

10/96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ENTP
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du:

DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

Spécialité: ELECTRONIQUE

75EME

Conception et Réalisation d'un Système de
Contrôle et de Gestion de la Capacité des
Accumulateurs au plomb ; à base du MC 68705 P3

Présenté par:

M. Saïd ALIOUANE

M. Fayçal TOUATI

Dirigé par:

Le Docteur Mourad HADDADI

PROMOTION 1996

REMERCIEMENTS

Pour les conseils reçus (théoriques et pratiques) et l'aide matérielle accordée (mise à disposition du laboratoire d'énergie solaire, appareillages, documentation), nos plus vifs remerciements vont à Monsieur Mousaad HADDADI.

Nous tenons également à remercier :

- Madame HAMMAMI pour ses conseils et son aide,
- Monsieur LOUAM pour ses encouragements.
- Madame BEDDEK pour tout le travail considérable qu'elle a accompli au niveau du Département d'Electronique.
- Monsieur ATT CHEIKH pour sa bonne humeur qui nous remettait d'aplomb.

Enfin, nos remerciements s'adressent à tout le personnel de la bibliothèque de l'E.N.P et plus particulièrement, Saleh.

DEDICACES

A ma chère maman qui a toujours su m'encourager et me propulser vers le chemin de mon épanouissement.

A mon cher papa qui n'a pas cessé de me soutenir dans tout ce que j'ai entrepris.

A mes frères et sœurs, et à tous mes amis.

Saïol

A papa, parcequ'il m'a aidé dans mes études, et pour ses bons conseils qui m'ont toujours guidé vers la réussite.

A maman, pour tout l'amour qu'elle m'a donné, et pour avoir toujours veillé sur moi.

A ma sœur, pour son savoir et ses conseils.

A mon frère Redha pour sa jovialité

A mon frère Kamal qui a toujours été présent, et qui m'a aidé à finir mes études

A tous mes ami(es) pour le bon temps passé en leur compagnie

Fayçal.

ملخص

إن الاستفادة من الطاقة الشمسية بعد تحويلها وتخزينها على شكل طاقة كهروكيميائية في البطارية، ليس يخلو من المصاعب. إذ إن صرف هذه الطاقة يصعب دائما بمراقبة وهيئات مستمرة، أثناء مدة التفريغ.

يتكفل هذا الجهاز الإلكتروني بهذه المهمة بالطرف إلى قياسات منتظمة لسعة المدخرة حتى تعرف طاقتها حسب أولويات متفرقة من طرف المستخدم.

إلى جانب هذا، يسمح هذا الجهاز بإعطاء قياس دقيق لتوتر البطارية وسعة البطارية وإظهارها على شكل نسبة مئوية فور طلب من المستخدم.

RESUME DU PROJET

L'exploitation de l'énergie solaire après sa transformation et son stockage , sous forme d'énergie électrochimique dans des accumulateurs pose beaucoup de problème .

En effet , dépenser cette énergie doit s'accompagner d'un contrôle et d'un entretien permanent durant toute la période de décharge .

Notre appareil se charge de cette mission , en procédant à des mesures régulières de la quantité d'électricité afin de pouvoir la fournir selon un mode de priorité défini par l'utilisateur.

D'autre part, notre appareil permet des mesures numériques de la tension aux bornes de la batterie, de calculer d'une façon assez précise la quantité de charge emmagasinée , de l'afficher en pourcentage relatif à la capacité nominale et ce à la demande de l'utilisateur.

SUMMARY

The tapping of solar energy after its transformation and its storage in the shape of electrochemical energy , thanks to accumulators ,poses a lot of problems.

Indeed, the using of this energy, must be controlled to avoid the deterioration of the material

Our device realize this function , by measuring regularly the capacity of the battery in order to use the energy stored in accordance with a « priority mode » already defined.

Furthermore, our device measures efficiently the voltage of the battery and gives us its percentage of capacity at any moment.

INTRODUCTION GENERALE :

Les soucis de l'homme moderne à préserver son environnement et à disposer de sources d'énergies propres et intarissables, ont conduit ce dernier à remplacer peu-à-peu, l'utilisation de sources d'énergies organiques par d'autres beaucoup moins polluantes et surtout moins éphémères .

De nos jours, les innovations scientifiques dans le domaine des énergies renouvelables arrivent de plus en plus à domestiquer l'énergie solaire .

En effet, cette source d'énergie est quasiment intarissable . Néanmoins , l'énergie solaire a des caractéristiques qui limitent ses applications :

1- Elle est diluée , c'est-à-dire de très faible densité , d'où le recours à des équipements importants , ce qui correspond à des investissements initiaux lourds, pour des puissances installées modestes .

2- Elle est variable et discontinue (cycle jour-nuit et cycle saisonnier) , ce qui pose des problèmes de dimensionnement des systèmes et des problèmes de stockage .

3- Elle est aléatoire , ce qui affecte la garantie de fonctionnement des installations, ou exige le recours à un surdimensionnement du système de stockage .

De ce fait, nous voyons combien il est important de bien gérer cette énergie tout en prenant soin du système de stockage .

Notre but est de mettre au point un appareil permettant de déterminer l'état de charge de la batterie .

Cette donnée, qu'est la **Capacité** des accumulateurs, constitue pour l'utilisateur, la plus importante information pouvant le renseigner sur l'état de son système de stockage .

SOMMAIRE GENERAL

CHAPITRE PREMIER

Connaissance des accumulateurs au plomb1

CHAPITRE DEUX

Méthodes de mesure de la capacité.....19

CHAPITRE TROIS

La conversion Analogique-Numérique.....24

CHAPITRE QUATRE. 35

Le MC 68705 P335

CHAPITRE CINQ

L' A.D.C 804.....50

CHAPITRE SIX

Description de la réalisation.....55

ANNEXE 1

Organigrammes.....I

ANNEXE 2

Programmes en Assembleur.....IV

ANNEXE 3

Jeu d' instructions du MC 68705 P3.....XIX

ANNEXE 4

Table des capacités implémentées.....XXII

ANNEXE 5

Brochages et tables de vérités des C.I: 74 LS 155
et 4511.....XXIII

CHAPITRE PREMIER :

CONNAISSANCE DES ACCUMULATEURS AU PLOMB

I-1. INTRODUCTION	1
I-2. L'HISTOIRE.....	1
I-3. FONCTIONNEMENT ET UTILISATIONS DE L'ACCUMULATEUR AU PLOMB.....	2
I-3-1. Fonctionnement.....	2
A- Décharge.....	2
B- Charge.....	6
I-3-2. Utilisations.....	8
I-4. LA CAPACITE DE LA BATTERIE.....	9
I-4-1. Eléments constitutionnels.....	12
A-Surface des plaques.....	12
B- Epaisseur des plaques.....	12
C- Porosité.....	13
D- Concentration de l'électrolyte.....	13
I-4-2. Eléments fonctionnels.....	14
A- Intensité de la décharge.....	14
B- Température.....	18
C- Repos.....	18
D- Fonctionnement.....	18

CHAPITRE I :

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات BIBLIOTHEQUE — المكتبة Ecole Nationale Polytechnique
--

CONNAISSANCE DES BATTERIES AU PLOMB**I-1. INTRODUCTION :**

Les batteries d'accumulateurs constituent le moyen de stockage de l'énergie le plus utilisé dans les systèmes d'exploitation de l'énergie solaire .

Leur bon fonctionnement et la tenue de leurs performances dans le temps - pour en tirer le meilleur profit - dépendent directement des conditions d'utilisation .

Les accumulateurs ne sont autre que des piles réversibles, ils peuvent se diviser en deux classes :

- 1- Les accumulateurs à liquide alcalin employant des électrodes de fer et de nickel ou de cadmium et de nickel .
- 2- Les accumulateurs à liquides acide qui utilisent généralement des électrodes au plomb .

L'usage d'accumulateurs au plomb en tant qu'organe de stockage , offre l'avantage de simplicité d'emploi et de disponibilité à des coûts raisonnables .

Donc une bonne connaissance des batteries au plomb s'avère nécessaire pour une exploitation optimale .

I-2. L'HISTOIRE :

L'histoire de l'accumulateur au plomb, bien que plus que centenaire, est en somme courte, comme celle de l'électricité .

La pile , générateur électrochimique non réversible, date de 1800 .

La réversibilité des piles a été observée pour la première fois en 1801 par le physicien Gautherot .

En 1833 Faraday découvre et décrit l'électrolyse . En 1842 Grove construit sa pile réversible à gaz .

C'est en 1859 que **Gaston Planté** reconnaît l'intérêt du plomb pour la construction d'un accumulateur .

En 1881 Camille Faure apporte un perfectionnement en constituant les matières actives par des oxydes de plomb rapportés sur des grilles-supports . Nombreux furent les techniciens qui apportèrent ensuite leurs contributions pour aboutir à l'accumulateur actuel .

I-3. FONCTIONNEMENT ET UTILISATIONS DE L'ACCUMULATEUR AU PLOMB :

I-3-1. Fonctionnement :

A- Décharge :

• Processus électrochimiques : Les électrodes positives et négatives d'un accumulateur au plomb ont pour matériaux de base , le plomb . La masse active d'un élément au plomb chargé se compose de bioxyde de plomb de formule PbO_2 , la masse active négative se compose de plomb de formule Pb , ce dernier est réalisé sous une forme spongieuse pour faciliter comme le bioxyde de plomb les réactions avec l'acide . L'électrolyte est constitué d'acide sulfurique dilué de formule H_2SO_4 , de densité $1,24 \text{ g / cm}^3$ à 25°C .

En général chaque électrode comporte plusieurs plaques de même polarité alternant avec des plaques de l'autre polarité . Les plaques positives sont séparées des plaques négatives par des isolateurs qui doivent être poreux pour laisser passer l'électrolyte .

Pourquoi les électrodes sont-elles chargées négativement et positivement lorsqu'elles sont plongées dans de l'acide sulfurique dilué ?

- Electrode négative : A la surface de séparation entre le plomb spongieux et l'acide sulfurique , les atomes de plomb se décomposent en ions plomb à deux charges positives Pb^{2+} et électrons ($2 e^-$) . Les ions plomb vont dans la solution, pendant que les électrons qui leurs sont associés restent dans le plomb .

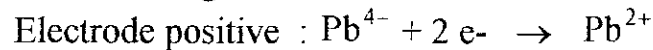
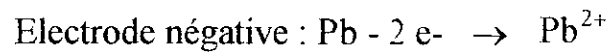
L'électrode de plomb a , de ce fait , un surplus d'électrons et est par suite *chargée négativement* .

- Electrode positive : Un déplacement de charges électriques apparaît aussi à la surface de séparation entre le bioxyde de plomb et l'acide sulfurique sur l'électrode positive. Il y a par suite un manque d'électrons sur l'électrode en bioxyde de plomb , et elle est par conséquent *chargée positivement* .

Sur les deux surfaces de séparation électrode-acide sulfurique dilué , il se forme des différences de potentiels qui ensemble donnent la force électromotrice E .

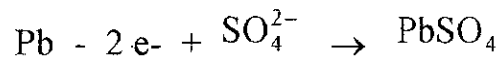
Si nous connectons l'électrode négative à l'électrode positive à l'aide d'un conducteur métallique , le surplus d'électrons de l'électrode en plomb se déplace dans une direction bien déterminée qui est due au gradient de potentiel électrique . Il circule à travers le conducteur , de l'électrode négative vers l'électrode positive . Là , il réduit lentement le manque d'électrons .

A chaque fois que deux électrons quittent l'électrode négative, ils laissent derrière eux à la surface de séparation plomb-acide des ions plomb à deux charges positives Pb^{2+} , et se dirigent vers l'électrode positive. Là, des ions plomb avec également deux charges positives sont formés à partir d'ions plomb avec quatre charges positives Pb^{4+} en captant les deux électrons.

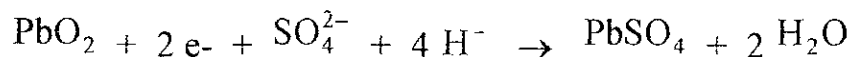


Ces processus peuvent être résumés de la manière suivante :

- Sur l'électrode négative l'ion Pb^{2+} se combine avec un des ions sulfate de l'électrolyte avec deux charges négatives SO_4^{2-} pour donner du sulfate de plomb neutre suivant la réaction :



- Sur l'électrode positive l'ion Pb^{4+} du bioxyde de plomb PbO_2 avec l'autre ion sulfate de l'électrolyte SO_4^{2-} suivant la réaction :

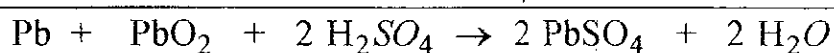
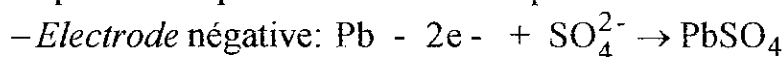


Les deux électrons sont ceux amenés à l'électrode positive par le circuit de décharge extérieure. Ils apportent deux charges négatives qui s'ajoutent aux deux charges négatives de l'ion sulfate pour neutraliser les quatre charges positives de l'atome de plomb. C'est ainsi qu'est formée la molécule neutre de sulfate de plomb sur l'électrode positive.

Les quatre ions hydrogène de charge positive simple ($4 H^+$) qui appartiennent aux ions sulfate, forment aussi sur l'électrode positive deux molécules d'eau avec les deux ions oxygène avec deux charges négatives (O_2^-).

Dans le circuit extérieur, les électrons continuent de circuler de l'électrode négative vers l'électrode positive, jusqu'à ce que les processus électrochimiques aux surfaces de séparations entre les électrodes et l'acide soient achevés. L'accumulateur est alors déchargé.

Le processus qui vient d'être décrit peut se résumer comme suit :



$$-g / Ah : \quad 3.86 + 4.46 + 3.65 \rightarrow 11.3 + 0.67$$

$$11.97 = 11.97$$

• Processus physiques : La diffusion est le phénomène dominant dans l'accumulateur au plomb. La diffusion est l'harmonisation de l'acide se trouvant dans la masse active avec le reste de l'acide dans l'élément .

La masse active des plaques se compose de monograins, reliés les uns aux autres, entre lesquels se trouvent des cavités appelées pores. Ces derniers sont remplis d'acide. La tension de l'élément dépend de la densité interne de cet acide. L'acide externe qui se trouve entre les plaques n'a pas d'influence directe. Les acides interne et externe aux pores ont la même densité si l'élément est chargé et se trouve durant plusieurs heures dans un circuit ouvert. C'est dans cet état seulement que peut être calculée la tension d'équilibre de l'élément d'après la formule empirique :

$$E = \text{densité de l'acide mesurée} + 0,84 \text{ V} \quad (a)$$

- Processus physiques jouant un rôle pendant la décharge :

Si on décharge un élément avec un courant constant I , la tension aux bornes U_{β} est calculée à partir de la formule :

$$U_{\beta} = \text{F.e.m} - I \times R_i \quad (b)$$

Le produit $I \times R_i$ qui est proportionnel au courant de décharge est la perte de charge. Cette dernière croît avec le même courant constant de décharge, puisque la résistance interne R_i de l'élément croît (PbSO_4 est mauvais conducteur).

La f.e.m d'un élément peut être calculée à l'aide de la mesure de densité. Cependant comme l'acide interne aux pores est le seul facteur déterminant dans cette évaluation, la relation (a) n'est valable que dans le cas d'un élément en équilibre, c'est-à-dire lorsque les acides interne et externe aux pores ont la même densité. En déchargeant maintenant l'élément, les ions sulfates (SO_4^{2-}) à l'intérieur des pores se lient en premier lieu seulement avec les ions plomb (Pb^{2+}) pour former du sulfate de plomb. Ce qui veut dire que la densité de l'acide interne, donc de l'acide qui se trouve directement dans la plaque ou à l'intérieur des pores est réduite. L'acide externe ne prend pas encore part au processus. La diffusion n'a lieu que lorsqu'il existe une différence de concentration entre les acide interne et externe c'est-à-dire jusqu'à la formation d'un gradient de concentration de l'extérieur vers l'intérieur de la plaque. L'acide externe aux pores participe alors au processus par cette diffusion .

Par conséquent , la densité de l'acide interne aux pores est, à cause du gradient de concentration pendant la décharge, toujours plus petite que la densité externe. Cependant, en calculant la f.e.m avec la formule (b) , seul l'acide externe est mesuré à savoir l'acide au-dessus des plaques.

La densité de cet acide étant plus élevée que celle de l'acide interne, la tension calculée est aussi plus élevée.

La tension aux bornes d'après la relation (b) est en réalité plus petite que la valeur calculée, puisque la f.e.m dépend seulement de l'acide interne aux pores. La diffusion et le gradient de concentration qui lui sont associés permettent constamment aux acides externe et interne d'atteindre un état d'équilibre. L'art et la façon d'atteindre ce dernier est d'une grande importance pour le déroulement de la suite de la décharge. La résistance à la diffusion est de ce fait déterminante.

- Long chemin : plus grande résistance à la diffusion .
- Petit diamètre de pore : plus grande résistance à la diffusion .

Lorsque le diamètre des pores et le gradient de concentration sont assez grands, la diffusion peut alors être suffisamment active.

Le facteur déterminant ici, est l'allongement c'est-à-dire la réduction du diamètre des pores par l'augmentation de volume de la masse active pendant la décharge.

Le sulfate de plomb a un volume de 1,5 fois plus grand que le bioxyde de plomb et de 3 fois plus grand que le plomb spongieux. C'est à cause de cela que les pores de la matière active sont obturés pendant la décharge.

Il est alors très difficile pour l'acide de pénétrer à l'intérieur des pores. Le diamètre des pores devient de plus en plus petit et le chemin à travers les pores de plus en plus long lors de la progression de la décharge, ce qui entraîne par suite une résistance à la diffusion plus grande .

La densité dans les pores décroît de plus en plus lorsque la résistance à la diffusion devient tellement grande que l'acide ne puisse plus être (ou presque pas) diffus. La f.e.m de l'élément devient alors petite puisqu'elle est dépendante de la densité.

Le sulfate de plomb étant un mauvais conducteur, le passage du courant à travers la matière active est de plus en plus difficile (R_i devient plus grand donc $I \times R_i$) .

D'après la relation (b) la tension aux bornes doit baisser, puisque la f.e.m décroît de plus en plus lors de la progression de la décharge et que $I \times R_i$ augmente.

A la fin de la décharge, la tension s'abaisse plus rapidement jusqu'à ce que la densité de l'acide à l'intérieur des pores approche le zéro . Pour cette raison , la décharge est limitée à une tension de fin de décharge U_F , afin d'éviter une décharge profonde .

Sur la figure (I-1) sont représentés à côté de U_c , la tension initiale U_i et la tension moyenne de décharge U_m par rapport au courant de décharge. Sur cette même figure est également représentée la courbe de capacité en fonction de l'intensité de courant de décharge.

