisissons une fréquence de l'ordre de la seconde et un rapport cyclique proche de 50 %, comme dans l'exemple ci-dessus, branchons deux DEL en sortie, et on les verra clignoter imperturbablement à tour de rôle...

Ce génial petit schéma d'application, dont il existe de nombreuses variantes, servira chaque fois que vous aurez besoin de produire un signal périodique de forme rectangulaire (ou carrée). Qui plus est, le 555 peut fournir jusqu'à 200 mA en sortie, soit une intensité très largement suffisante pour alimenter une ou plusieurs DEL, un buzzer, etc.

A noter que la résistance R_b est souvent remplacée par un ajustable, ce qui permet de faire varier très aisément la période du signal, et par conséquent sa fréquence.

Fonctionnement du 555 en mode monostable

Le 555 peut tout aussi bien fonctionner en **mode monostable** (*one shot*, en anglais: littéralement: un seul coup), c'est-à-dire comme un temporisateur.

Une brève impulsion **négative** sur son entrée 2 (*trigger*) va déclencher, en sortie (*output*), un état haut dont la durée dépend des deux composants R et C , selon la formule donnée ci-dessous. En d'autres termes, la broche 2 doit être mise à la masse, par l'intermédiaire d'un bouton-poussoir ou d'un signal externe adéquat, pour déclencher la temporisation. La tension de sortie vaudra environ les deux tiers de V_{cc} .

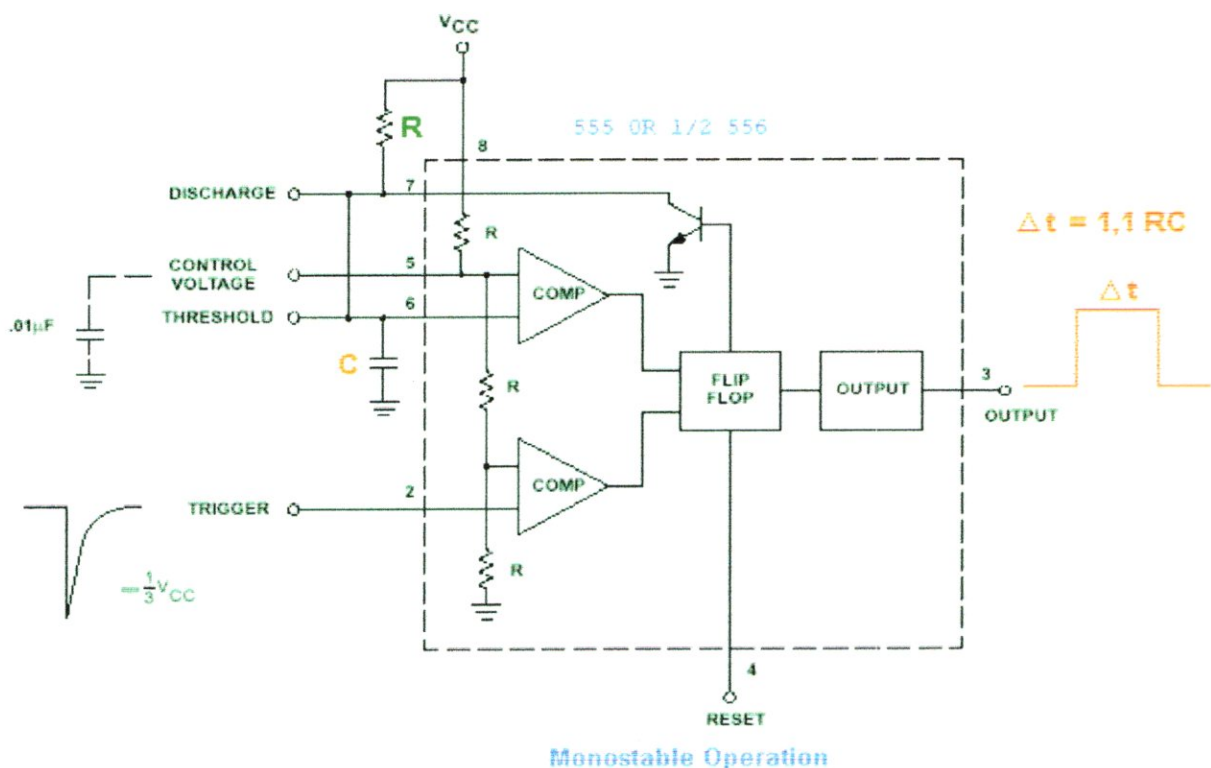
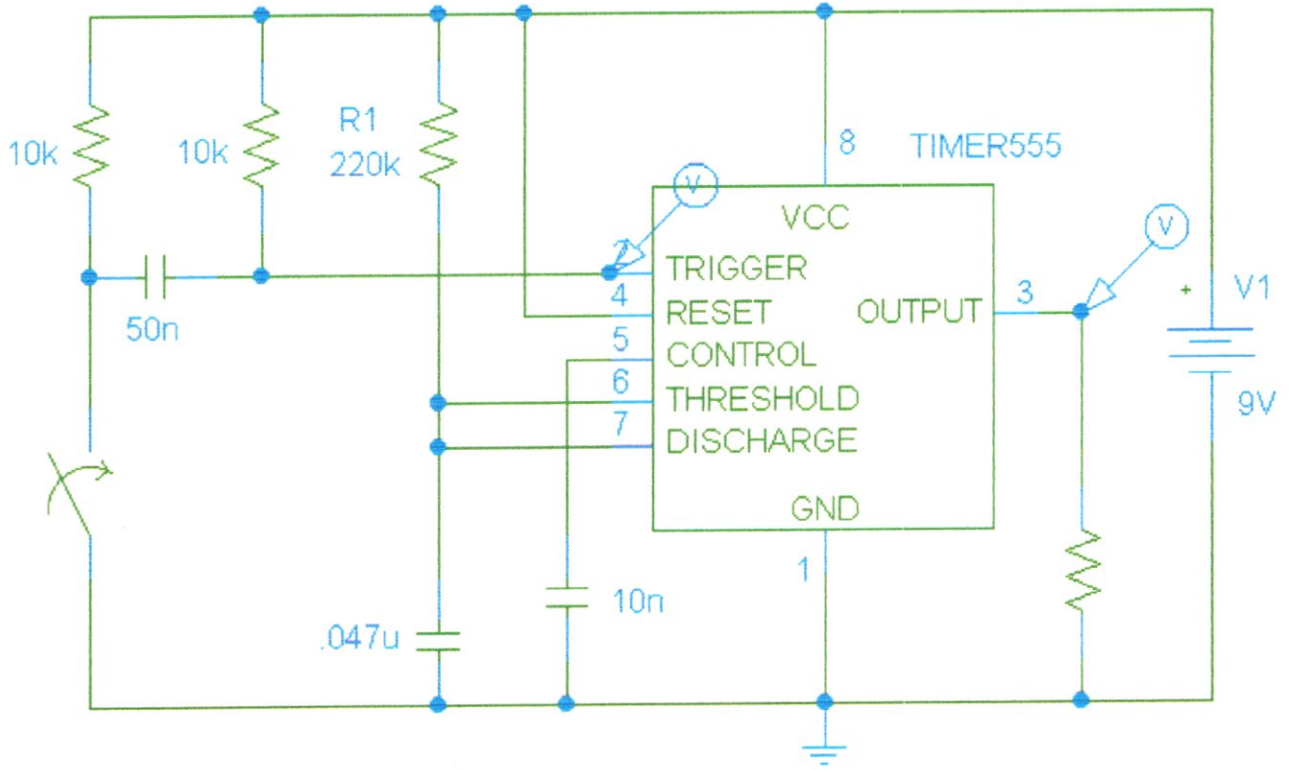