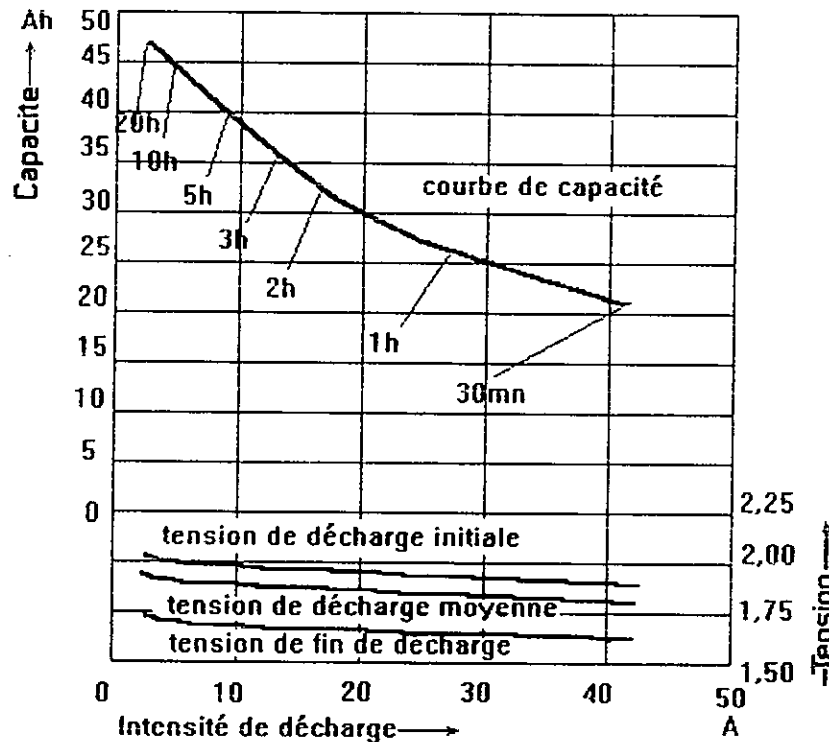
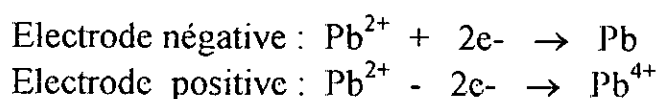


Figure I-1 : Capacité et tension en fonction de l'intensité de décharge.

B- Charge :

• Processus électrochimiques : Lors de la décharge les processus se déroulent d'eux-mêmes. Ils sont inversés durant la charge par l'application d'une force extérieure. Cette dernière est une source de courant externe (générateur) de tension plus élevée que la tension de l'élément. De cette façon, les électrons sont maintenant chassés de l'électrode positive vers l'électrode négative. A l'électrode positive, le générateur enlève en effet deux électrons au plomb avec deux charges Pb^{2+} , présent dans le sulfate de plomb $PbSO_4$ pour en faire un ion avec quatre charges positives Pb^{4+} . A l'électrode négative le générateur fournit deux électrons pour transformer l'ion plomb en plomb poreux.

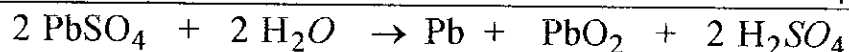
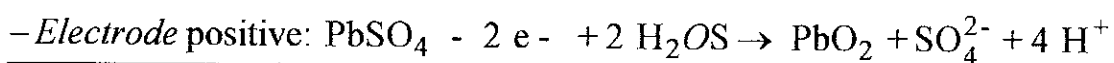
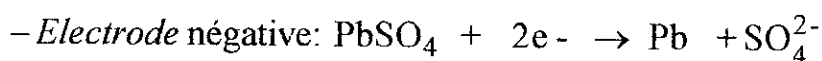


Les ions sulfate SO_4^{2-} avec deux charges négatives, qui sont maintenant libres respectivement à l'électrode positive et à l'électrode négative se mélangent chacun, à deux ions hydrogène H^+ de l'électrolyte pour donner de l'acide sulfurique H_2SO_4 .

Dans l'électrolyse les ions H^+ résultent de la décomposition de l'eau en présence, en ions hydrogène et oxygène O^{2-} .

Les ions oxygène à deux charges négatives O^{2-} se combinent finalement aux ions plomb à quatre charges positives Pb^{4+} pour donner le bioxyde de plomb PbO_2 .

Le processus qui vient d'être décrit peut se résumer comme suit :



• Processus physiques : Si la charge est faite avec un courant I , la tension est alors donnée par la loi d'Ohm :

$$U_{\beta} = E + I \times R_i$$

La tension U_{β} est en réalité plus grande, puisque la densité mesurée de l'acide est plus petite que la densité de l'acide interne aux pores. Durant la charge, l'acide est éliminé de plus en plus des plaques à mesure que le courant augmente, comme il a été déjà mentionné dans les processus électrochimiques.

Dans un premier temps les pores absorbent l'acide, ce qui entraîne une plus grande densité de l'acide interne aux pores par rapport à l'acide externe. Il y a de cette façon, production d'un gradient de concentration de l'acide interne vers l'acide externe, et l'acide ainsi formé peut circuler. La densité de l'acide externe augmente.

La force électromotrice dépend de la densité de l'acide interne aux pores.

Le processus chimique de conversion se déplace de plus en plus à l'intérieur de la masse active durant la progression de la décharge. Le chemin de la diffusion devient de cette façon plus long, et l'acide libéré s'achemine lentement vers l'extérieur. Ce qui veut dire que la densité de l'acide interne augmente et par suite la tension de l'élément.

Ce processus dépend directement de la grandeur du courant de charge. Pour que l'acide interne puisse encore s'écouler facilement à courants de charge élevés, un gradient de concentration se forme, ce qui veut dire que la densité de l'acide interne augmente et par suite la tension charge.

Lorsque la tension de charge de 2,35 - 2,40 V est atteinte (tension de dégagement gazeux), il se produit en plus de la transformation du sulfate de plomb en bioxyde de plomb sur l'électrode positive, une décomposition de l'eau sur l'électrode négative . A partir de ce moment là, la tension augmente rapidement, jusqu'à ce qu'une valeur stable soit atteinte. La grandeur de cette valeur finale dépend de la grandeur du courant de charge, de la température, de la conception et de l'âge de l'élément.

Le courant est entièrement utilisé pour la transformation chimique, jusqu'à ce que la tension de dégagement gazeux soit atteinte. A partir de cette tension, un courant de plus en plus grand est utilisé pour la décomposition de l'eau. Ce qui veut dire que la température augmente considérablement et que la transformation de gaz est développée :

0,42 l H₂ gaz par Ah et 0,21 l O₂ gaz par Ah

Des particules de la masse active sont arrachées par le fort dégagement gazeux de la dernière étape de charge. Des résidus s'accumulent dans la cellule. Le courant de charge ne doit pour cela en aucun cas être dépassé.

• Influence de la température sur la tension de charge :

Plus la température de l'acide est grande, plus il se déplace facilement, c'est-à-dire plus petite est la concentration et par suite le gradient de concentration. Cela suppose que la tension de charge est plus petite à température élevée, et plus grande à basse température.

Afin d'introduire une même quantité de courant dans la batterie lors de la première étape de charge, on charge dans le cas d'une basse température jusqu'à une température de dégagement gazeux élevée et dans le cas d'une haute température jusqu'à une température de dégagement gazeux petite .

I-3-2. Utilisation :

Il existe trois grandes utilisations particulières de l'accumulateur au plomb :

- ☐ La batterie de démarrage .
- ☐ La batterie de traction .
- ☐ La batterie stationnaire .

• *La batterie de démarrage :*

Elle est utilisée pour le démarrage , l'allumage et l'éclairage des automobiles . Elle doit être apte à fournir une très forte intensité en quelques secondes (pendant le démarrage) .

• **La batterie de traction :**

Elle est utilisée pour la traction électrique .

- Chariots de manutention .
- Laveuses .
- Véhicules électriques .

Elle est donc employée , en général , pour des véhicules lents , transportant des charges relativement importantes .

• **La batterie stationnaire :**

Elle est utilisée en cas de coupure secteur dans différents domaines :

- Centrales téléphoniques .
- Eclairage de secours .

Elle est adapté selon le cas :

- à la décharge lente (autonomie de 3 à 10 heures) .
- à la décharge rapide (autonomie de 5 minutes) .

Après avoir présenté en bref les différentes utilisations des batteries au plomb , voyons maintenant où se situe la batterie solaire .

On demande à une batterie solaire d'avoir des performances de batterie de traction et de batterie stationnaire :

- batterie de traction , parcequ'on lui demande un cycle journalier de décharge .
- batterie stationnaire , parcequ'on lui demande de stocker une énergie et de la restituer en cas de coupure secteur , qui pourrait être un non ensoleillement .

I-4. LA CAPACITE DE LA BATTERIE :

Toutes les fois qu'un dispositif contient quelque chose qu'il peut rendre à volonté , le problème de sa contenance se pose . Si le contenu est conservé identique à lui même, la capacité est facile à définir , en litres ou en kilogrammes par exemple . Quelles que soient les modalités d'utilisation du contenu et leurs rapidités la capacité est sensiblement la même , sous réserve des évaporations ou des quantités restant fixées aux parois , négligeables ou faciles à évaluer . Il faut tenir compte aussi des dilatations des récipients avec la température ; mais il faut bien distinguer les variations de la capacité du contenant et les variations de la quantité du liquide contenu .

Pour la batterie d'accumulateurs , le problème est plus compliqué . Elle reçoit et rend de l'électricité , mais conserve autre chose , ou plutôt conserve l'électricité sous une forme différente , celle d'une modification chimique complexe , susceptible d'une évolution d'une utilisation à l'autre , suivant des modalités que nous essaierons d'analyser . C'est un récipient à contenance variable .

C'est pourquoi il vaut mieux théoriquement parler des capacités d'une batterie, plutôt que de la capacité, étant entendu que la pratique impose l'emploi d'une capacité nominale, de même qu'il y a une puissance nominale pour un moteur qui est susceptible d'en fournir une infinité.

On sait que l'accumulateur au plomb a, comme matière active, sur les plaques positives du bioxyde de plomb, et sur les plaques négatives du plomb poreux, l'une et l'autre plongées dans un électrolyte composé d'un mélange d'eau et d'acide sulfurique. On sait aussi que la décharge se traduit par une fixation de l'acide sulfurique sur les plaques avec transformation des deux matières actives en sulfate de plomb et appauvrissement de l'électrolyte en acide, ce qui diminue sa densité. Inversement la charge consiste dans le retour de l'acide dans l'eau et dans la réapparition des deux matières d'origine, par décomposition du sulfate. Plus il y a de la matière à transformer, plus on peut produire de l'électricité. En théorie, il faut 8.32 g de matières solides et 3.66g d'acide sulfurique pour produire 1 A-h ou 3600 coulombs.

On pourrait croire que l'on peut déterminer mathématiquement l'équivalence des quantités de matières à mettre en oeuvre et des quantités d'électricité à attendre. La capacité d'un ensemble donné serait certaine, sous réserve des pertes par renversement ou par désagrégation. Il n'en est rien parce que le phénomène dominant dans l'accumulateur est la *diffusion*.

Le fonctionnement de l'accumulateur, basé sur le contact entre un liquide et des solides qu'il transforme, n'est possible et durable que parce que à travers les matières qui ont été transformées les premières par l'électrolyte, celui-ci peut atteindre des matières fraîches. Il faut que ces matières aient une certaine *porosité*. Une matière compacte ne donnerait qu'une capacité infime par sa seule surface. Le secret d'une forte capacité se trouve dans l'emploi d'une grande plaque poreuse sur une certaine profondeur.

Malheureusement le sulfate de plomb qui remplace les matières actives (bioxyde et plomb) est plus volumineux qu'elles. Il tente à boucher les pores. La pénétration de l'acide devient donc de plus en plus difficile, ce qui a un effet capital; la chute de la force électromotrice et par suite de la tension, puisque la force électromotrice dépend de la concentration de l'électrolyte au *contact* des matières.

Quand la densité de l'électrolyte au contact tend vers zéro, il faut s'arrêter, même si toute la matière n'a pas été utilisée, sous peine de boucher irrémédiablement les pores par une *sulfatation irréversible*, puisqu'une *sulfatation limitée et réversible est l'essence même de la décharge*.

On voit bien que la définition de la capacité est forcément rendue floue par celle de la fin de la décharge, puisque cette dernière est imprécise. On admet que la fin de la décharge est atteinte quand la courbe qui présente la tension en fonction de l'intensité fait un *crochet* qui est le signe de la difficulté de la diffusion (figure I-2).

Mais le crochet est une zone et non un point. Le point auquel il faut bien s'arrêter dépend de l'intensité débitée puisque la tension en décharge (il s'agit d'elle et non de la tension à circuit ouvert ou force électromotrice) est égale à la force électromotrice du moment, c'est-à-dire compte tenu des difficultés de diffusion qui apparaissent) diminuée de la perte de charge qui dépend de la résistance intérieure et de l'intensité. Notons que la résistance intérieure augmente pendant la décharge, le sulfate n'étant pas conducteur.

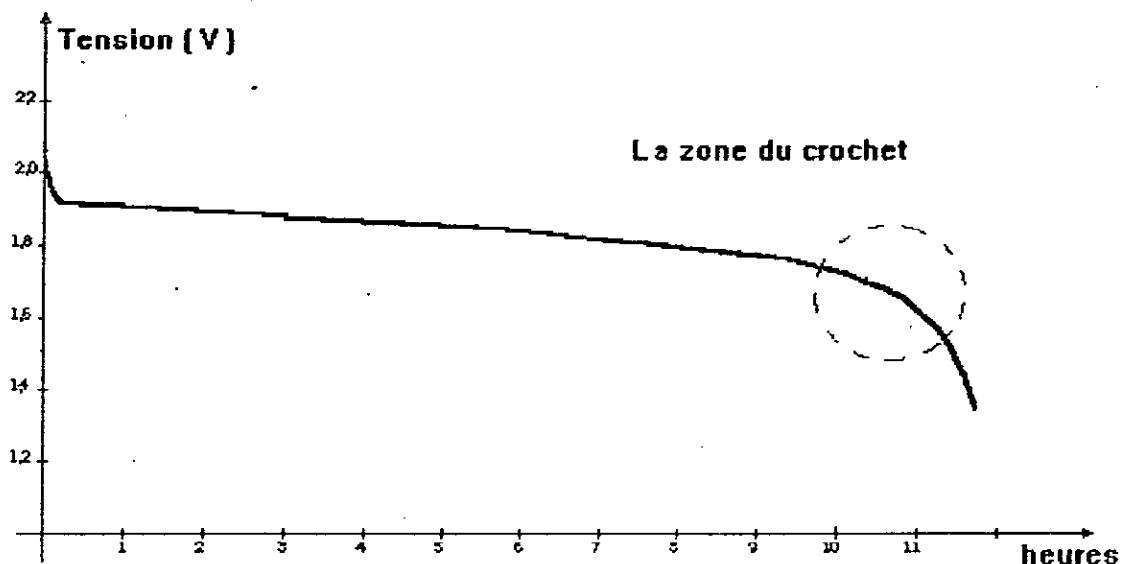


Figure I-2 : Courbe caractéristique de décharge [ref 2] .

On comprend, par le nombre et la nature des facteurs qui interviennent, que la détermination de la limite précise de tension traduisant l'épuisement de la capacité est assez difficile, et que tout ce qui peut faciliter la pénétration de l'acide dans un accumulateur donné est de nature à changer sa capacité réelle.

Le problème de la capacité est double. Il a un caractère "constitutionnel" quand on pose la question :

Comment faut-il construire l'accumulateur pour qu'il ait le maximum de capacité ?

Il a aussi un caractère *fonctionnel* quand il s'agit de la question :

Etant donné un accumulateur, qu'est-ce qui influe sur sa capacité ?

Au préalable il faut bien délimiter le problème.

• **La limite du problème** : Nous avons parlé à la fois de tension et de quantité d'électricité, c'est-à-dire de deux éléments qui déterminent l'énergie. Mais nous précisons que la notion d'énergie est tout à fait distincte de celle de capacité, comme celle de quantité d'eau est indépendante de celle de hauteur de chute pour un barrage. Cependant, si l'on utilise l'observation du crochet de la courbe de tension c'est bien parce qu'on veut non seulement conserver un fonctionnement réversible en conservant la porosité, mais parce qu'on veut conserver une tension suffisante conférant aux quantités d'électricité une énergie utilisable. Il est entendu qu'une quantité d'électricité déterminée ne correspond pas à la même énergie au début de la décharge qu'à la fin, puisque la tension baisse continuellement au cours de la décharge.

Pour préciser la distinction entre quantité d'électricité et énergie, remarquons que si nous mettons un accumulateur en court-circuit sur une résistance négligeable (ce qui est très dangereux pour lui), sa tension tombe à zéro, l'énergie produite à l'extérieur est nulle, bien que la quantité d'électricité débitée soit grande.

L'énergie est gaspillée à l'intérieur sous forme de chaleur.

I-4-1. Eléments constitutionnels :

La capacité des accumulateurs est liée aux éléments principaux ci-après :

A- surface des plaques.

Pour une même quantité de matières actives, plus la surface des plaques est grande, plus les contacts sont faciles, plus la capacité est grande.

Quand un accumulateur doit être généreux, c'est-à-dire, doit donner son électricité rapidement, même s'il doit la donner en totalité, il y a intérêt à étaler largement sa matière, ce qui facilite d'autre part la recherche des faibles résistances intérieures. C'est ainsi que l'on opère pour les batteries de démarrage.

De grandes surfaces n'impliquent pas forcément de grandes dimensions, puisque les grandes plaques peuvent être fractionnées et imbriquées avec les plaques de nom contraire en formant des blocs compacts et ramassés.

B-épaisseur des plaques.

La quantité de matière active augmente avec son épaisseur, ainsi que la capacité. Mais, comme la matière profonde ne peut être atteinte que difficilement, le gain réel de capacité est rapidement réduit.

Des plaques épaisses peuvent cependant être intéressantes quand le débit est faible et entrecoupé. On gagne en solidité ce que l'on perd en générosité.

C- porosité .

La porosité des plaques a naturellement une grande influence sur la capacité ; c'est elle qui permet la diffusion de l'acide . Elle dépend des matières employées pour l'empâtage sous forme de plaquettes disposées dans les augets des grilles qui constituent les armatures des plaques .Elle dépend aussi de la technique de première formation des parties actives , c'est-à-dire de l'état moléculaire auquel elles sont amenées après empâtage et réduction électrochimique .

Tout cela est affaire du constructeur . La porosité est en rapport avec la solidité. Les deux qualités ont tendance à varier en sens inverse .

D- concentration de l'électrolyte .

La capacité croît avec la densité de l'électrolyte qui baigne les plaques . En même temps augmentent aussi la force électromotrice et la tension . La capacité croît parce que l'acide , plus concentré diffuse mieux .L'augmentation passe cependant par un maximum pour une valeur de la concentration voisine de celle qui donne le minimum de résistivité , ou le maximum de conductibilité . Cela correspond à la densité de l'électrolyte voisine de 1.22 , soit 26° Baumé , pour environ 30% d'acide dans l'eau . Il est certain que la conductibilité doit intervenir, puisqu'elle contribue nécessairement à la combinaison des circuits qui sont réalisés à l'intérieur des pores imprégnés d'électrolyte à des densités qui varient avec les combinaisons qui apparaissent .

La figureI-3 donne l'allure générale des courbes traduisant la capacité en fonction de l'électrolyte suivant le régime de décharge .

Quand l'intensité augmente la capacité diminue, et le maximum se déplace vers des densités de plus en plus élevées .

Nos graphiques supposent la densité de l'électrolyte constante , ce qui ne peut être vrai que pour une quantité importante de liquide rendant insignifiantes les quantités d'acide consommées par les réactions .