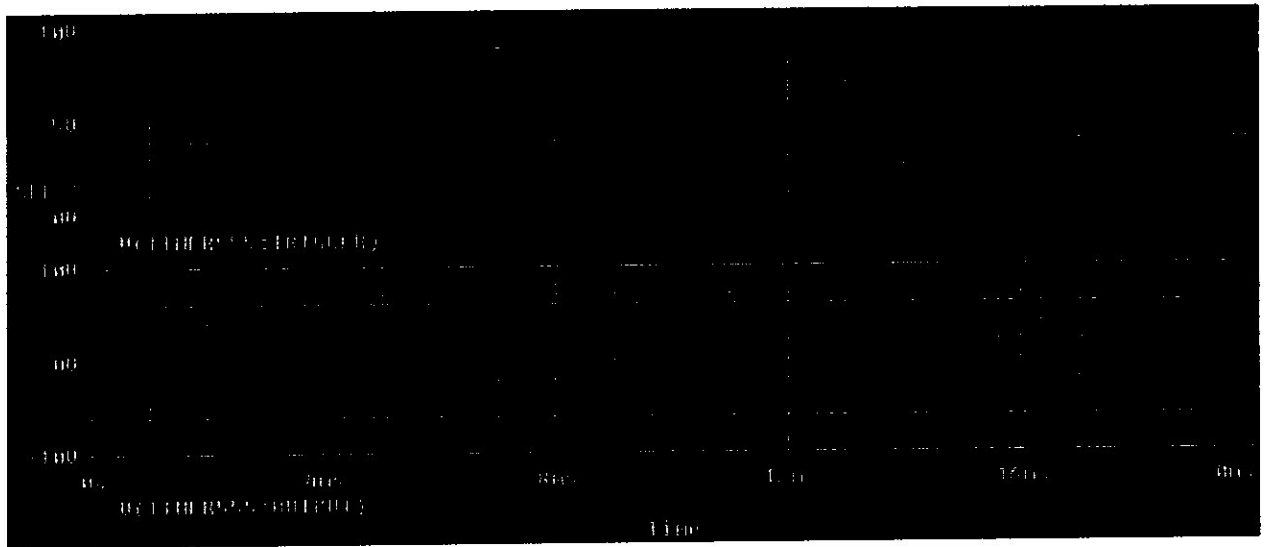
Schéma d'application du constructeur pour un montage du 555 en monostable.

Nous allons à nouveau recourir aux services de *PSpice* pour simuler ce montage. Réalisons tout d'abord le schéma suivant:



L'entrée TRIGGER (broche 2) est reliée à Vcc (ici noté V1), mais un bouton-poussoir permet de la mettre fugitivement à la masse. Notez que l'entrée RESET (broche 4) est pour le moment reliée à Vcc.

Dans notre exemple, le bouton-poussoir est actionné au bout de 5 ms: l'entrée TRIGGER (trace verte, ci-dessous) est alors brièvement portée à la masse, ce qui provoque un niveau haut en sortie du 555 (trace rouge). La durée de ce niveau est un chouia supérieure au produit de R1 par C. Au terme de la temporisation, la sortie du 555 redevient basse.



Insistons sur le fait que l'impulsion négative de déclenchement doit être **brève**, du fait de la conception du circuit intégré. En tout état de cause, elle doit être plus courte que la temporisation elle-même!

ANNEXE B

CHOIX DE L'ADRESSE DU PORT PARALLELE

Les adresses des ports parallèles dépendent des marques d'ordinateur.

Lancer l'utilitaire Microsoft Diagnostic **MSD** (fichier MSD.EXE dans le répertoire \DOS)

Taper **L** pour LPT PORTS ...

Les adresses des ports parallèles de l'ordinateur (LPT1, LPT2, LPT3) sont données sous forme *hexadécimale*.

Exemples :

LPT1 adresse **378H** sur la plupart des ordinateurs

LPT1 adresse **3BCH** sur les ordinateurs Goupil, certains modèles IBM

Le suffixe H signifie Hexadécimal

Nos programmes débutent généralement par l'instruction d'affectation : AD = &H378.
Cela définit l'adresse du port parallèle utilisé.

RECOMMANDATIONS IMPORTANTES

Ne jamais faire contact avec les broches de la prise parallèle Centronics.

Pour plus de sécurité lors de l'utilisation avec les élèves, nous vous recommandons d'isoler les broches avec un adhésif.

TEST DES MODULES**CAN****Sans brancher au PC**

- Alimenter (bornes rouges et noires) en **9 V**. La DEL témoin d'alimentation doit s'allumer.
- Brancher un générateur de **0 à 5 V** continu (bornes jaunes et noires). Faire varier la tension. Les DEL doivent s'allumer (représentation binaire) de bas en haut (bit de poids faible à l'opposé de la prise Centronics). Le module est protégé contre les tensions inverses et un dépassement raisonnable des 5 V.

Essai sur PC

Avant de relier au PC, débrancher les DEUX fils d'alimentation.

- Brancher la prise Centronics. Rebrancher les 2 fils d'alimentation, puis le générateur.
- Vérifier l'adresse du port parallèle. Lancer le programme de test CANTEST en QBASIC.

L'écran doit afficher une valeur proche de la tension à mesurer envoyée sur le module. On retrouve sur l'écran la configuration binaire du module.

- Pour débrancher le module, retirer d'abord les fils de la tension à mesurer, puis les 2 fils d'alimentation 9 V. Débrancher en dernier la prise Centronics.

Tout branchement ou débranchement de la prise Centronics doit se faire quand le module n'est relié à rien d'autre !

ANNEXE C

MODULE: CAN ADC804ELECTRONIQUE

2. Electronique numérique

2.5 Conversion analogique numérique :

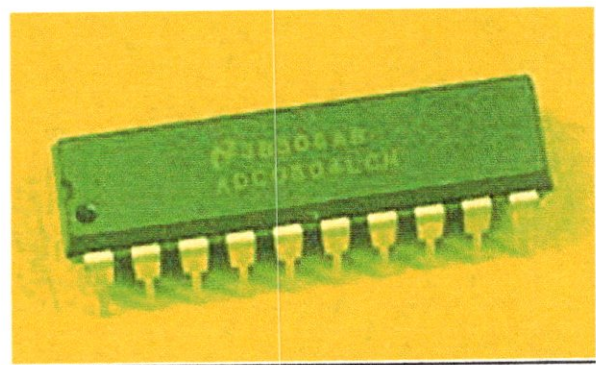
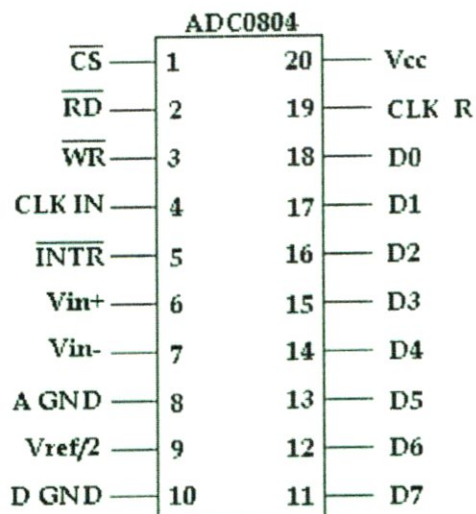
- Description d'un Convertisseur Analogique Numérique (CAN).

INFORMATIQUE

5. Interfaçage

- 5.1 Les interfaces :

- Interfaçage parallèle.

OBJECTIFS :

Comprendre le **principe d'un Convertisseur Analogique Numérique** en s'appuyant sur l'exemple d'un CAN à approximations successives.

Comprendre le **principe d'une acquisition de données**.

Introduction à la notion de multiplexage.