En fait, dans la pratique, et tout particulièrement dans les accumulateurs au plomb où l'organisation est très ramassée, la densité baisse à mesure que la décharge se produit .

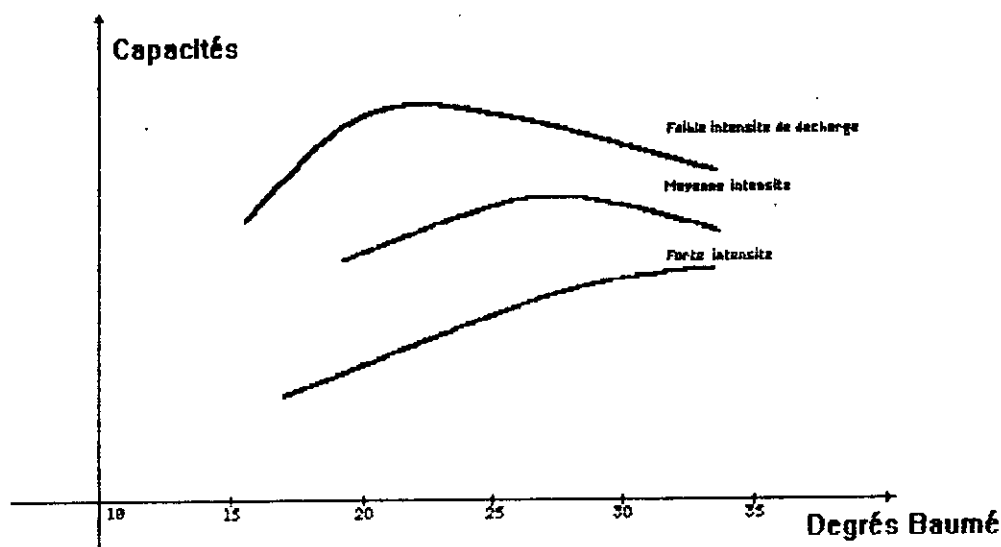


Figure I-3 : Courbe traduisant la capacité en fonction de l'électrolyte suivant le régime de décharge [ref 2].

Les considérations des paragraphes A , B , C et D ci-dessus montrent que s'il n'est pas possible de faire intervenir toute la matière active au cours des opérations , on peut agir sur les éléments de la construction pour en faire intervenir le plus possible en faveur d'une bonne capacité .

Pour produire 1 Ah il faut 8 g de matières solides . Mais il est difficile d'en utiliser en pratique plus de 25% . D'autre part , le support de la matière active représente un tiers environ du poids total des plaques , et le rapport du poids total d'un élément et de celui des plaques est de l'ordre de 1.5 . On voit par suite que c'est une faible partie du poids de l'accumulateur qui produit effectivement de l'électricité .

I-4-2. Eléments fonctionnels :

Ce sont les éléments qui , pour un accumulateur donné , varient avec les circonstances plus ou moins exceptionnelles d'emploi .

A- Intensité de la décharge :

L'intensité est le facteur pratique principal réagissant sur la capacité , parceque c'est celui qui a l'influence principale sur la diffusion , c'est-à-dire finalement sur le crochet qui indique la fin de la décharge sur la courbe caractéristique .

Quand l'intensité augmente , le crochet se produit , pour une tension de plus en plus faible , par suite de l'augmentation de la perte de charge intérieur et de la baisse de la densité d'électrolyte au contact de la matière , et de plus en plus tôt, puisque les transformations sont de plus en plus rapides .

La figure (I-4) représente le faisceau des courbes des décharges à intensités croissantes définies par la durée de décharge inscrite sur la courbe . En ordonnées on a indiqué les tensions , en abscisses les quantités d'électricité débitées . On a supposé un accumulateur dont la capacité est de 100 Ah pour une décharge faite en 10 heures. Toutes les courbes sont arrêtées au point qui correspond à la tension du crochet et qui est d'autant plus basse que la décharge est plus rapide .

Pour la courbe qui correspond à 10 heures le point d'arrêt est naturellement sur l'ordonnée de 100 Ah .

Les points d'arrêt forment une courbe qui monte .

Ce graphique établi pour 100 Ah , peut être utilisé pour n'importe quelle capacité d'une batterie du même type en considérant que les capacités inscrites sont remplacées par des % de la *capacité en 10 heures* .

Ce faisceau de courbe est appelé *courbes de performance* d'un accumulateur déterminé . Suivant le constructeur elles concernent des temps de décharge variés allant de quelques minutes à quelques heures , à 10 heures , à 20 heures , etc . L'horizontale correspondant à 2.1 V fait partie du faisceau ; c'est la courbe de décharge nulle .

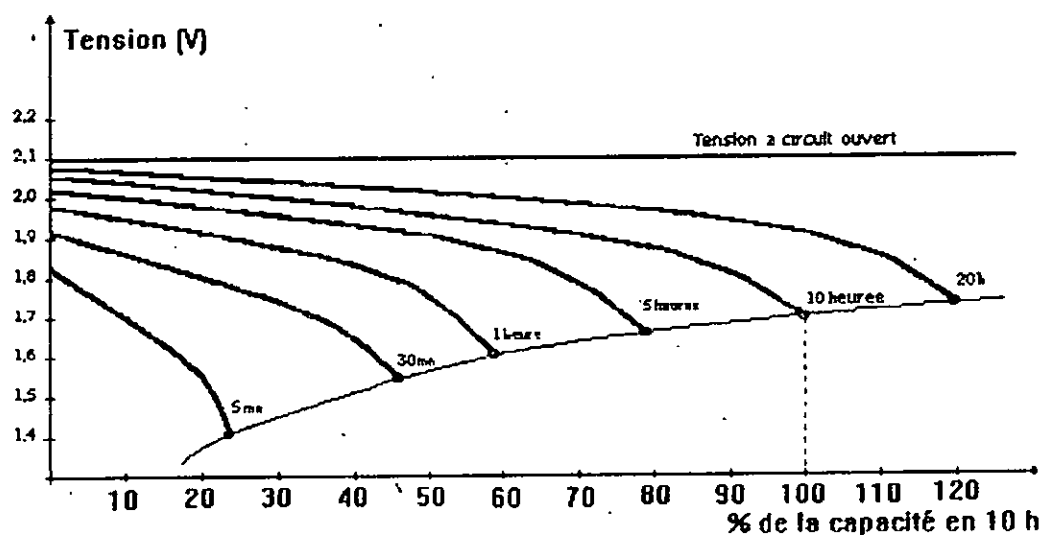


Figure I-4 : Courbes de performance [ref 2].

N'oublions pas que ces courbes correspondent à des essais faits sur batteries chargées complètement , et après un court repos , et qu'une batterie mise au repos avec une décharge nulle finirait par se décharger par suite des actions électrochimiques locales .

En partant du faisceau on pourrait obtenir une courbe donnant la variation de la capacité , ou mieux de la capacité en % de la *capacité en 10 heures* , en fonction de la durée de la décharge . On porterait en abscisses les durées qui apparaissent sur les courbes de la figure (I-4) et en ordonnées les quantités d'électricité correspondant à leurs points d'arrêt , qu'on pourrait aussi bien considérer comme des % si nous prenons une batterie de 100 Ah pour une décharge en 10 heures . On aurait une courbe telle que celle de la figure(I-5) qui correspondrait comme elle a un type de batterie déterminé (il est entendu que toutes nos courbes sont schématiques) .

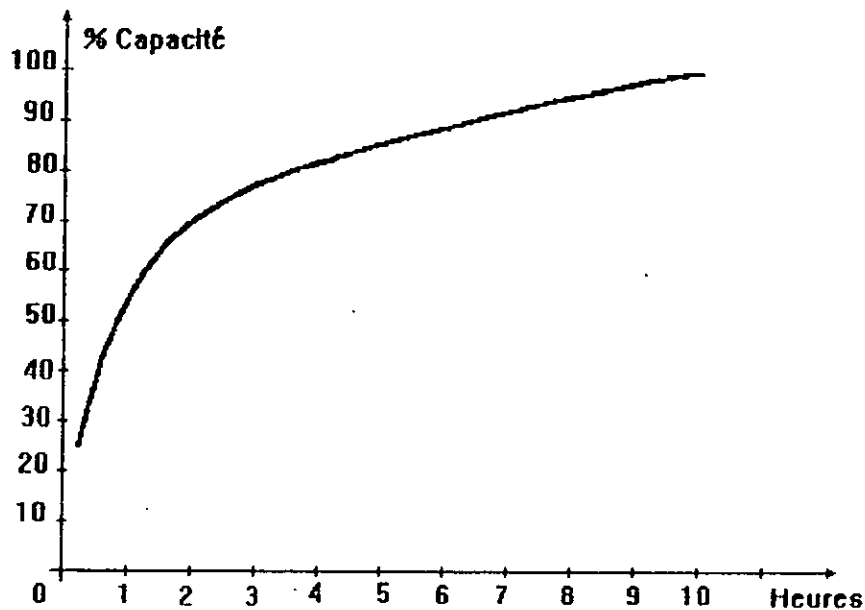


Figure I-5 : Variation du % de la capacité en 10 heures en fonction du temps de décharge , pour une batterie de 100 Ah [ref 2].

On pourrait aussi obtenir sur la figure (I.6) la courbe de variation de la capacité de la même batterie de 100 Ah en 10 heures ,en fonction de l'intensité de décharge .

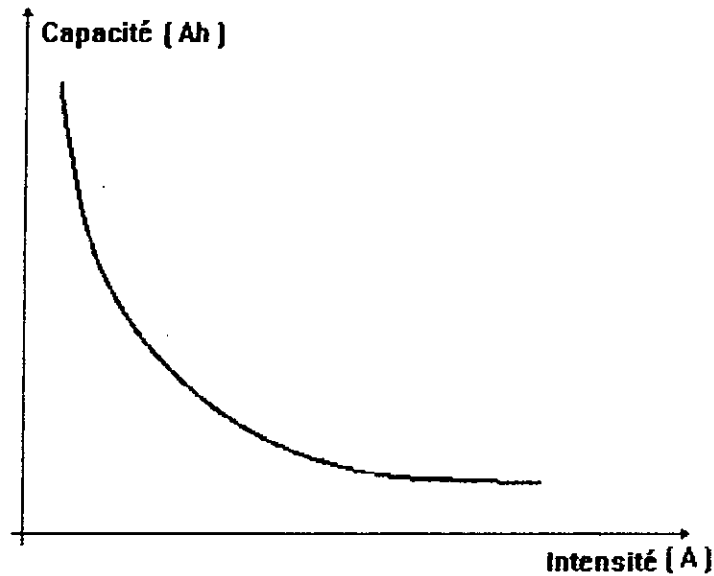


Figure I-6 : Variation de la capacité d'une batterie de 100 Ah en 10 heures, en fonction de l'intensité de décharge [ref 2].

On porterait en ordonnées les quantités d'électricité de la figure correspondant aux points d'arrêt et en abscisses les intensités de décharge ainsi calculées : si la courbe est celle de t heures et si la quantité d'électricité produite au point d'arrêt est Q Ampères-heure , l'intensité correspondante est :

$$I = Q / t$$

Si nous avons adopté en ordonnées une échelle en % , nous avons aussi en abscisses une échelle d'intensité en % de l'intensité de la décharge en 10 heures.

A l'occasion du calcul que nous venons de faire d'une intensité par la division d'une capacité en Ah par une durée exprimée en heure , nous voulons insister sur une erreur d'expression assez courante même chez de bons techniciens qui , en fait , ne font pas de confusion . On dit par exemple :

* Décharge d'un accumulateur à une intensité égale au dixième (ou autre fraction) de la capacité .

L'expression est très regrettable car elle semble dire qu'une intensité s'exprime en Ampères-heure alors qu'elle s'exprime en Ampères . Il faut dire régulièrement :

* Décharge à une intensité mesurée par le nombre qu'on trouve en divisant la capacité exprimée en Ampères-heure par le temps de décharge exprimé en heure .

ou plus simplement :

* Intensité de décharge en dix heures .

B- Température .

La température facilitant , quand elle est élevée , la diffusion de l'acide , augmente la capacité de 1 à 4 % suivant le régime de décharge .

Le coefficient est plus fort pour les décharges rapides .

La recherche d'une température élevée est cependant une arme à double tranchant , car la chaleur favorise l'attaque des plaques à circuit ouvert , c'est-à-dire la décharge sans intensité extérieure .

C- Repos .

Si la décharge est effectuée non pas en une fois , mais en plusieurs , avec des repos intercalés , on retrouve , pour une intensité forte , les avantages d'une décharge lente , dans une certaine mesure , puisque le repos facilite la diffusion.

D- Fonctionnement .

Le fonctionnement qui , pendant la charge , est une opération de *formation* des grilles à base de plomb , peut avec certains types d'accumulateurs , donner au début une augmentation de la capacité , jusqu'à ce que la sulfatation et la dégradation viennent compenser cet avantage .

Si le support est peu oxydable cela ne peut être observé .

I-4-3. Capacités nominales :

Pour désigner une batterie avec simplicité , il faut bien utiliser un nombre qui la caractérise approximativement et dise à peu près ce que l'on peut en attendre .

C'est ainsi qu'on emploie comme capacité nominale la capacité de décharge en 10 heures ou en 20 heures . Cela n'implique pas forcément telle aptitude pour une décharge plus rapide . La vraie désignation d'une batterie devrait se faire par un graphique du genre de celui de la figure I.3 ou par un tableau donnant les mêmes valeurs . Un tel ensemble d'éléments définirait complètement le matériel .

Les capacités nominales comme les autres caractéristiques des accumulateurs font l'objet de normes officielles .

Maintenant que l'on sait que l'état de charge de la batterie est le paramètre le plus important voyons comment le déterminer.

CHAPITRE DEUX :

METHODES DE MESURE DE LA CAPACITE

I-1. LE MICROCOULOMBMETRE.....	19
II-1-1. Principe.....	19
II-1-2. Fonctionnement.....	19
II-1-3. Montage de principe.....	20
II-2. TEST ELECTRONIQUE MOTOROLA.....	21
II-3. METHODE DE L'AFFAIBLISSEMENT DE LA TENSION.....	22

CHAPITRE II :

METHODES DE MESURE DE LA CAPACITE .

Dans ce qui va suivre , nous allons voir deux méthodes de mesure de capacité :

- Le microcoulombmètre .
- Le test électronique de MOTOROLA .

A la suite de cela , nous aborderons les bases théoriques sur lesquelles est conçue notre réalisation .

II-1. LE MICROCOULOMBMETRE :

C'est un appareil qui totalise dans un sens ou dans l'autre (charge , décharge) les quantités d'électricité qui passent et donne par la suite, l'état de charge de la batterie à chaque instant .

II-1-1. Principe :

Il se trouve directement dans le phénomène de l'électrolyse, lorsque le dispositif comprend 2 électrodes du même métal en présence d'un électrolyte composé de la solution d'un sel de ce même métal dans l'eau .

Les variations de poids de l'anode (ou de la cathode) constituent un renseignement exact sur la quantité d'électricité qui est passée dans le sens indiqué .

Si les poids des électrodes sont ceux de départ, cela veut dire qu'il est passé autant d'électricité dans un sens que dans l'autre .

La mesure de cette quantité d'électricité se fait en coulomb ou en Ah . Cependant, la variation de poids est imprécise .

le microcoulombmètre traduit les variations de poids , en variations de surface , de capacité , d'intensité avant que cela soit par l'indication de l'afficheur dans un appareil de mesure .

II-1-2. Fonctionnement :

C'est un tube capillaire de verre, contenant deux colonnes de mercure, séparées par un électrolyte .

Deux électrodes avec lesquelles sont en contact les deux colonnes de mercure , font fonction d'anode et de cathode alternativement suivant le sens du courant , correspondant à la charge et à la décharge .

L'extérieur du tube capillaire est recouvert d'une gaine métallique .

Le passage du courant fait passer le mercure , d'une électrode à l'autre , sans que la composition de l'électrolyte ne soit changée .

Par le poids de mercure déplacé, le système fait l'intégration par rapport au temps des quantités d'électricité qui passent. La capacité du condensateur formé par la gaine métallique, le tube de verre, et chaque colonne de mercure, varie avec la position de l'électrolyte. Sa variation donne donc la quantité d'électricité passée, d'où sa mesure.

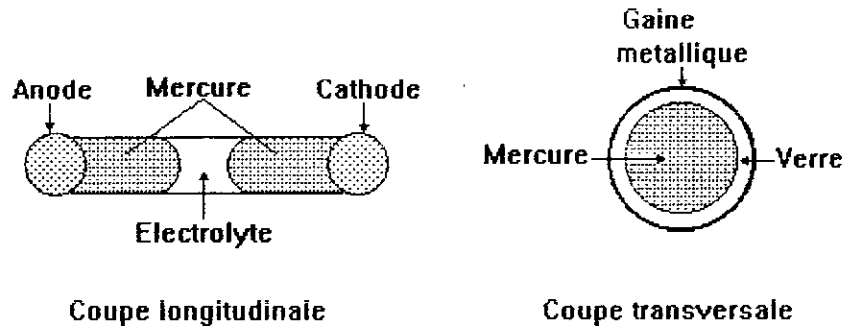


Figure II-1 : Structure du microcoulombmètre.

II-1-3. Montage de principe :

Le microcoulombmètre ne peut être placé dans le circuit principal, mais en dérivation, compte tenu du fait qu'il soit conçu pour de faibles intensités. Un shunt est donc placé à cet effet dans le circuit principal.

La fraction de courant qui passe dans le microcoulombmètre, permet à ce dernier d'effectuer la mesure.

Pour mesurer la capacité, formée lors du passage du courant, par la gaine et le mercure, on a recours à un courant alternatif issu d'un oscillateur pilote.

Le courant alternatif, traversant ce condensateur et dont la valeur dépendra de C , est détecté puis amplifié en vue d'actionner l'appareil de mesure.

L'interrupteur de pleine charge, limite le comptage à 100 % de la capacité de la batterie à tester pendant un cycle de recharge.

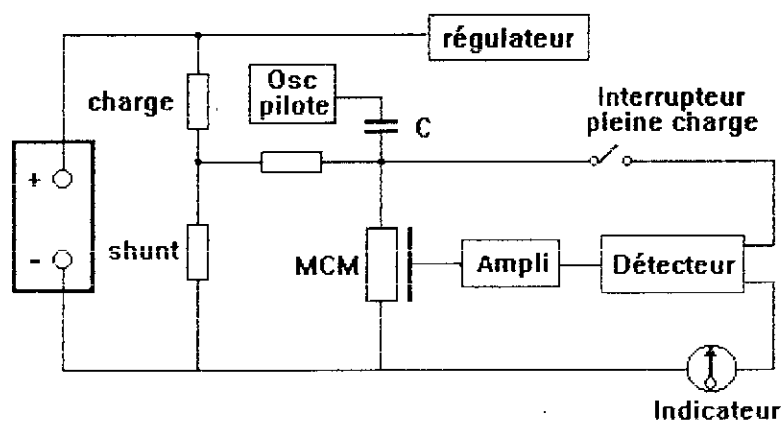


Figure II-2 : Montage de principe.

II-2. TEST ELECTRONIQUE MOTOROLA :

Cette méthode est basée sur une série de trois tests sur lesquels l'utilisateur fera son jugement sur l'état de sa batterie .

- 1 - Test de la puissance maximale instantanée disponible.
- 2 - Test de l'état de la batterie.
- 3 - Test de la tension.

•Premier test :

On lit la mesure (sans débit) sur l'échelle supérieure de l'appareil en kW . On se base sur le principe (mathématique) suivant : Un générateur de f.e.m E et de résistance interne r_i données , fournit à un circuit extérieur le maximum de puissance possible quand la résistance extérieure de ce circuit est égale à r_i , cette puissance est :

$$P = k \frac{E^2}{r_i}$$

P : Puissance ; E : f.e.m ; r_i : résistance interne ; k : coefficient

Notons que dans ce test, on ne s'intéresse pas aux autres paramètres , ni aux dimensions ou à la nature de la batterie.

•Second test :

Dans ce test, on compare le test précédent à celui effectué sur une batterie type, dont celle qui a été testée n'est qu'un exemplaire . Ce test nous permet de savoir si la puissance disponible dans la batterie est suffisante dans l'immédiat et aussi si son état lui donne par rapport à la norme, une fiabilité convenable.

Pour ce test, on fait intervenir deux facteurs : la caractéristique de la batterie type ou la performance nécessaire, et la température réelle dont on connaît l'influence sur la capacité. Ce qui est lu sur l'appareil pour ce test, n'est pas une grandeur exprimée avec une unité mais on constate la position d'une aiguille dans un secteur coloré "BON - MAUVAIS"

•Troisième test :

On mesure la tension à circuit fermé à de faibles intensités, on lit la tension sur une échelle dilatée et graduée de 11 à 12,4 pour une batterie de six éléments.

II-3. METHODE DE L'AFFAIBLISSEMENT DE LA TENSION :

Il existe une relation entre l'affaiblissement de la tension aux bornes de la batterie lors d'une décharge rapide et la quantité d'électricité qu'elle emmagasine .

Il est d'ailleurs aisé de constater (lors d'une décharge à fort courant) la différence qui peut exister entre deux chutes de tension : l'une engendrée aux bornes d'une batterie, en bon état de charge , et l'autre à celles d'une batterie à la limite de l'épuisement .

La méthode que nous proposons porte sur la transformation de la chute de tension lors d'une décharge brève à fort courant (brève , pour ne pas risquer de grosses pertes de charges) en une valeur exprimant la quantité d'électricité encore disponible dans l'accumulateur .

Cette valeur sera donnée en un pourcentage relatif à la capacité nominale .

La mise en évidence de cette relation s'établira empiriquement en effectuant plusieurs essais sur plusieurs et différentes batteries d'accumulateurs.

Ces expériences , nous permettront de procéder à des mesures qui nous serviront par la suite à l'étalonnage de notre dispositif .

Nous arriverons aussi à déterminer la précision de notre système par simple calcul de moyenne des données enregistrées .

•Procédure d'étalonnage :

Nous commençons d'abord par charger une batterie neuve jusqu'au maximum de sa capacité nominale. A ce moment là , la batterie est à 100 % de sa capacité.

Nous ramenons par la suite la batterie à un niveau de charge déterminé (c'est à dire inférieur à 100%). Cette phase, s'effectue par une décharge lente avec un courant faible et constant (de l'ordre du centième de la capacité). En effet un fort régime de décharge modifie la valeur de la capacité nominale se traduisant par des mesures faussées .

La mesure durera pendant un temps préalablement calculé . Un calcul théorique devrait être satisfaisant, étant donnée que plus la décharge est lente plus la formule :

$$Q(\text{ quantité d'électricité}) = I (\text{ intensité }) \times t (\text{ temps}).$$

se rapproche de la réalité .

Exemple :

Si en veut ramener une batterie de 45 Ah, préalablement chargée à 100% de sa capacité nominale, à seulement 50% de celle-ci, nous devons la décharger à un courant $I = 0,45 \text{ A}$ (1% de la capacité nominale) pendant 50 heures soit un peu plus de deux jours, et ce, à température constante .

Ramener la batterie à un autre niveau de charge moins bon que précédemment, revient à allonger le temps de décharge d'une durée de 10 heures pour chaque dizaine de pourcent (10 %) éliminée . (voir tableau)

Un courant plus faible, serait bien sûr meilleur pour l'étalonnage . Le problème réside dans le fait qu'une plus faible intensité augmentera sensiblement les durées des manipulations qui présentent déjà le grand inconvénient de garder difficilement la température constante.

% de la capacité nominale	temps de décharge nécessaire (heures)
100%	0
90%	10
80%	20
70%	30
60%	40
50%	50
40%	60
30%	70
20%	80
10%	90

Après avoir ramené la batterie à un niveau de charge déterminé, on procède à une décharge à fort courant (dixième de la capacité nominale) pendant 10 secondes . Ce fort régime de décharge effectué en un temps relativement très court nous permettra d'engendrer la chute de tension pouvant être décelée par notre système de conversion analogique-numérique , sans pour cela risquer une détérioration de l'accumulateur .

L'affaiblissement de la tension aux bornes de la batterie, sera enregistré et correspondra à l'état de charge établi précédemment .

Cette façon de faire nous permettra d'établir une table qui va être à la base du programme de mesure de la capacité que nous élaborerons .

Les données analogiques (tensions aux bornes de la batterie) , devant être traitées numériquement , une conversion analogique-numérique , est nécessaire

CHAPITRE TROIS :

LA CONVERSION ANALOGIQUE-NUMERIQUE

III-1. INTRODUCTION.....	24
III-2. CONVERTISSEUR A.N .RAMPE NUMERIQUE.....	26
III-3. ACQUISITION DES DONNEES.....	28
III-4. C.A.N PAR APPROXIMATIONS SUCCESSIVES.....	30
III-5. C.A.N PARALLELE (FLACH).....	33

CHAPITRE III.

LA CONVERSION ANALOGIQUE-NUMERIQUE .

III-1. INTRODUCTION :

Effectuer une conversion analogique-numérique, c'est rechercher une expression numérique dans un code déterminé, pour représenter une information analogique avec une précision et une résolution données .

Mesurer une distance AB au moyen d'une règle , c'est effectuer une conversion analogique-décimale de cette distance , et les qualités de cette conversion sont limitées soit par l'instrument de mesure lui-même, ici une règle, soit par l'observateur (acuité visuelle par exemple) .

On voit donc apparaître déjà l'importance de plusieurs paramètres .

Il faut tout d'abord une valeur étalon sur laquelle va s'appuyer la mesure ou plus exactement la comparaison . Puis le type de code numérique utilisé , sa base notamment et le nombre de digits qui est fonction de la résolution avec laquelle on veut exprimer la valeur analogique. Ce dernier point est très important, d'autant plus que résolution et précision sont très souvent liées à quelques exceptions près, comme par exemple le cas de mesure comparative où seule une haute résolution peut être demandée sans pour autant exiger une grande précision.

Pour chaque application il est important de fixer la résolution et la précision qu'il est inutile de dépasser .

Notre propos est d'étudier maintenant les principales techniques de conversion analogique-numérique .

Un convertisseur analogique-numérique (C.A.N) reçoit une tension d'entrée analogique qu'il convertit, après un certain temps, en un code de sortie numérique correspondant à l'entrée.

La connaissance des techniques utilisées nous fera prendre conscience des facteurs qui déterminent le rendement d'un C.A.N .

On retrouve dans les circuits de plusieurs types de C.A.N un convertisseur numérique-analogique .

La figure (III-1) nous montre le schéma fonctionnel général de cette catégorie de C.A.N. La synchronisation de la conversion est assurée par un signal d'horloge d'entrée. L'unité de commande renferme les circuits logiques qui génèrent la séquence appropriée d'opérations après l'arrivée de la COMMANDE DEBUT qui lance le processus de conversion . Le comparateur a deux entrées analogiques et une sortie numérique qui prend un état ou l'autre, selon l'entrée analogique qui est la plus grande .

Voici le fonctionnement de base des C.A.N de cette catégorie :

1. La COMMANDE DEBUT passe au niveau HAUT et lance la conversion .
2. A une cadence déterminée par le signal d'horloge, l'unité de commande modifie sans arrêt le nombre binaire mémorisé dans le registre.
3. Le nombre binaire du registre est converti en une tension analogique V_a par le convertisseur N.A .
4. Le comparateur compare V_a avec l'entrée analogique V_a . Tant que $V_a < V_a$ la sortie du comparateur demeure au niveau HAUT. Quand V_a dépasse V_a d'une valeur au moins égale à V_t (tension seuil), la sortie du comparateur passe au niveau BAS et met fin au processus de progression du nombre dans le registre . A ce point , V_a est une très bonne approximation de V_a et le nombre numérique qui se trouve dans le registre, qui est l'équivalent numérique de V_a , est également l'équivalent numérique de V_a , à l'intérieur des limites de résolution et de précision propres à ce système .

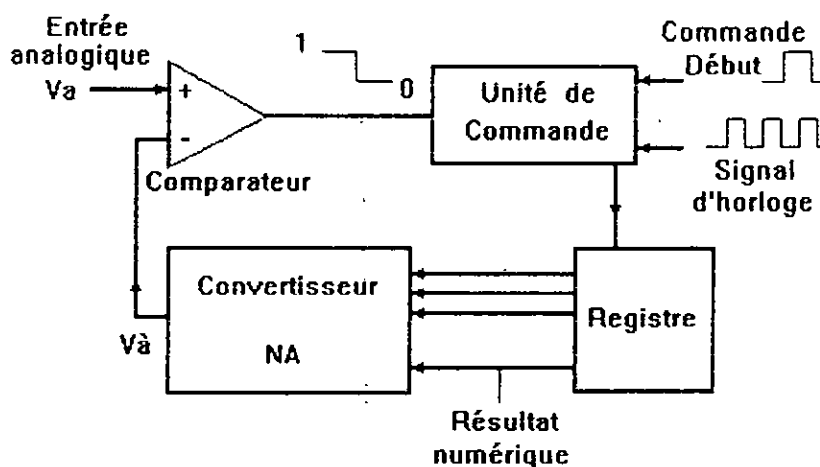


Figure III-1 : Schéma général d'une catégorie de convertisseur A:N

Les diverses variantes de cette solution de conversion N.A se distinguent surtout par la façon dont la section de commande modifie sans cesse les nombres dans le registre .

A part cela, le principe de base est le même, et la sortie numérique recherchée est mémorisée dans le registre quand la conversion est achevée.

III-2. CONVERTISSEUR A.N RAMPE NUMERIQUE

L'une des versions les plus simples du C.A.N général de la figure (III-1) utilise comme registre un compteur binaire qui est incrémenté par le signal d'horloge (un pas de progression à la fois) jusqu'à ce que $V_a \geq V_a$.

On l'appelle C.A.N *rampe numérique* à cause de la forme d'onde de V_a qui est celle d'une rampe pas à pas (en réalité un escalier).

La figure (III-2) reproduit le schéma complet d'un convertisseur en rampe. Voici comment il fonctionne :

1. On applique une impulsion DEBUT positive qui a pour effet de mettre à zéro le compteur et de bloquer la porte ET qui empêche le passage des impulsions d'horloge jusqu'au compteur tant qu'elle reste au niveau HAUT.
2. Le compteur étant à zéro, $V_a = 0$, et la sortie du comparateur est au niveau HAUT (V_a étant une tension positive quelconque).
3. Quand l'impulsion DEBUT revient au niveau BAS, la porte ET est validée et le signal d'horloge arrive jusqu'au compteur.
4. A mesure que le compteur progresse, la sortie V_a du C.N.A augmente à chaque fois d'un échelon de tension égal à la résolution.
5. Ceci se répète jusqu'à ce que V_a atteigne un échelon qui dépasse V_a d'une grandeur égale ou supérieure à V_t . A ce point-ci, la sortie du comparateur passe au niveau BAS, bloquant les impulsions d'horloge qui arrivent au compteur et gardant dans ce dernier un nombre qui est la représentation numérique recherchée de V_a . La conversion est maintenant terminée. La fin de la conversion est signalée par le front descendant de la sortie du comparateur. On donne souvent à ce signal le nom :FDC (Fin De Conversion).

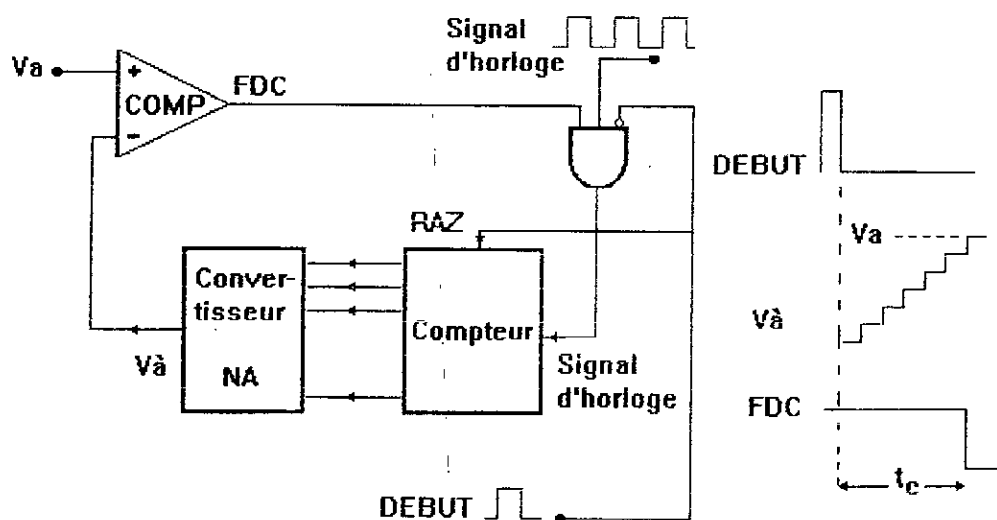


Figure III-2 : Convertisseur A.N rampe numérique.

• Résolution et précision d'un C.A.N :

La résolution d'un C.A.N est égale à la résolution du C.N.A qui se trouve dans son circuit . La tension de sortie du C.N.A, V_a , est une forme d'onde en escalier qui progresse par pas discret jusqu'à ce que V_a soit dépassée . Donc V_a est une approximation de V_a et le mieux auquel on puisse s'attendre est que V_a soit à 10 mV près de V_a si la résolution (pas de progression) est 10 mV .

Il est possible de traiter la résolution comme une erreur inhérente que l'on appelle souvent *erreur de quantification*. Cette erreur de quantification, que l'on peut diminuer en augmentant le nombre de bits du compteur et du C.N.A, est souvent spécifiée comme une erreur de poids du bit le plus faible . La valeur mesurée peut s'écarter de la valeur réelle d'une quantité égale à cette erreur de quantification en raison du pas de progression non nul .

Examinons cette question d'un point de vue différent : l'entrée V_a peut prendre une *infinité* de valeurs entre zéro Volt et la pleine échelle. Par contre, l'approximation V_a , elle ne peut occuper qu'un nombre fini de valeurs discrètes. Cela veut donc dire qu'il y aura une petite plage de valeurs de V_a qui auront la même représentation numérique .

La *précision* n'est pas reliée à la résolution, mais dépend de la précision des circuits constitutifs, comme le comparateur, les résistances de précision et les amplificateurs de niveau du C.N.A les alimentations de référence etc .

Une erreur fixée à 0.01 % PE (Pleine Echelle) indique que le résultat du C.A.N peut s'écarter de 0.01 % PE de la valeur idéale en raison de composants non idéaux. Cette erreur *s'ajoute* à l'erreur de quantification due à la résolution. Ces deux erreurs sont généralement du même ordre de grandeur pour un C.A.N donné .

• Durée de conversion , T_c :

Dans les convertisseurs rampe numérique, le compteur débute à zéro et progresse jusqu'à ce que $V_a > V_a$. il est donc facile de déduire que la durée que prend la conversion totale est fonction de la valeur de V_a . Il faudra plus de pas de progression pour que la tension en escalier dépasse une grande valeur de V_a .La durée de conversion maximale correspond à un V_a légèrement inférieur à la

pleine échelle , lorsqu'il faut que la tension en escalier atteigne la pleine échelle pour que $V_a > V_a$.

Donc :

$$T_c (\max) = 2^N - 1 \quad \text{cycles d'horloge}$$

Par exemple, le C.A.N de la figure (III-1) aura une durée de conversion maximale de :

$$T_c(\text{max}) = (2^{10} - 1) \times 1 \mu\text{s} = 1023 \mu\text{s}$$

Parfois, la durée de conversion moyenne est indiquée ; il s'agit de la moitié du temps de conversion maximal. Dans le cas des convertisseurs rampe numérique, cette durée est :

$$T_c(\text{moyen}) = T_c(\text{Max})/2 \approx 2^{(N-1)} \quad \text{cycles d'horloges}$$

Le principal inconvénient de la méthode de la rampe numérique est la durée de conversion qui double pratiquement chaque fois qu'on ajoute un bit au compteur, de sorte qu'on augmente sa résolution au détriment de la durée de conversion. Ce C.A.N ne convient pas aux applications où ont lieu fréquemment des conversions A.N de signaux analogiques qui varient rapidement. Pour les applications lentes la simplicité, relative du convertisseur rampe numérique l'avantage par rapport aux C.A.N rapides plus complexes.

III-3. ACQUISITION DES DONNEES :

Les applications dans lesquelles des données analogiques doivent être *numérisées* (converties en un chiffre) et transférées dans une mémoire d'ordinateur sont nombreuses. Le processus de saisie par l'ordinateur des données analogiques numérisées s'appelle *l'acquisition des données*. Selon l'application, l'ordinateur peut manipuler les données de différentes façons. Quand on utilise un ordinateur pour mémoriser une donnée analogique (c'est le cas d'un oscilloscope numérique), ce dernier stocke les données puis les transfère à un C.N.A à un moment ultérieur pour qu'il reproduise les données analogiques.

Quand on utilise un ordinateur pour la régulation d'un procédé, ce dernier examine les données ou les transforme au moyen de calculs afin de déterminer les sorties de régulation à générer.

La figure III-3 a) nous fait voir un micro-ordinateur que l'on a relié à un C.A.N rampe numérique en vue d'acquérir des données. L'ordinateur produit les impulsions DEBUT qui lancent chaque nouvelle conversion A.N.

Le signal FDC produit par le C.A.N est communiqué à l'ordinateur. Ce dernier surveille le signal FDC pour savoir quand la conversion A.N courante prend fin ; ensuite il transfère la donnée numérique de la sortie du C.A.N dans la mémoire. Les formes d'ondes de la figure III-3 b) montrent comment l'ordinateur acquiert la version numérique d'un signal analogique V_a . La forme d'onde en escalier V_a que produit le C.N.A interne est superposée à la forme d'onde de V_a à des fins d'illustration. Le processus commence à l'instant t_0 quand l'ordinateur produit une impulsion DEBUT qui lance un cycle de conversion A.N. La conversion est achevée à l'instant t_1 quand le premier escalier dépasse V_a et que FDC passe au niveau BAS. Ce front descendant de la borne FDC signale à l'ordinateur que la sortie du C.A.N est une valeur numérique qui correspond à la valeur de V_a au point a, et que l'ordinateur peut charger cette donnée en mémoire.