PREREQUIS :

- Numération binaire.
- Amplificateur opérationnel en mode comparateur.
- Conversion Numérique Analogique.
- Notions élémentaires de programmation.

MATERIEL :

- Ordinateur PC.
- Câble parallèle pour imprimante.
- Module CAN - ADC 804.
- Alimentation continue fixe (7 à 15V maxi.)
- Alimentation continue variable.
- Voltmètre.
- G.B.F.

PROPOSITION DE DEROULEMENT

Principe d'un CAN à approximations successives.

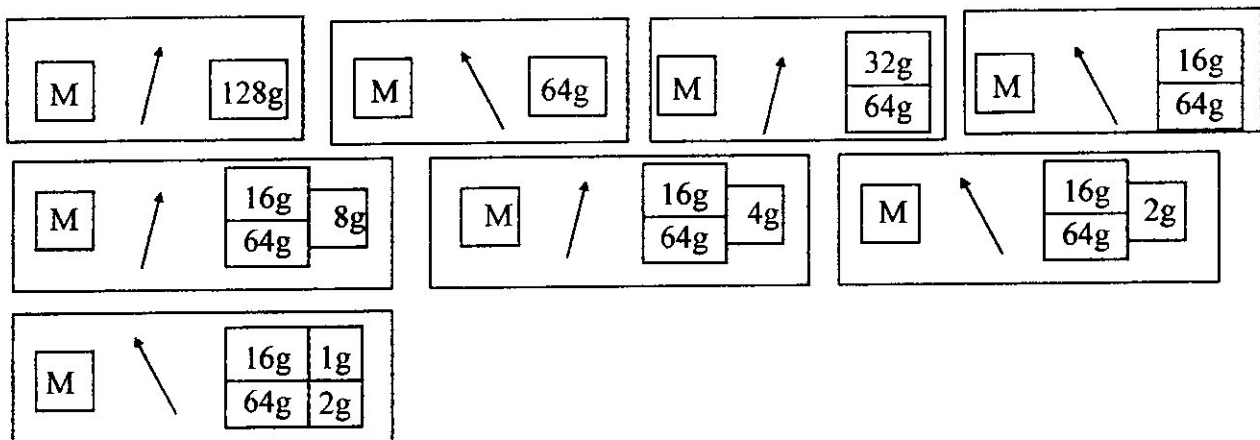
Comparaison avec une pesée

Soit M la masse inconnue.

On dispose d'une boîte de masses marquées contenant 8 masses (128g ; 64g ; 32g ; 16g ; 8g ; 4g ; 2g ; 1g).

Pour déterminer M , on place chaque masse marquée, par ordre décroissant, sur le plateau de la balance. Si la masse marquée posée est supérieure à M on la retire et on passe à la suivante, sinon on la laisse sur le plateau et on passe à la suivante.

Exemple : $M = 83g$



Si à chaque masse marquée on attribue une valeur binaire (masse la plus élevée \rightarrow bit de poids le plus fort), on peut alors convertir M en un nombre binaire .

masse	128	64	32	16	8	4	2	1
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

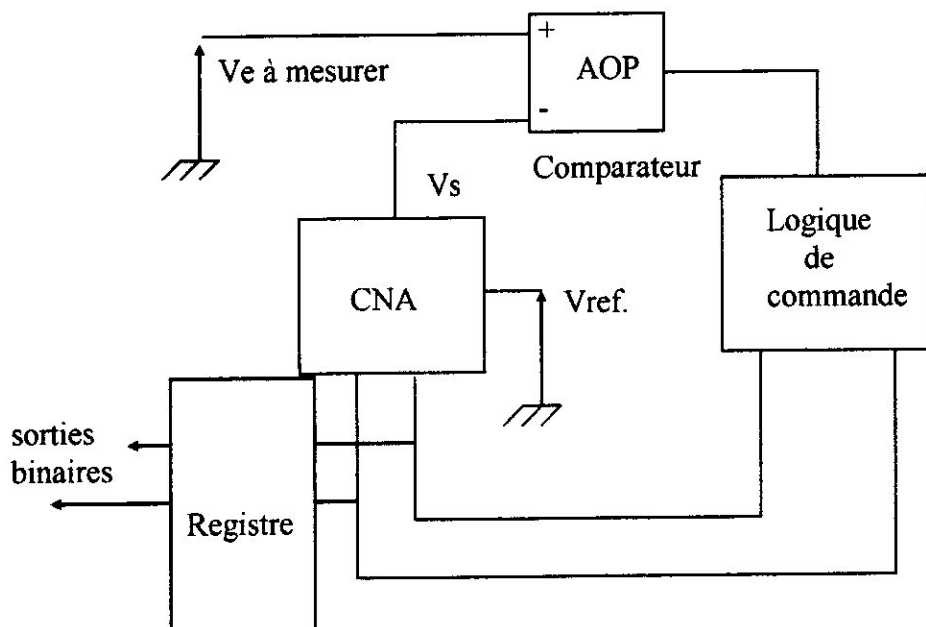
Dans notre exemple, la masse M de 83g correspond au nombre binaire : 01010011.

Quelle que soit la masse à peser, le nombre de manipulations à effectuer est le même, il est égal au nombre total de masses marquées. La précision de la mesure correspond à la plus petite masse marquée, ici 1g.

On remarque que la pesée a été réalisée par **approximations successives**.

Principe du CAN à approximations successives

Le schéma fonctionnel d'un tel C.A.N. peut être représenté de la façon suivante :



Analogie avec la pesée :

Masse M à déterminer	boîte de masses marquées	Balance	Opérateur
Tension V_e à mesurer	C.N.A.	Comparateur	Logique de commande

→ circuit intégré C.A.N. ADC804

Le registre est une zone de mémoire dans laquelle s'élabore la mesure, par approximations successives en respectant la logique suivante :

- En partant du bit de poids fort, chaque bit est mis à 1.
- La tension V_e est comparée à la tension V_s reconstituée par le C.N.A.
- Selon le résultat de la comparaison, le bit est laissé à 1 ou remis à 0.

Exemple

Avec une tension de référence $V_{ref} = 5\text{ V}$, pour une conversion sur 8 bits, le pas du CNA est $V_{ref} / 2^8 = 19,5\text{ mV}$. La tension produite par le CNA est : $V_s = \text{pas} * N$ (N variant de 0 à 255).

On veut transformer $V_e = 3,46$ V en binaire.

essai 1 : on envoie 10000000 ; $N = 128$; $V_s = 2,496$ V ; $V_e > V_s$; le registre conserve 10000000

essai 2 : on envoie 11000000 ; $N = 192$; $V_s = 3,744$ V ; $V_e < V_s$; le registre conserve 10000000

essai 3 : on envoie 10100000 ; $N = 160$; $V_s = 3,120$ V ; $V_e > V_s$; le registre conserve 10100000

et ainsi de suite jusqu'à :

essai 8 : on envoie 10110000 ; $N = 177$; $V_s = 3,451$ V ; $V_e > V_s$; le registre conserve 10110001

La conversion est terminée : le résultat est donc 10110001.

Fonctionnement du module ADC804

(le schéma structurel est en page 7)

Conversion

Caractéristiques de la conversion :

La conversion analogique numérique de la tension d'entrée (appliquée entre la borne jaune et la masse) est réalisée par le circuit intégré ADC 804. Le résultat est fourni sur 8 lignes en sortie du circuit.

Il s'agit donc d'un **convertisseur 8 bits**.

La tension de référence est de 5 V, ceci impose sur 8 bits un pas de quantification de 19,5 mV.

Déclenchement de la conversion :

Pour déclencher la conversion, il faut appliquer un front descendant sur la ligne START du circuit intégré.

Ceci peut être réalisé manuellement grâce à l'interrupteur à poussoir sur le module ou par l'intermédiaire de l'ordinateur en utilisant une sortie binaire.