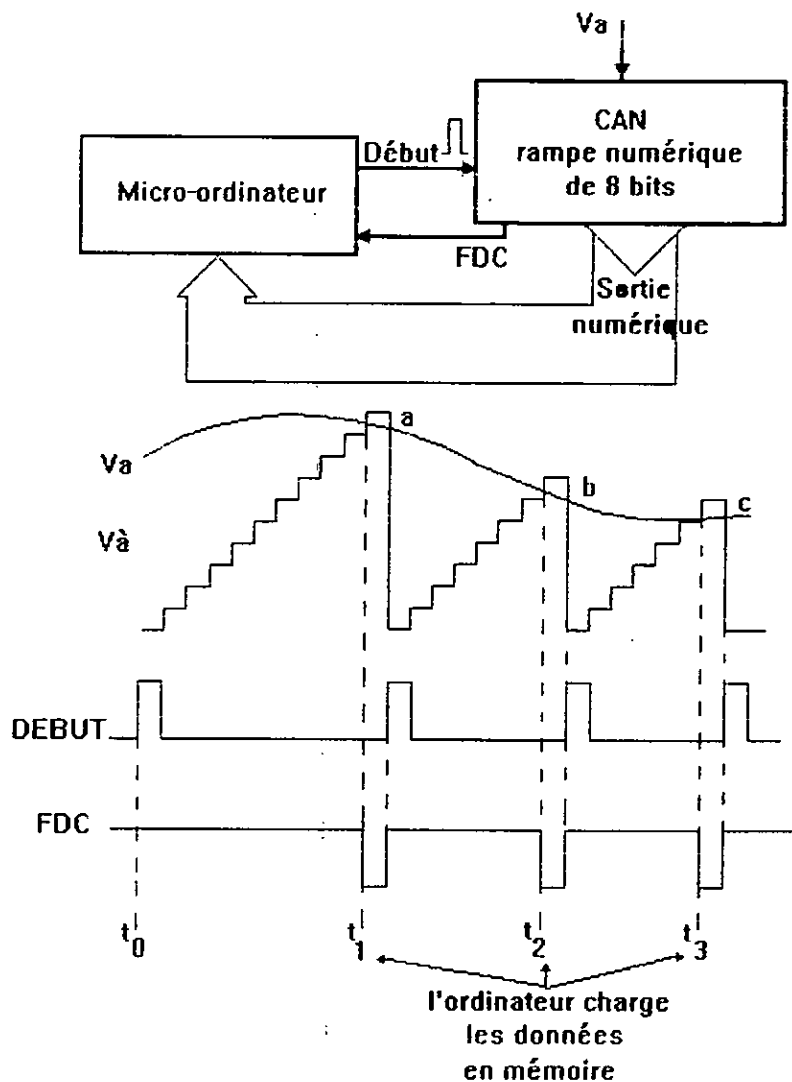


Figure III-3 : a) Système type d'acquisition de données par ordinateur .
 b) Formes d'ondes illustrant la façon dont l'ordinateur lance chaque nouveau cycle de conversion pour ensuite charger la donnée numérique en mémoire à la fin de la conversion .

L'ordinateur produit une impulsion DEBUT presque immédiatement après l'instant t_1 en vue de lancer un deuxième cycle de conversion. Notez que cela ramène l'escalier à zéro et que FDC retourne au niveau HAUT avant que l'impulsion DEBUT réinitialise le compteur C.A.N. La deuxième conversion prend fin à l'instant t_2 quand l'onde en escalier dépasse de nouveau V_a . L'ordinateur charge en mémoire la valeur numérique correspondant au point b les mêmes étapes se répètent en t_3 , en t_4 et ainsi de suite.

Le processus de lancement d'une impulsion DEBUT, d'examen de la borne FDC, et de mémorisation du résultat numérique du C.A.N est dirigé par un programme qu'exécute l'ordinateur. C'est ce programme d'acquisition des données qui fixe le nombre de points du signal analogique qui sera placé en mémoire.

III-4. C.A.N PAR APPROXIMATIONS SUCCESSIVES :

Ce type de C.A.N est l'un de ceux que l'on retrouve le plus fréquemment.

Il possède des circuits plus complexes que le C.A.N rampe numérique, mais son temps de conversion est beaucoup plus court. En outre, les convertisseurs par approximations successives (C.A.S) ont une durée de conversion fixe qui ne dépend pas de la valeur de l'entrée analogique.

Le montage de base de ce convertisseur est semblable à celui du convertisseur rampe numérique (voir figure (III-4)). Toutefois, ce convertisseur n'utilise pas de compteur pour alimenter l'entrée du C.N.A mais plutôt un registre. La logique de commande modifie le contenu du registre bit par bit jusqu'à ce que la donnée qui s'y trouve soit l'équivalent numérique du signal analogique V_a (compte tenu de la résolution du convertisseur).

Voici le déroulement de ce processus :

1. La logique de commande place dans la bascule du bit de poids le plus fort du registre un 1 et dans tous les autres un 0. Ceci a pour effet de placer à la sortie du C.N.A une valeur de V_a égale au poids le plus fort. Si V_a est alors plus grand que V_a , la sortie du comparateur, COMP, passe à zéro ce qui donne l'ordre à la logique de commande de ramener à zéro le bit de poids le plus fort. Autrement, le bit de poids le plus fort reste à un.
2. La logique de commande fixe à 1 le bit immédiatement à droite du registre. Ceci produit une nouvelle valeur de V_a . Si cette dernière est supérieure à V_a , COMP passe à zéro afin d'indiquer à la logique de commande de ramener le bit à zéro. Autrement, le bit reste à un.
3. Ce processus se poursuit pour chacun des bits du registre. Cette méthode à pesées successives exige un cycle d'horloge par bit. Après l'essai de tous les bits, le contenu du registre est l'équivalent numérique de V_a .

Il n'y a pas de meilleure façon d'illustrer le processus par approximations successives que d'en étudier un exemple . Pour plus de simplicité , utilisons un convertisseur de 4 bits dont le pas de progression est 1V .

Le tableau 1 nous montre la séquence des étapes permettant de convertir $V_a = 10.4 \text{ V}$. Cette conversion se fait en quatre étapes , une étape par cycle d'horloge . Notez que l'approximation de V_a s'améliore à chaque étape . A la fin de la quatrième étape , la conversion est achevée et la valeur numérique recherchée 1010 est mémorisée dans le registre . Cette valeur est équivalente à 10 V et est *inférieure* à V_a ; il s'agit là d'une caractéristique de la méthode par approximations successives .

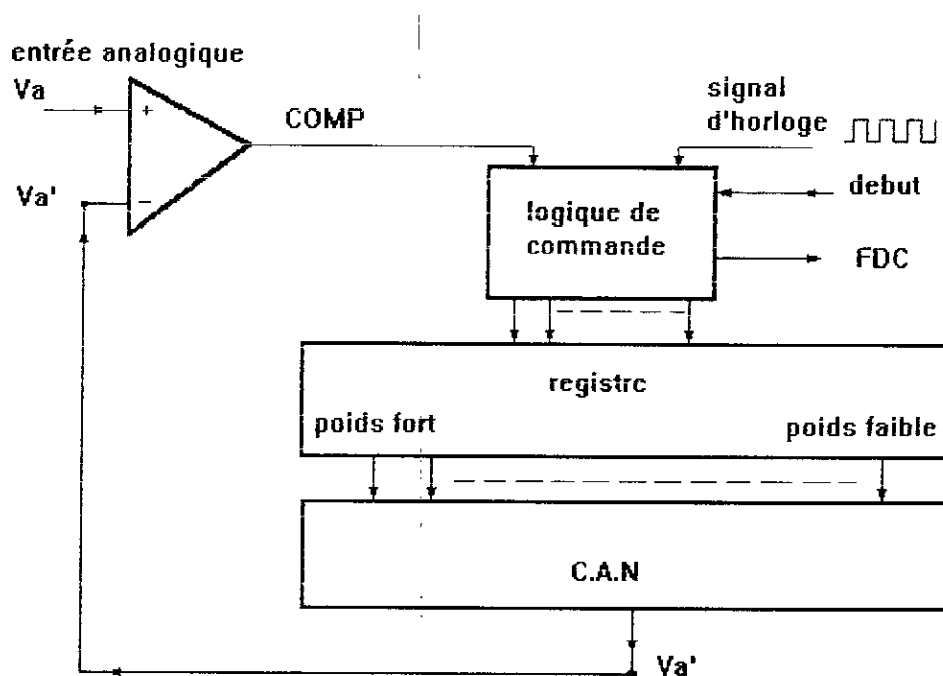


Figure III-4 : Schéma fonctionnel d'un CAN par approximations successives .

Tableau 1

Etapes	Registre	V _a (V)	V _a (V)	Comparateur
Situation initiale	0000	0	10.4	Haut
I. A. Positionner le bit de poids fort à 1 . B. Le laisser à 1 car V _a < V _a .	1000	8	10.4	Haut
II A. Positionner le bit immédiatement à droite à 1 . B. Le ramener à 0 puisque V _a > V _a	1100	12	10.4	Bas
III A. Positionner le bit immédiatement à droite à 1 . B. Le laisser à 1 puisque V _a < V _a	1010	10	10.4	Haut
IV A. Positionner le bit de poids faible à 1 B. Le ramener à 0 puisque V _a > V _a .	1011 1010	11 10	10.4 10.4	Bas Haut
Le nombre contenu dans le REGISTRE constitue le résultat final	1010			

Durée de conversion :

Le même fonctionnement est mis en oeuvre dans les CAS (convertisseur approximations successives) ayant une meilleure résolution. en général, un CAS de N bits a besoin de N cycles d'horloge pour réaliser une conversion *quelle que soit la valeur de V_a*. Il en est ainsi parce que les circuits de commande testent une valeur 1 dans chacune des positions binaires pour savoir si elle est nécessaire ou non .

Etant donné que les CAS ont des durées de conversion relativement courtes, ce sont eux que l'on utilise dans les applications d'acquisition des données (comme celle de la figure III-2) parce qu'ils permettent d'acquérir un plus grand nombre de données pendant un intervalle donné. Ceci est un aspect très important quand les données analogiques changent à un rythme relativement rapide.

Comme la majeure partie des C.A.S sont vendus sous forme de circuits intégrés, il est très rare que l'on doive concevoir les circuits de la logique de commande.

Dans le cadre de notre réalisation , notre choix s'est porté sur ce type de convertisseurs .

Il s'agit de l' **ADC 804** (C.A.S de technologie CMOS), celui ci présente l'avantage d'être disponible et simple à utiliser. Sa description viendra dans le chapitre V .

III-5. C.A.N PARALLELE (FLASH) :

Il s'agit ici du C.A.N le plus rapide qui soit , et également de celui qui contient le plus grand nombre de circuits .

Par exemple, un C.A.N parallèle de 6 bits exige 63 comparateurs analogiques , une unité de 8 bits en exige 255 et un convertisseur de 10 bits en exige 1023 . Le grand nombre de comparateurs nécessaires limite dans la pratique les convertisseurs parallèles discrets à 6 bits. Par contre, les convertisseurs parallèles C.I atteignent couramment 8 bits .

Nous décrivons ici le principe de fonctionnement d'un convertisseur parallèle de trois bits seulement .

Le convertisseur parallèle de la figure III-5 a) a une résolution de trois bits et un pas de progression de 1 V. Le diviseur de tension établit des niveaux de référence pour chaque comparateur de sorte qu'on retrouve 7 niveaux dont les valeurs sont 1 V (poids le plus faible) , 2 V , 3 V , ..., et 7 V (pleine échelle) . L'entrée analogique V_a est appliquée à l'autre entrée de chaque comparateur .

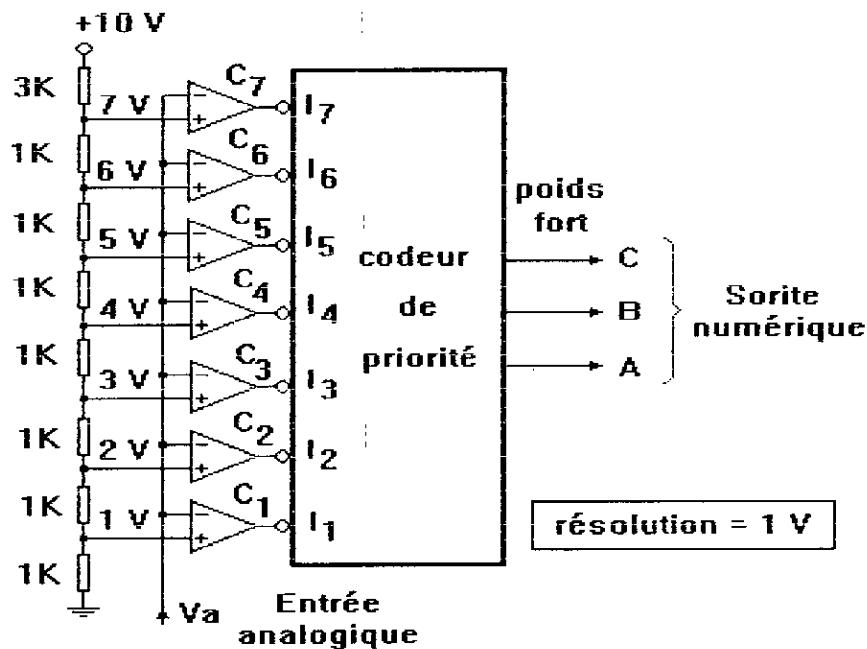
Si $V_a < 1 V$, toutes les sorties des comparateurs $C_1... C_7$ sont au niveau HAUT . Si $V_a > 1 V$, une au moins des sorties des comparateurs est au niveau BAS . Les sorties des comparateurs sont délivrées à un codeur de priorité vrai au niveau BAS qui produit une sortie binaire égale à la sortie du comparateur qui se trouve au niveau BAS dont le nombre est le plus élevé . Par exemple , quand V_a se trouve entre 3 et 4 V , les sorties C_1, C_2 et C_3 sont au niveau BAS et toutes les autres sont au niveau HAUT .

Le codeur de priorité ne réagit qu'à la valeur basse de C_3 et donne une sortie binaire $CBA = 011$, qui représente l'équivalent numérique de V_a avec une résolution de 1V . Quand V_a est supérieure à 7 V , $C_1...C_7$ sont tous BAS , et la sortie du codeur sera $CBA = 111$, Ce qui est l'équivalent numérique de V_a . Le tableau de la figure (5) nous fait voir les réponses pour toutes les valeurs possibles du signal analogique .

Le convertisseur parallèle n'a pas besoin de signal d'horloge parcequ'il n'y a pas de compteur à synchroniser ou d'opérations à effectuer en séquences . Le processus de conversion s'effectue presque instantanément dès que V_a est appliqué , et la durée de conversion dépend seulement des retards de propagation des comparateurs et du codeur . La durée de conversion d'un convertisseur parallèle typique est de 50 ns .

A présent il est facile de constater à quel point le nombre de circuits d'un convertisseur parallèle augmente à mesure que l'on veut avoir plus de bits . Le convertisseur de trois bits de la figure (III-5) nécessite sept comparateurs parcequ'il y a 8 niveaux de tension possibles. Aucun comparateur n'est nécessaire pour le niveau 0 V. Dans le cas d'un convertisseur parallèle de 8 bits il y'a 256 niveaux de tension y compris 0 V , de sorte que pour le construire on doit utiliser 255 comparateurs. En général ,pour construire un convertisseur parallèle de N bits il faut $2^N - 1$ comparateurs .

Finalement , on voit que le principal avantage de ce convertisseur est sa très grande rapidité, dont le prix à payer est une augmentation sensible de la complexité des circuits. Le prix élevé de ces comparateurs fait en sorte qu'on ne les retrouve que dans les applications où la vitesse est un élément primordial.



Va	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C	B	A
< 1 V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
> 1 V, < 2 V	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
> 2 V, < 3 V	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
> 3 V, < 4 V	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
> 4 V, < 5 V	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
> 5 V, < 6 V	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
> 6 V, < 7 V	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
> 7 V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Figure 5 : a) C.A.N parallèle de 3 bits ;
b) sa table de vérité .

CHAPITRE QUATRE :

LE MICROCONTROLEUR MC 68705 P3

IV-1. CARACTERISTIQUES GENERALES.....	35
IV-2. UTILISATION PRATIQUE.....	38
IV-3. LES MODES D'ADRESSAGE.....	42
IV-3-1. Adressage inhérent.....	43
IV-3-2. Adressage immédiat.....	43
IV-3-3. Adressage étendu.....	44
IV-3-4. Adressage direct.....	44
IV-3-5. Adressage indexé.....	44
IV-3-6 Adressage relatif.....	46
IV-4. LE JEU D'INSTRUCTIONS DU MC 68705 P3.....	47

CHAPITRE IV :

Le MC 68705 P3 .

IV-1. CARACTERISTIQUES GENERALES :

Ce composant fait partie des microprocesseurs " monochip " ou " single chip " . L'unité centrale de celui-ci est dérivée des microprocesseurs de la famille 6800 de MOTOROLA . Il renferme dans un même boîtier (figure IV-1) :

- Une unité centrale de traitement comprenant 5 registres , que l'on nomme :
Le Programmeur .
- Une mémoire EPROM de 1804 octets .
- Une mémoire RAM de 112 octets .
- Une mémoire (non accessible à l'utilisateur) de 115 octets , contenant les instructions nécessaires à sa propre programmation .
- Un timer programmable .
- Une horloge interne fonctionnant avec un quartz , une résistance ou un simple pontage .
- Un circuit de remise à zéro automatique dès la mise sous tension .
- Trois sources d'interruption .
- Vingt lignes d'entrées : sorties compatibles TTL et CMOS , divisées en trois ports :

- Port A : 8 lignes
- Port B : 8 lignes
- Port C : 4 lignes

Le port B est assez puissant pour commander directement des LED ou des afficheurs .

Comme vous pouvez le constater, ce circuit est une petite merveille . Il est logé dans un boîtier de 28 broches , et la figure (IV-3) nous en donne l'attribution . La figure (IV-8), quant à elle, nous montre le détail de l'organisation mémoire . Vous remarquerez que les 16 premiers octets de RAM sont attribués aux divers registres et ports d'entrées-sorties :

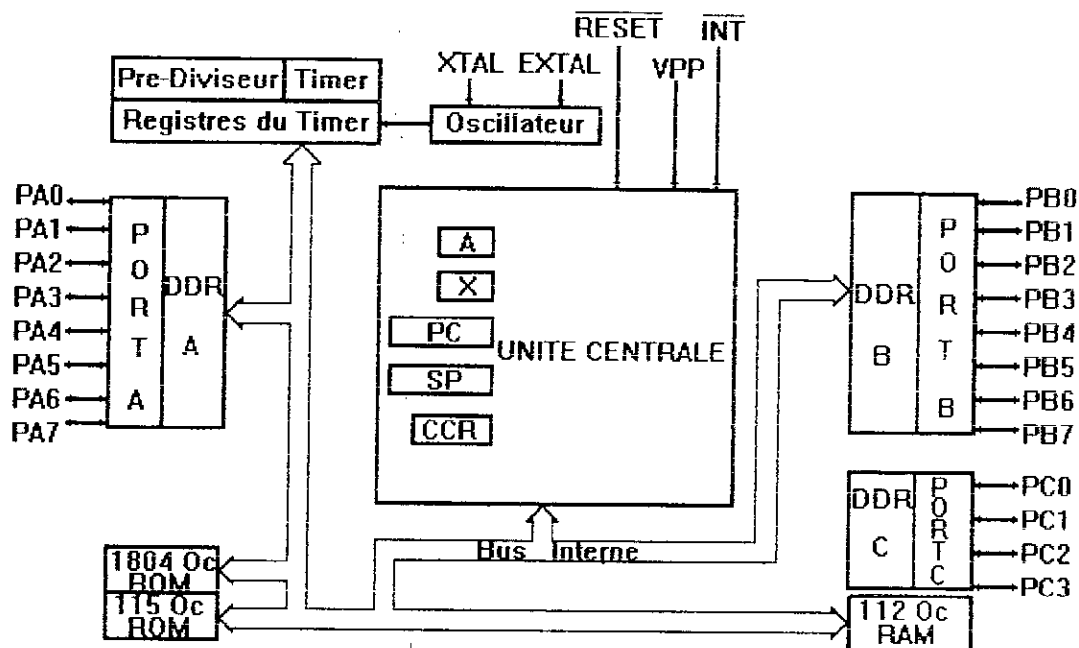


Figure IV-1 : Structure interne du MC 68705 P3

Etudions à présent le " programmeur " du 68705 P3 .

Les 5 registres contenus dans l'unité centrale sont les suivants:

(voir figure IV-2)

- L'accumulateur A (8 bits). C'est dans ce registre que toutes les opérations logiques et arithmétiques seront effectuées .
- L'index X (8 bits). Celui-ci sert à un mode d'adressage bien déterminé : l'adressage indexé. Il possède également d'autres attributions, comme par exemple le transfert de données entre l'accumulateur A et lui-même, et vice versa.
- Le PC, ou Program Counter, ou en bon français, le compteur ordinal (11 bits). On peut dire également Compteur ou Pointeur de programme. Ce registre est fondamental et indispensable à l'exécution d'un programme . Il désigne l'adresse de l'instruction suivante à exécuter. Pour être plus précis , ce registre dépose son contenu sur le bus des adresses. La mémoire concernée va lire ce contenu et déposer à son tour, sur le bus des données, le contenu de l'adresse spécifiée par le PC. Cette donnée, correspondant à une instruction sera bien envoyée vers le microprocesseur.
- Le SP ou Pointeur de pile. Ce registre pointe en permanence sur la dernière adresse entrée . Ces adresses entrées les unes à la suite des autres, forment ce que l'on appelle une " Pile ". Le pointeur traitera ces adresses sur le principe suivant : *dernière entrée - première sortie*. Ce registre possède également 11 bits, mais ne devant traiter que 112 octets de RAM , les 6 bits de poids fort sont en permanence à : 000011 .

- Le CCR , pour Condition Code Register, ou registre d'état. Ce registre est constitué de 5 bits qui ont chacun une signification particulière :

H : Half-carry ou demie-retendue . Ce bit n'est positionné à 1 que lors d'une opération sur 4 bits , quand il y'a une retenue du quatrième bit sur le cinquième .

I : Interruption mask ou masque d'interruption . Ce bit est positionnable par programme et sert à autoriser ou non les interruptions sur la ligne INT, ou en provenance du Timer .

A 1 , les interruptions sont " masquées " , c'est-à-dire interdites .

A 0 , elles sont autorisées .

N : Negative ou, vous l'auriez deviné, Négatif . Ce bit est positionné à 1 si le résultat de la dernière opération a été négatif .

Z : Zéro (sans commentaire...) . Ce bit est positionné à 1 si le résultat de la dernière opération est nul .

C : Carry ou retenue . Ce bit est positionné à 1 si le résultat de la dernière opération a engendré une retenue . Ce bit est également utilisé lors d'opérations de décalages logiques .

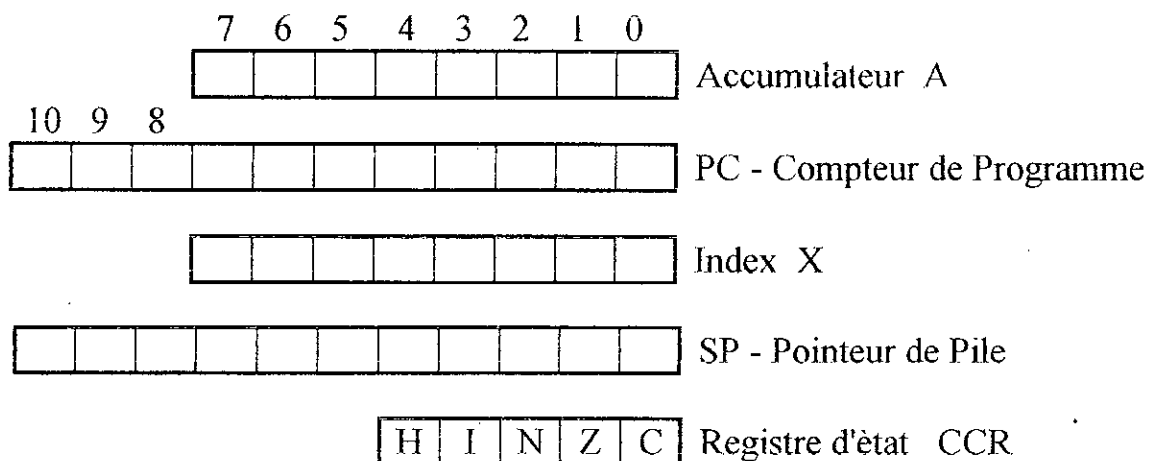


Figure IV-2 : Les différents registres du " Programmeur " .

Nous avons fait le tour des caractéristiques internes du MC 68705 P3S .
Voyons à présent la manière de s'en servir .

IV-2. UTILISATION PRATIQUE :

Nous allons commencer par détailler l'utilisation de chacune des broches représentées sur la figure (IV-3) :

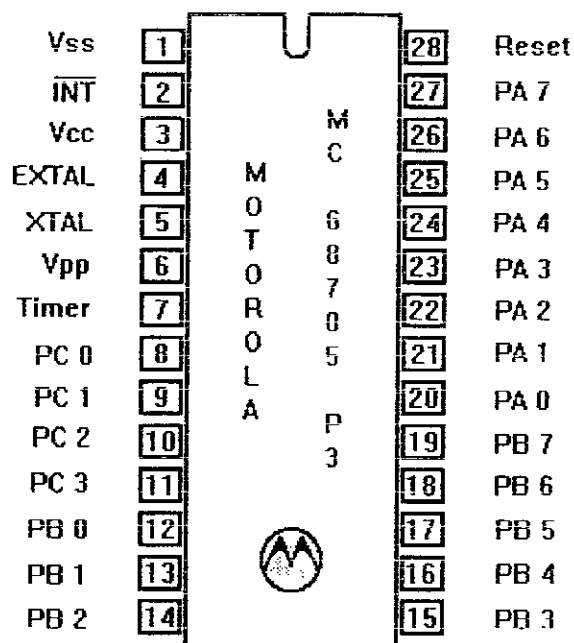


Figure IV-3 : Brochage du 68705 P3 .

Broche 1 : Vss. Masse du circuit. A relier au moins de l'alimentation .

Broche 2 : INT . Entrée d'interruption . Cette broche est active au niveau bas .

Les figures IV-4 a) et b) nous montrent l'utilisation de cette broche .

Si elle n'est pas utilisée, il faut la relier au + 5 V, par une résistance de 4.7 k Ω .

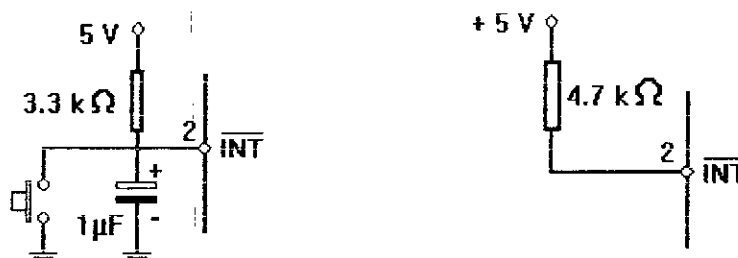


Figure IV-4 : a) INT utilisée .

b) INT non utilisée .

Broche 3 : Vcc . Alimentation du circuit , à relier au + 5 V .

Broches 4 et 5 : Extal et Xtal . Entrées d'horloge . Voyez en figure (IV-5) les diverses possibilités de branchement :

En (a) , la précision de la fréquence sera celle du quartz utilisé , dont la valeur minimum sera de 1 MHz et la valeur maximum de 4 Mhz.

En (b) , en utilisant une résistance , la précision ne sera que de $\pm 10 \%$.

En (c) , un pontage des broches 4 et 5 vous donnera une précision de $\pm 20 \%$.

En (d) , la fréquence de référence sera produite par une source extérieure. Dans ce cas , la précision sera celle de la source en question .

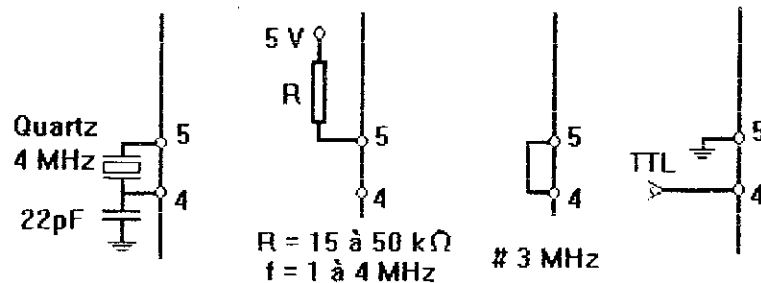


Figure IV-5 : Les différentes manières d'utiliser l'horloge .

Broche 6 : Vpp . C'est sur cette broche que sera appliquée le 21 V , nécessaire à la programmation du circuit .

Broche 7 : Timer. Sur cette broche, une horloge externe peut être connectée pour un éventuel décomptage du Timer .

Broches 8 à 11 : PC 0 à PC 3 . Port C d'entrées-sorties . La figure (IV-6) nous donne les possibilités de chacun des ports A , B et C .

En sortie, ce port peut commander des portes de circuits CMOS alimentés en 5 V ainsi que des portes TTL .

Broches 12 à 19 : PB 0 à PB 7. Port B d'entrées-sorties. Ce port est le plus puissant et peut sans problèmes commander des LED ou des afficheurs à LED, ou attaquer directement la base d'un transistor Darlington .

Broches 20 à 27 : PA 0 à PA 7 . Port A d'entrées-sorties . Les caractéristiques de ce port sont identiques à celles du port C .

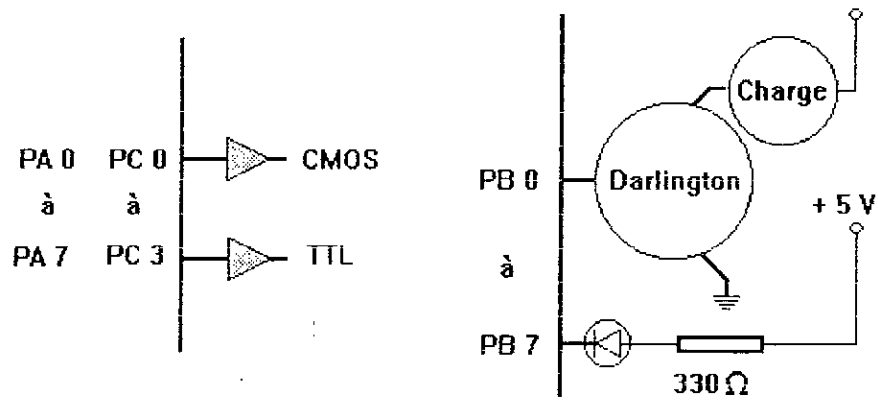


Figure IV-6 : Possibilités d'utilisation des Ports A,B et C .

Broche 28 : Reset ou RAZ , ou encore Remise à Zéro . Voyez en figure (7) le schéma d'utilisation de cette dernière broche . La remise à zéro du circuit s'effectue au niveau bas . De ce fait , en fonctionnement normal , cette broche doit être reliée au + 5 V de l'alimentation , ce qui est le cas par l'intermédiaire d'une résistance interne au circuit . Il suffit donc de brancher à cette broche un condensateur de 1 μ F (au tantale pour éviter les fuites) , pour avoir un Reset automatique à chaque mise sous tension du circuit . En ajoutant un bouton poussoir à cette broche , il nous sera possible d'effectuer un Reset manuellement , quand nous le désirerons .

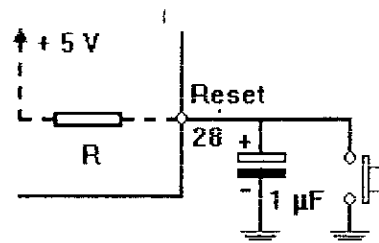


Figure IV-7 : Le Reset .

	7	0		7 6 5 4 3 2 1 0	
0000	Ports d' E / S	\$000	0	Port A	\$000
	Timer et RAM		1	Port B	\$001
0127	(128 Octets)	\$07F	2	1 1 1 1 Port C	\$002
128	EPROM utilisateur	\$080	3	Non utilisé	\$003
	page zéro		4	DDRA	\$004
255	(128 Octets)	\$0FF	5	DDRB	\$005
256		\$100	6	1 1 1 1 DDRC	\$006
			7	Non utilisé	\$007
	EPROM utilisateur		8	Timer Data Reg.	\$008
			9	Timer Control Reg.	\$009
	(1668 Octets)		10	Non utilisé	\$00A
			11	Programming Control Register	\$00B
1923		\$783			
1924	Mask Option Register (MOR)	\$784	12	Non utilisé	\$00C
			15		\$00F
1925	ROM de programmation	\$785	16	RAM (112 Octets)	\$010
2039	(115 Octets)	\$7F7		Pile	
2040	Interruption Timer	\$7F8		31 Octets maximum	
2041		\$7F9			
2042	Interruption externe	\$7FA	127	↑	\$07F
2043		\$7FB			
2044	SWI	\$7FC			
2045		\$7FD			
2046	Reset	\$7FE			
2047		\$7FF			

Figure IV-8 : Map memory du 68705 P3 .

• Initialisation du microprocesseur :

Pour effectuer son programme correctement , le microprocesseur doit avoir ses lignes des ports A , B et C positionnées soit en sortie, soit en entrée, et ce en fonction du travail qu'il devra exécuter. Cette phase du programme se nomme initialisation. Voyons comment cela se passe .

Chaque port d'entrées-sorties possède un registre nommé DDR, pour Data Direction Register ou registre direction des données . Ces registres possèdent le même nombre de bits que le port associé. Ce sont ces DDR qui vont nous permettre de positionner les lignes du port concerné, soit en entrée, soit en sortie, et individuellement les unes des autres. Un bit du DDR au niveau logique 1 mettra la ligne du port correspondant en sortie, et un niveau 0 mettra cette même ligne en entrée .

Voici un exemple : Prenons le port A . Imaginez qu'il nous faille avoir les lignes PA 0, PA 3 , PA 6 et PA 7 en sortie , et les autres lignes PA1 , PA 2, PA 4 et PA 5 en entrée.

Il nous suffira pour obtenir ce résultat, de mettre dans le DDRA , le code binaire 11001001. Ceci est valable pour les deux autres ports . A propos du port C, celui-ci ne possède que quatre lignes (PC 0 à PC 3) , les quatre autres lignes sont positionnées à 1 en permanence .

La programmation du MC 68705 P3 s'effectue par recopie du contenu d'une mémoire EPROM 2716. C'est donc dans cette mémoire que notre programme une fois conçu, sera initialement introduit. Ce travail de programmation d' EPROM pourra se faire soit par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur, grâce à une carte adéquate , soit avec un programmeur d' EPROM autonome .

Nous allons à présent continuer l'étude du MC 68705 P3, en analysant d'une part les divers modes d'adressage de celui-ci et d'autre part l'ensemble de son " jeu d'instructions " .

IV-3. LES MODES D'ADRESSAGES DU MC 68705 P3S :

Les performances et pour tout dire, la puissance d'un microprocesseur est principalement caractérisée par deux paramètres qui sont :

- Les modes d'adressage ;
- Le jeu d'instruction .

Les instructions sont représentées sous forme de " mnémoniques ", c'est-à-dire symboles ou diminutifs des fonctions réelles des différentes instructions . Exemple : CLRA est le mnémonique de Clear A qui veut dire "mettre à zéro A".

On se sert de ces mnémoniques pour écrire un programme lisiblement . Chaque instruction, donc chaque mnémonique, possède un code hexadécimal bien

déterminé. C'est ce code qui sera pris en mémoire, lors de la phase finale d'élaboration du programme .

Notre microprocesseur possède six modes d'adressage principaux, dont l'un d'entre eux est divisé en trois sous-ensembles . Voyons ceci plus en détail .

Pour l'exemple, nous prendrons une instruction que nous utiliserons pour chaque mode . On verra le registre concerné avant et après l'exécution de l'instruction. Cette dernière sera LDA qui veut dire Load A ou chargez l'accumulateur A par...

IV-3-1. Adressage inhérent :

Ceci n'est pas vraiment un adressage en soi , car l'instruction se suffit à elle-même . Par exemple l'instruction CLRA qui veut dire "mettre l'accumulateur A à zéro " , n'a pas d'adresse puisque le nom du registre concerné est contenu dans l'instruction .

IV-3-2. Adressage immédiat (figure IV-9) :

Ici , l'instruction à traiter suit directement l'instruction principale .

Dans notre exemple, les instructions A6-56 signifient : charger le code (ou octet) 56 dans l'accumulateur A.

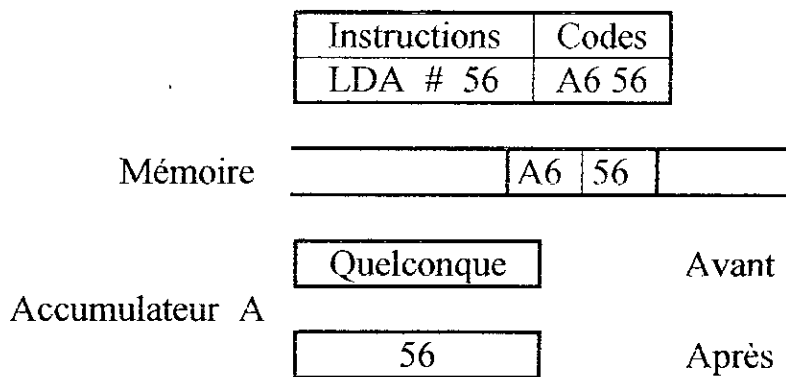


Figure IV-9 .

IV-3-3. Adressage étendu (figure IV-10) :

L'instruction à traiter se trouve à une certaine adresse . Celle-ci est située directement après l'instruction principale . Elle est codée sur deux octets , ce qui permet d'atteindre tout l'espace mémoire .

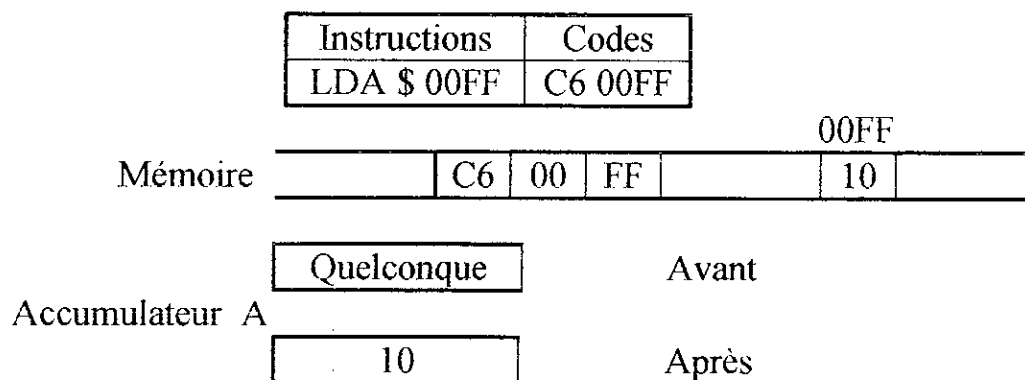


Figure IV-10 .