(Nous utilisons la sortie STROBE du port parallèle)

Contraintes du montage :

La tension d'entrée doit être comprise entre 0 et 5 V ; une protection contre des tensions supérieures à 5 V (max 70 V) ou négatives est assurée par deux diodes et une résistance.

L'alimentation du montage +Vcc (borne rouge) est de 5 V. Un régulateur intégré permet d'utiliser une tension d'alimentation de 7 à 15 V.

Le nombre binaire disponible sur les lignes D0 à D7 (du circuit intégré) peut être visualisé par les 8 DELs rouges.

L'**acquisition** par l'ordinateur est réalisée via le port parallèle.

L'acheminement de ces 8 informations binaires utilise la technique du **multiplexage**.

Multiplexage

Problème :

Le port parallèle d'un ordinateur offre à l'utilisateur 5 entrées à l'adresse port // + 1, ce qui est insuffisant pour lire 8 bits.

Solution :

Lire les 8 bits successivement en utilisant la même entrée.

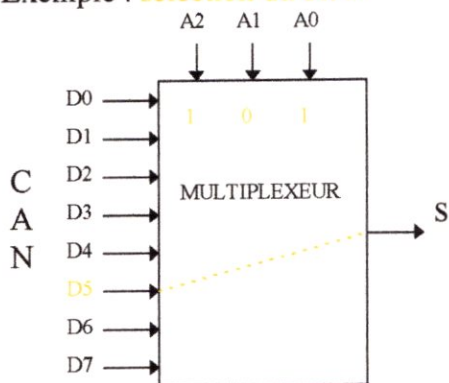
Réalisation :

On utilise un circuit intégré logique particulier appelé **multiplexeur**. (LS 151 sur le module)

Ce circuit possède **8 entrées de données** (D0 à D7), et **une sortie S** qui transmet la donnée correspondant à l'entrée sélectionnée.

Trois autres entrées appelées **entrées d'adresse** (A0, A1, A2) permettent d'opérer cette sélection. En effet, 3 entrées logiques permettent d'adresser 2^3 , soit 8 lignes.

Exemple : sélection du bit 5



Les entrées A0, A1 et A2 sont commandées par 3 sorties du port parallèle.

La sortie S est lue par une entrée du port parallèle

Le multiplexeur joue le rôle d'un commutateur à 8 positions commandé par les entrées d'adresse : en parcourant les 8 adresses, il est possible de reconstituer bit par bit l'octet présent sur les 8 entrées de données.

(voir programme ADC804.BAS)

Fonctionnement sans l'ordinateur

Alimenter le module (bornes rouge et noire). Appliquer une tension comprise entre 0 et 5 V en entrée (bornes jaune et noire).

Caractéristique $N = f(U_e)$

En faisant varier la tension U_e (tension d'entrée) pour quelques valeurs bien réparties de 0 à 5 V, et en observant les DELs, relever une partie de la courbe $N = f(U_e)$

$U_e(V)$	0	1	1,5	...	5
N_b					
N_d					

Y-a-t-il linéarité ?

Correspondance bit - tension d'entrée.

Relever la valeur de la tension d'entrée U_e correspondant à un niveau 1 de chaque bit isolé (D0 à D7). On trouvera par exemple :

Bit n°	0	1	2	3	4	5	6	7
N	1	2	4	8	16	32	64	128
U_e (mV)	13	33	75	150	300	620	1260	2520

On perçoit les défauts de linéarité du convertisseur.

Fonctionnement avec l'ordinateurLiaison à l'ordinateur.**ATTENTION !**

Ne jamais brancher ou débrancher le câble parallèle, lorsque le module est relié à une alimentation externe.

- 1) Connecter le câble parallèle au module et à l'ordinateur.
- 2) Connecter l'alimentation du module (max +15V), la masse (borne noire) en premier puis le +Vcc (borne rouge).
- 3) Appliquer la tension d'entrée de la même façon (borne noire : masse en premier puis borne jaune).