IV-3-4. Adressage direct (figure IV-11) :

Ce mode d'adressage fonctionne de la même manière que le précédent . L'adresse cette fois n'est codée que sur un seul octet , ce qui ne nous permet d'atteindre que les 256 premiers octets de mémoire .

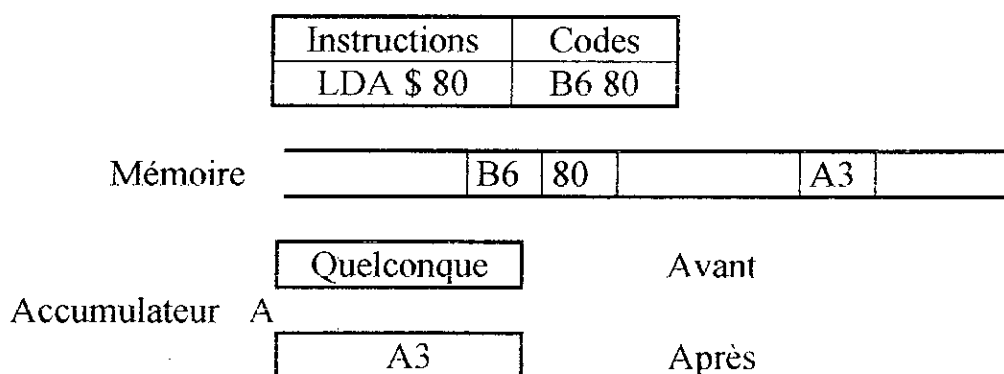


Figure IV-11 .

IV-3-5. Adressage indexé :

a/Avec déplacement nul (figure IV-12) :

Dans ce mode d'adressage , on fait intervenir le registre X . L'instruction s'écrit de la manière suivante : LDA 0,(contenu de X) .

Le 0 est la valeur du déplacement , qui est bien sur nul dans notre cas . Cette valeur de déplacement est ajoutée au contenu du registre X et c'est alors à cette nouvelle adresse que l'on va chercher l'instruction à traiter .

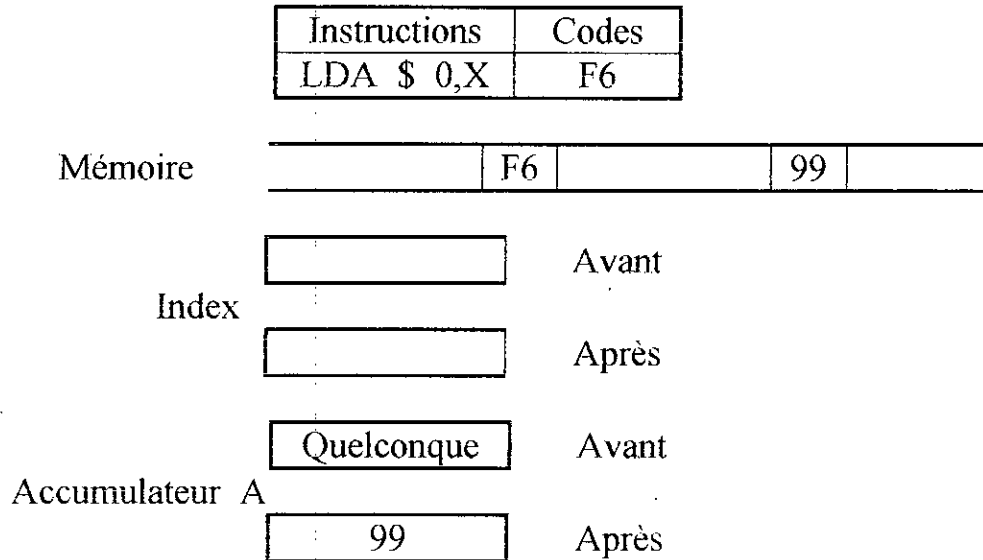


Figure IV-12 .

b/Avec déplacement sur 8 bits (figure IV-13) :

Ce mode d'adressage fonctionne de la même manière que le précédent , mais cette fois , à la place de 0 nous avons bel et bien une valeur (un octet) à rajouter au contenu de l'index X .

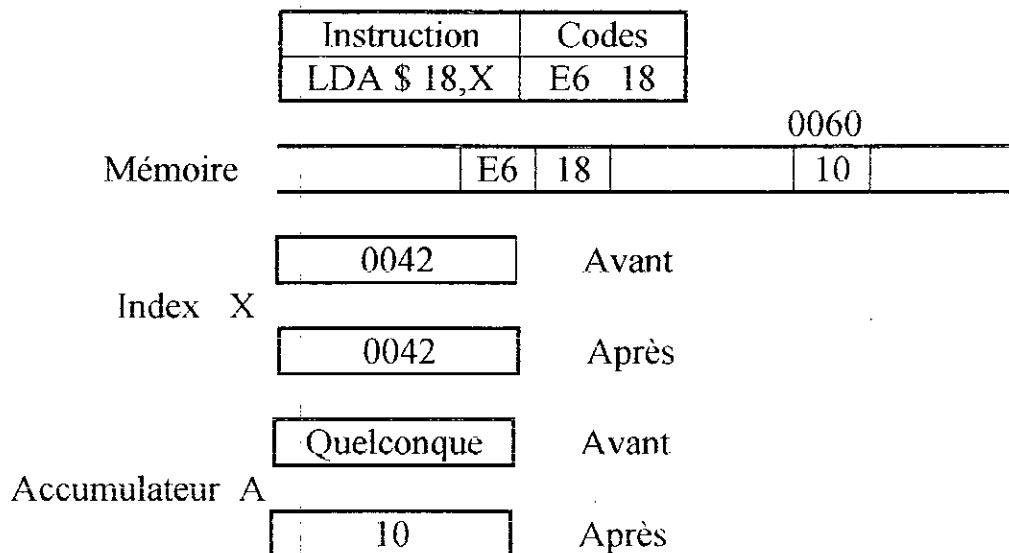


Figure IV-13 .

c/Avec déplacement sur 16 bits (figure IV-14) :

Même fonctionnement ; mais nous pourrons cette fois atteindre tout l'espace mémoire .

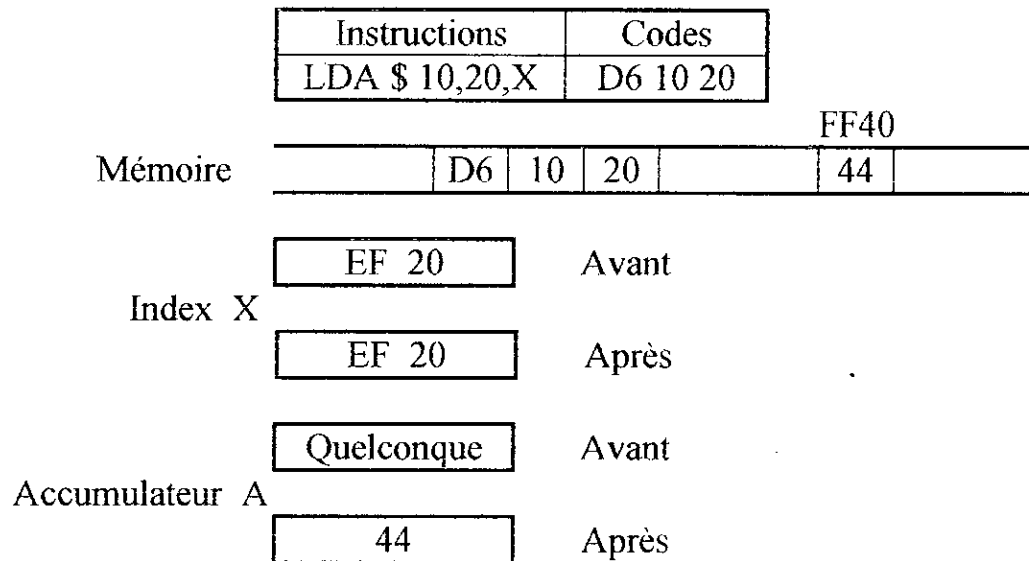


Figure IV-14 .

IV-3-6. Adressage relatif (figure IV-15) :

Celui-ci n'est utilisé que pour les instructions de saut ou de branchement . L'octet suivant l'instruction est ajouté au contenu du PC (compteur de programme), formant ainsi une nouvelle adresse où le programme ira se brancher . Pour ce mode d'adressage, un détail très important est à signaler. Lors de l'exécution de l'instruction, le PC pointe déjà sur l'instruction suivante, ce qui en réalité nous donne une adresse conçue de la manière suivante :
 Octet suivant l'instruction de branchement + contenu du PC + 2
 Avec ce mode d'adressage , il n'est possible d'effectuer un saut ou un branchement , que de +127 au -128 octets autour de l'instruction .

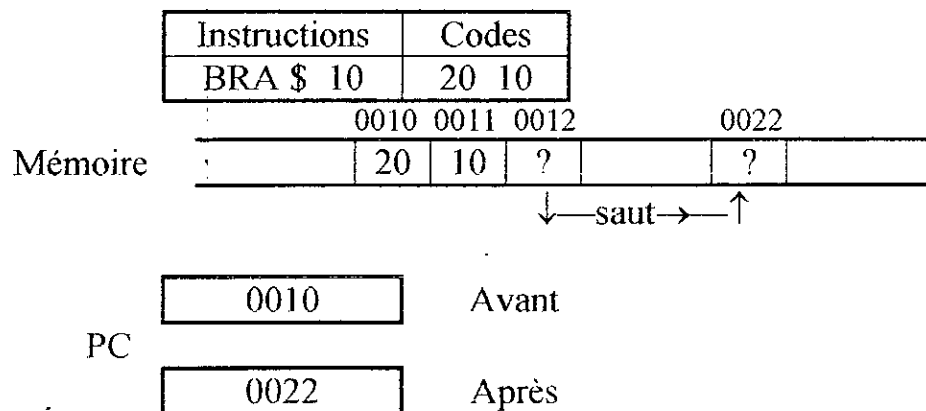


Figure IV-15 .

La figure IV-16 nous donne les différents symboles couramment utilisés en langage assembleur .

Symboles	Signification
#	Immédiat
\$	Hexadécimal
%	Binaire
@	Octal
[]	Indirect

Figure IV-16 .

IV-4. LE JEU D'INSTRUCTIONS DU MC 68705 P3S :

-ADC. Additionne le contenu de l'adresse mémoire au contenu de l'accumulateur A + le bit de retenue C (carry) et place le résultat dans l'accumulateur A .

-ADD. Effectue la même opération que ci-dessus , mais sans le bit de retenue C

-ASL. Effectue un décalage arithmétique d'un bit vers le gauche , ce qui équivaut à une multiplication par 2 . Ce décalage se fait soit sur le contenu de la mémoire spécifiée , soit sur le contenu de l'accumulateur A .

-ASR. Même opération que ci-dessus , mais vers la droite . Dans les deux cas , le bit sortant est positionné dans le bit C du CCR (registre d'état) .

-BCC. Le branchement s'effectue à l'adresse spécifiée , si la retenue est à 0 (pas de retenue) .

-BCLR. Met à 0 le bit spécifié (numéros de 0 à 7) . Les autres bits ne sont pas affectés .

-BCS. Le branchement s'effectue si la retenue est à 1.

-BEQ. Le branchement a lieu si le bit Z du CCR est à 1 . Ce résultat est obtenu si , lors d'une soustraction ou d'une comparaison , les deux valeurs étaient les mêmes .

-BHCC. Le branchement a lieu si la demie-retenue est à 0 .

-BHCS. Le branchement s'effectue si la demie-retenue est à 1 .

-BHI. Effectue le branchement si les bits Z et C sont tous deux à 0 . Le résultat est vrai si , lors d'une soustraction ou d'une comparaison le contenu du registre était plus grand que celui de la mémoire .

-BHS. Cette instruction est identique à BCC .

- BIH. Le branchement s'effectue si la ligne d'interruption est au niveau 1 .
- BIL. Même opération que ci-dessus , mais avec la ligne d'interruption au niveau 0 .
- BIT. Effectue un ET logique entre le contenu de l'accumulateur A et la mémoire. Cette instruction sert uniquement à positionner les bits du CCR .
- BLO. Même instruction que BCS .
- BLS. Effectue le branchement si le bit C ou le bit Z du CCR est à 1 .
- BMC. Effectue le branchement si le masque d'interruption est à 0 .
- BMI. Le branchement est effectué si le bit N du CCR est à 1 . Cela a lieu si le résultat de l'opération précédente a été négatif .
- BMS. Branchement si le masque d'interruption est à 1 .
- BNE. Effectue le branchement si le Z du CCR est à 0 . C'est obtenu si lors de la comparaison précédente , les deux valeurs n'étaient pas égales .
- BPL. Effectue le branchement si le bit N du CCR est à 0 .
- BRA. Le branchement est effectué dans tous les cas .
- BRN. Le branchement n'est effectué en aucun cas .
- BRCLR. Effectue le branchement si le bit X est à 0 . X étant compris entre 0 et 7.
- BRSET. Même opération que ci-dessus , mais avec le bit X à 1 .
- BSET. Met à 1 le bit spécifié (numéros de 0 à 7) . Les autres bits ne sont pas affectés .
- BSR. Branchement à un sous-programme .
- CLC. Met à 0 la retenue C .
- CLI. Met à 0 le masque d'interruption .
- CLR. Met à 0 le registre ou la case mémoire spécifiée .
- CMP. Effectue une comparaison entre les registres ou la case mémoire spécifiée.
- COM. Réalise le complément bit à bit du contenu de l'accumulateur A ou de la mémoire . Ce qui revient à dire que cette instruction met les 0 à 1 et les 1 à 0 .
- CPX. Compare le contenu de l'index X avec la mémoire .
- DEC. Décrémente (diminue) de 1 le contenu de la case mémoire ou des accumulateurs .
- EOR. Effectue un OU exclusif entre l'accumulateur A et la mémoire et place le résultat dans l'accumulateur A .
- INC. Incrémente (augmente) de 1 le contenu de la mémoire ou des accumulateurs .
- JMP. Effectue un saut à une adresse quelconque spécifiée après l'instruction .
- JSR. Effectue un saut à un sous-programme . Le contenu du PC est sauvegardé sur la pile pour permettre au programme de reprendre son cours à l'instruction suivant le JSR, une fois le sous-programme terminé .
- LDA. Charger l'accumulateur A par...
- LDX. Charger l'index X par...
- LSL. Effectue un décalage logique à gauche de l'accumulateur A ou de la mémoire . Le bit sortant est positionné dans le bit C du CCR .

- LSR. Même opération que ci-dessus , mais à droite .
- NEG. Remplace le contenu de A ou de la mémoire par son complément à 2 .
- NOP. Cette instruction ne sert absolument à rien , sinon à perdre un peu de temps . Ceci est parfois très utile dans un programme pour effectuer une temporisation .
- ORA. Effectue un OU logique entre le contenu de l'accumulateur A et celui de la mémoire et place le résultat dans l'accumulateur A .
- ROL. Effectue une rotation à gauche du contenu de l'accumulateur A ou de la mémoire . Le bit sortant est positionné dans le bit C du CCR , le contenu de ce dernier étant transféré dans le bit 0 du registre .
- ROR. Même opération que ci-dessus , mais à droite .
- RSP. Réinitialise le pointeur de pile (SP) .
- RTI. Cette instruction sert au retour au programme principal à la fin d'un programme d'interruption .
- RTS. Cette instruction sert au retour au programme principal à la fin d'un sous-programme .
- SBC. Soustrait de l'accumulateur A le contenu de la mémoire et la retenue C du CCR et place le résultat dans l'accumulateur A .
- SEC. Met à 1 la retenue .
- SEI. Met à 1 le masque d'interruption .
- STA. Place le contenu de l'accumulateur A à l'adresse spécifiée .
- STX. Place le contenu de l'index X à l'adresse spécifiée .
- STOP. Arrête le programme , en attente d'un Reset . Cette instruction est bien sûr mise à la fin d'un programme non répétitif .
- SUB. S'utilise de la même manière que SBC , mais sans la retenue .
- SWI. Cette instruction sert à effectuer une interruption par logiciel . Tous les registres sont sauvegardés et le microprocesseur peut effectuer le programme d'interruption .
- TAX. Transfère le contenu de l'accumulateur A dans l'index X .
- TST. Compare le contenu de l'accumulateur A ou de la mémoire à 0 .
- TXA. Transfère le contenu de l'index X dans l'accumulateur A .
- WAIT. Met le microprocesseur en attente d'interruption .

Voilà , nous en avons fini avec l'étude complète des instructions du MC 68705 P3S . Sachez pour terminer que toutes les instructions de branchement se font en adressage relatif uniquement .

CHAPITRE CINQ :

L'A.D.C 804

V-1. DESCRIPTION DE L'A.D.C 804.....	50
V-2. FONCTIONNEMENT.....	51
V-3. DETAIL DU PROCESSUS DE CONVERSION.....	52
V-4. ALIMENTATION.....	52
V-5. LIGNES DE CONTROLES.....	52
V-6. L'HORLOGE.....	53
V-7. LES ENTREES ANALOGIQUES DIFFERENTIELLES.....	53
V-8. AJUSTAGE DE LA PLAGES DE TENSION DE REFERENCE.....	53
V-9. L'ERREUR ZERO.....	54
V-10. AJUSTAGE DE LA PLEINE ECHELLE.....	54

CHAPITRE V :

L' ADC 804 .

V-1. DESCRIPTION DE L'ADC 804 :

L' ADC 804 est un convertisseur analogique-numérique par approximations successives . Il se présente en circuit intégré de 8 bits de technologie CMOS , qui utilise une échelle de modification potentiométrique. Il est conçu pour être relié à des microprocesseurs (MOTOROLA , INTEL , ZILOG) via des bus de sortie à 3 états.

Il est considéré, par le microprocesseur comme une position mémoire ou un port d'entrée-sortie , et ne nécessite donc pas de logique d'interfaçage .

L'entrée analogique différentielle a une bonne réjection en mode commun et permet un décalage du zéro de l'entrée analogique. De plus la tension de référence peut être ajustée pour permettre de coder une plage de tensions aussi petite soit elle avec les 8 bits de résolution .

• *Caractéristiques :*

Les principales caractéristiques de l'ADC 804 :

- 1 . Ne nécessite pas de logique d'interfaçage .
- 2 . Temps de conversion inférieur à 100 μ s .
- 3 . Facile à relier à un grand nombre de microprocesseurs .
- 4 . Entrée analogique différentielle .
- 5 . Travaille avec une plage de tensions de référence .
- 6 . Compatibilité avec la technologie TTL .
- 7 . Horloge interne .
- 8 . Tensions d'attaque inférieures à 5 V. Tension d'alimentation : +5V.