Ordre inverse en fin de travail.



ANNEXE D

Les capteurs

1-/ Diode électroluminescente (Diode émettrice).

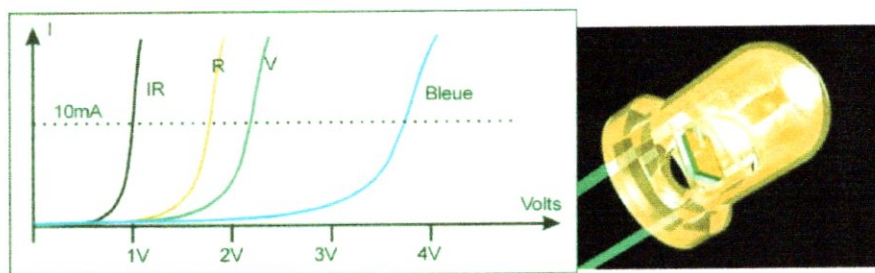
Notions :

La puissance émise par une source s'exprime en Lumens dans le domaine visible par la formule suivante : $F_{lumens} = K \cdot P_{watts}$ avec K le coefficient photométrique. Dans l'infrarouge, K n'est pas défini. On utilise les Watts. L'éclairement d'une surface s'exprime en Lux. $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen/m}^2$ donc en infrarouge des Watts/m²

Définition et caractéristiques :

Les diodes électroluminescentes sont des jonctions utilisant des composés variés pour lesquels le passage du courant s'accompagne d'une émission de lumière.

Les caractéristiques sont les mêmes que celle d'une diode en silicium mais la tension de seuil ici varie selon la couleur. L'exemple ci-contre montre que pour un courant de 10mA, la tension aux bornes est de 1,8V pour une LED rouge, 2V pour une LED verte, 3,5 pour une LED bleue. Il existe des LED blanches qui sont réalisées avec une diode bleue de forte intensité associée à un produit fluorescent et qui émet dans tous les spectres. L'intensité des LEDs peut atteindre plusieurs Candelas.



2-/ Photodiode (diode réceptrice)

Elle est équivalente à une source de courant qui dépend de l'intensité de la lumière reçue. Cette source est due à la génération des électrons trous que constitue le courant. En parallèle avec la source, on trouve une capacité de jonction et une résistance de perte (pour les pertes de courant). Il existe une résistance interne de la photodiode en série. La résistance de fuite est infinie pour une diode idéale, mais elle est en réalité de l'ordre du giga ohm. La capacité C_j est proportionnelle à la polarisation. Elle oscille autour de 100pF. La résistance en série est essentiellement due à la résistance du substrat et à la résistance des contacts. Elle peut varier entre 10 et 500 ohms.

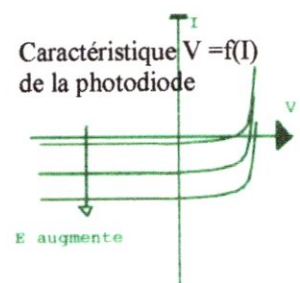
Pour $V = 0$ le courant est proportionnel à l'éclairement : $I = I_0 \exp(V/\Psi) - AE$

Pour $I = 0$, la tension varie comme le logarithme de l'éclairement : $V = \Psi \cdot \log(AE/I_0)$

Avec $\Psi = KT/q = 26\text{mV}$ à 300°K .



Schéma équivalent de la photodiode



VI-/ Avantages et Inconvénients.

Avantages :

- Facilité d'installation
- On peut opérer sur 12 canaux différents
- Très bonne qualité de son
- On peut utiliser plusieurs systèmes infrarouge dans une même pièce sans qu'il y est interférences

Inconvénients :

- Forte sensibilité à la lumière ambiante
 - Longueur d'ondes de l'ordre des nanomètres, donc portée limitée.
- Uniquement absorbée par les matériaux très fins.