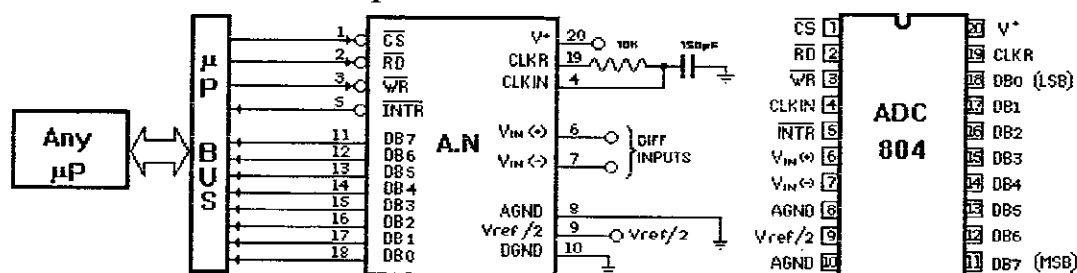


Figure V-1 : a) exemple de liaison ADC 804 / un microprocesseur .
b) brochage de l'ADC 804 .

V-2. FONCTIONNEMENT :

Le schéma interne de l'ADC 804 est donné en figure (V-2) . Toutes les broches y sont spécifiées et la majeure partie de la logique de commande y est représentée .

Ce composant fonctionne selon le principe de la conversion par approximations successives .

Les interrupteurs analogiques sont fermés séquentiellement par approximations successives jusqu'à ce que l'entrée analogique différentielle [$V_{IN (+)} - V_{IN (-)}$] soit pareille à la tension issue du décodeur .

Le bit de poids fort est le premier à être testé et après 8 comparaisons (64 cycles d'horloge), un code binaire sur 8 bits est transmis à la sortie .

La procédure normale est la suivante :

A la transition Haut-Bas de l'entrée \overline{WR} le registre à approximations successives (RAS) et le registre à décalage sont réinitialisés et la patte \overline{INTR} est mise à l'état Haut . Aussi longtemps que les entrées \overline{CS} et \overline{WR} resteront à l'état Bas , le CAN restera en état de réinitialisation .

La conversion débutera après 1 à 8 cycles d'horloge à la suite du passage à l'état haut d'au moins une des deux entrées citées précédemment .

Au bout du temps nécessaire à l'opération de conversion , la patte \overline{INTR} fera une transition de l'état Haut à l'état Bas. Cette transition peut être exploitée pour générer une interruption au niveau d'un microprocesseur .

Ce convertisseur peut aussi fonctionner en Mode Libre (Free-running) et ce en reliant \overline{INTR} à \overline{WR} avec $\overline{CS} = 0$ et pour assurer l'amorçage de la conversion une impulsion externe sera injectée à \overline{WR} .

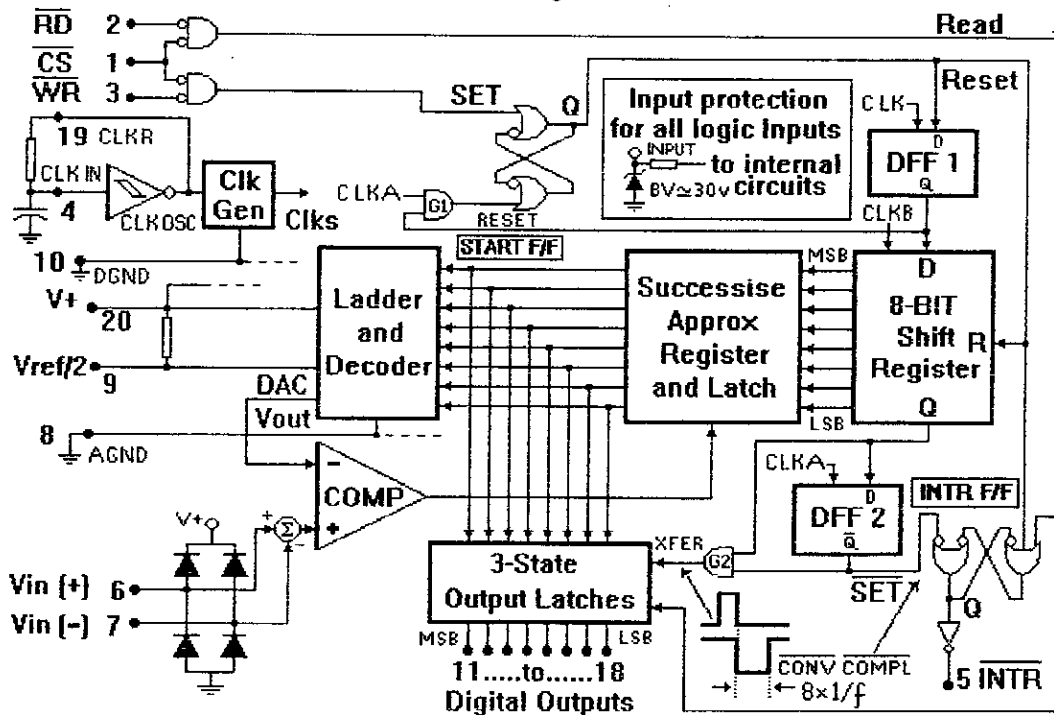


Figure V-2 : Structure interne de l' ADC 804 .

V-3. DETAIL DU PROCESSUS DE CONVERSION :

L'ADC 804 effectue un cycle de conversion, quand les broches CS et WR sont mises simultanément au niveau bas .

L'action sur ces deux broches, engendre :

- un niveau Haut à la sortie de la bascule START F/F, qui entraîne la réinitialisation du registre à décalage (8-bit shift register) .
- la réinitialisation de l'interruption INTR F/F .
- un niveau Haut à l'entrée de la bascule D , DFF 1 .

Un signal d'horloge interne, transfère ce niveau Haut, à la sortie Q de la bascule DFF 1 .

La porte AND, G1, combine le signal issu de DFF 1, avec un signal d'horloge, pour générer au niveau de la bascule START F/F, un signal de reset .

Même si l'un des deux signaux, WR ou CS venait à s'interrompre, le processus de réinitialisation continuerait à se faire, et le registre à décalage se verrouillerait , pour un nouveau cycle de conversion .

Après cela, le niveau Haut d'amorçage, se retrouve à l'entrée de la bascule DFF2.

A la sortie de ce signal du registre à décalage, la porte AND G2 autorisera, la pose du "mot digital" en sortie sur les 8 latches à trois états .

La sortie Q de DFF 2, fait une transition Haut-Bas, pour générer une interruption INTR F/F, qui sera, après inversion, au niveau de la broche INTR .

Ainsi se déroule un cycle de conversion .

V-4. TENSION D'ALIMENTATION :

Une tension régulée de + 5 V est injectée par la broche 20 du circuit .

Il est à noter que du fait qu'un bruit au niveau de la tension d'alimentation peut causer un cycle de conversion indésirable, un condensateur est relié à la broche 20 pour assurer un filtrage , la valeur recommandée est de 1 μ F ou plus .

V-5. LIGNES DE CONTROLE :

Les lignes de contrôle CS, RD et WR sont compatibles à la logique TTL. Elles sont actives au niveau bas , et sont directement reliable à n'importe quel microprocesseur.

Il existe une manière très simple d'utiliser ces lignes ; cette méthode consiste à causer un cycle de conversion en n'intervenant que sur une seule broche. Ainsi les lignes CS, RD sont en permanence validées (CS et RD mises à la masse) et l'ordre de conversion issu d'un microprocesseur attaque l'entrée WR.

C'est cette méthode que nous avons adopté.

V-6. L'HORLOGE :

Un signal d' horloge est nécessaire pour le fonctionnement du convertisseur .
Il peut être issu d'une source externe ou plus simplement généré de façon propre au circuit par l'adjonction d'un réseau RC comme cela est montré en figure V-1a) (les valeurs assurant un bon fonctionnement au circuit sont celles qui sont mentionnées sur cette même figure) .

V-7. LES ENTREES ANALOGIQUES DIFFERENTIELLES :

Grâce aux deux entrées analogiques différentielles (broches 6 et 7) nous avons une très grande flexibilité d'utilisation quant aux plages de tensions à convertir. Ainsi $V_{IN} (-)$ (broche 7) peut très bien servir à la soustraction automatique d'une certaine valeur fixe de l'entrée à convertir, qui elle, sera injectée à la broche 6 ($V_{IN} (+)$) .

C'est un décalage du zéro, ou en d'autres termes une simple translation des tensions à convertir , par rapport à un repère .

Ces deux broches peuvent aussi servir à la réduction des bruits en mode commun , en les neutralisant .

V-8. AJUSTAGE DE LA PLAGE DE TENSIONS DE REFERENCES :

Ce convertisseur a été conçu pour être utilisé avec une tension de référence égale à 2,5 volts, ou une toute autre tension ajustable par l'utilisateur.

Si la plage de tensions à convertir V_{MAX} varie entre deux tensions limites, la tension de référence serait la moitié de l'intervalle de variation de l'entrée analogique.

Exemple :

Soit V l'entrée analogique, on suppose V variant entre deux tensions limites V_{MIN} et V_{MAX} , alors la tension de référence serait égale à :

$$V_{REF}/2 = (V_{MAX} - V_{MIN})/2$$

$V_{REF}/2$ sera injectée à la broche 9

V_{MAX} sera égale à $V_{IN} (-)$ et sera injectée à la broche 7.

V-9. L'ERREUR ZERO :

Si la plus petite tension analogique à convertir $V_{IN(min)}$ est différente de zéro, un décalage du zéro en sortie peut tout de même exister.

Le convertisseur peut être à 0000 0000 en sortie pour cette tension minimale d'entrée et cela en décalant la tension $V_{IN(-)}$ à $V_{IN(min)}$.

L'erreur zéro est liée à la localisation d'un premier créneau de la fonction de transfert et peut être mesurée en mettant à la masse l'entrée $V_{IN(-)}$ et en appliquant une tension positive de faible amplitude à l'entrée $V_{IN(+)}$.

L'erreur zéro sera la différence entre la valeur de la tension d'entrée nécessaire, pour faire basculer le code de sortie du 0000 0000 à 0000 0001 et la valeur du $\frac{1}{2}$ LSB. ($\frac{1}{2}$ LSB = 9,8 mV pour $V_{REF} = 5$ V).

V-10. AJUSTAGE DE LA PLEINE ECHELLE :

L'ajustage de la pleine échelle peut être fait, en appliquant une entrée différentielle qui sera à $1 \frac{1}{2}$ LSB en dessous de la tension analogique pleine échelle désirée, et ajuster la tension de $V_{REF}/2$ (broche9) pour avoir une sortie digitale évoluant de 1111 1110 à 1111 1111.

En décalant le zéro, et en utilisant une plage de tensions de références $V_{REF}/2$, l'ajustage de la pleine échelle se fait en attaquant l'entrée $V_{IN(-)}$ par V_{MIN} , et en appliquant une tension à l'entrée $V_{IN(+)}$ donnée par l'expression :

$$V_{IN(+)} \text{ fs adj} = V_{MAX} - 1,5 (V_{MAX} - V_{MIN})/256$$

CHAPITRE SIX :

DESCRIPTION DE LA REALISATION

VI-1. LE MATERIEL.....	55
VI-1-1. Carte d'acquisition et de traitement des données	55
VI-1-2. Carte d'affichage.....	59
VI-1-3. Carte de puissance.....	63
VI-2. LE LOGICIEL.....	67
VI-2-1. Entrée du choix priorité et gestion du clavier.....	68
VI-2-2. Le voltmètre numérique.....	70
VI-2-3. Programme du contrôle automatique de la capacité.....	72
VI-2-4. Programme d'interruption externe.....	76

CHAPITRE VI :

DESCRIPTION DE LA REALISATION .

Notre analyse abordera les deux aspects : materiel et logiciel .

VI-1. LE MATERIEL :

Dans ce qui va suivre, nous allons essayer de décrire notre réalisation du côté materiel . Nous tâcherons de faire la lumière sur tout ce qui a été fait .

Notre réalisation se compose essentiellement de trois blocs principaux :

- 1- Carte d'acquisition et de traitement des données .
- 2- Carte d'affichage .
- 3- Carte de puissance .

Commençons par décrire la première carte .

VI-1-1. Carte d'acquisition et de traitement des données :

Comme son nom l'indique , cette carte a une double fonction ; elle doit faire l'acquisition des données pour traitement.

La première fonction incombe au convertisseur analogique-numérique ADC 804. Son schéma d'implantation est donné en figure VI-1 .

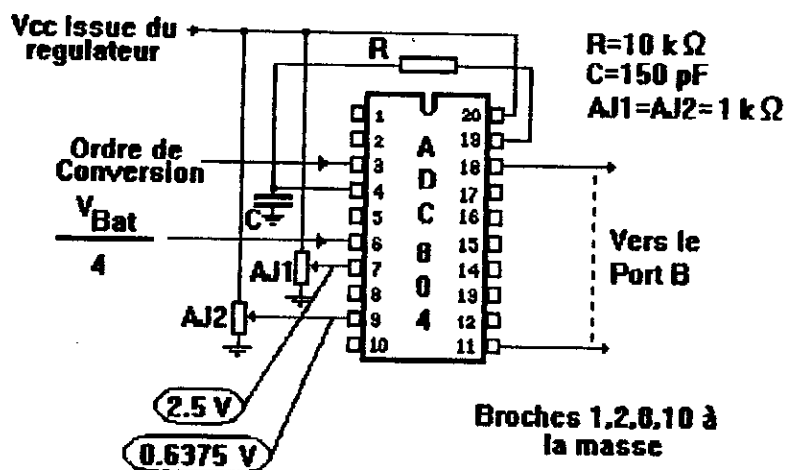


Figure VI-1 : Schéma d'implantation de l'ADC 804

Les données qu'il est chargé de convertir sont des tensions issues de la batterie. De part sa structure interne l'ADC 804 n'admet pas de tensions à convertir supérieures à sa tension d'alimentation qui est de $5\text{ V} \pm 2\%$, et comme les tensions issues d'une batterie sont largement supérieures aux 5 volts d'alimentation, il a donc fallu réaliser un diviseur de tension par 4.

Ainsi les tensions à convertir injectées à la broche (6), seront inférieures à V_{cc} . Les tensions de batterie à contrôler qui nous intéressent, varient entre 10 V et 15.1 V, correspondant à une plage de tensions ΔV égale à 5.1 V, ce qui nous amène à déduire que la plus petite tension issue de la batterie à convertir, sera après division par 4 égale à :

$$V_{IN^{(+)}}(\text{min}) = \frac{10}{4} = 2.5\text{ V} ;$$

et la plus grande tension issue de la batterie à convertir, sera, toujours après division par 4 égale à :

$$V_{IN^{(+)}}(\text{Max}) = \frac{15.1}{4} = 3.775\text{ V}$$

Ainsi, notre nouvelle plage de tensions à convertir, ramenée au niveau de l'ADC 804 sera :

$$\Delta V = 1.275\text{ V}$$

De là, nous voyons, qu'une tension de 10 V au niveau de la batterie, correspondra à 2.5 V au niveau de l'ADC 804, qui lui associera le code : 0000 0000 après conversion.

De même, que pour la tension maximale à convertir, soit 15.1 V au niveau de la batterie, on aura 3.775 V au niveau de l'ADC 804, qui lui associera le code: 1111 1111 (FF_{Hex}) après conversion.

Comme calculée précédemment, la nouvelle plage de données à traiter est de 1.275 V, et comme l'ADC 804 est un convertisseur A/N sur 8 bits, soit 256 niveaux, la résolution est donc de :

$$R = \frac{1.275}{256} = 4.98 \cdot 10^{-3} \approx 5\text{ mV}$$

Il est à noter que pour que l' ADC 804 fasse la conversion , il a besoin d'une tension de référence , qui est la moitié de la plage de tensions à convertir , soit :

$$V_{\text{ref}} = \frac{\Delta V}{2} = \frac{1.275}{2} = 0.6375 \text{ V}$$

V_{ref} sera injectée à la broche (9) , elle sera obtenue par ajustage d'un multi-tours .

L' ADC 804 ayant une entrée différentielle [$V_{\text{IN}}^{(+)} - V_{\text{IN}}^{(-)}$] , $V_{\text{IN}}^{(-)}$ sera une tension fixe injectée à la broche (7) , elle correspondra à la plus petite tension à convertir , soit 2.5 V .

La figure VI-2, représente l'intervalle de tensions à convertir .

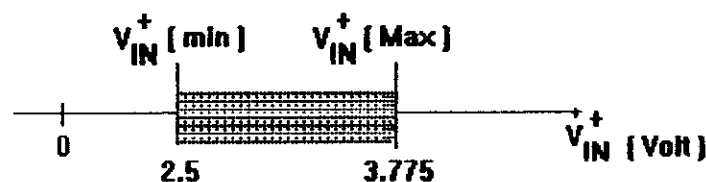


Figure VI-2 : Intervalle des tensions à convertir .

Le fonctionnement de ce convertisseur requiert une horloge; cette dernière est interne et il suffit d'un bouclage résistance-capacité pour sa mise en route .

Le self-cloking se fait entre les broches (4) et (19). Nous avons pris comme valeurs pour la résistance et la capacité 10 k Ω et 150 pF , respectivement, ce qui correspond à une fréquence d'horloge :

$$f_{\text{clk}} \approx \frac{1}{1.1 \times RC} \approx 1.65 \text{ MHz}$$

Les conversions A/N ne se faisant qu'à la demande, un signal "d'ordre de conversion" est nécessaire , il sera généré par programme et injecté à la broche (3) , qui sera reliée à la ligne PC 1 du microcontrôleur .

Le résultat de la conversion A/N se trouvera sur des sorties à 3 états qui sont les broches (11) à (18) . Ces dernières seront reliées au port B du microcontrôleur.

Cette façon d'utiliser le C.A.N est très souple . Nous avons estimé qu'un signal de " fin de conversion " issu de l' ADC 804 n'était pas nécessaire , car dans le programme que nous avons conçu , on laisse tout le temps nécessaire à l' ADC 804 pour effectuer la conversion d'une donnée , et que par conséquent il était inutile de générer une " interruption " pour savoir à quel moment aller chercher le résultat de la conversion . Il suffit donc de le charger du Port B à n'importe quel instant , pourvu qu'on ait laissé le temps requis par l' ADC pour faire toutes les opérations de conversion .

Passons maintenant à la seconde fonction de cette carte .

C'est tout simplement le traitement des données numérisées issues de l'ADC 804. Au risque de se répéter , le microcontrôleur MC 68705 P3 génère un signal " Ordre de Conversion " sur la ligne PC 1 , qui est reliée à la broche (3) de l'ADC.

Dès réception de ce signal , le convertisseur se met à numériser la donnée analogique qui se trouve sur sa broche (6) , et à la fin de la conversion , il place le résultat sur son port de sortie (lignes 11 à 18) .

Les données à traiter par le MC , se retrouvent sur son Port B .

A la mise sous tension , ou après un Reset , le MC aura pour mission d'afficher la valeur de la tension aux bornes de la batterie .

Comme dit plus haut , les seules tensions qui nous intéressent , sont celles se trouvant entre 10 V et 15.1 V .

L'autre mission du MC , est de calculer et afficher le pourcentage de capacité de la batterie . Cela se fait à la demande de l'utilisateur, à n'importe quel moment, et donc le programme effectuant cette tâche doit s'amorcer par " Interruption Matérielle " et cela grâce à la broche (2) du MC , qui est la broche " Entrée d'interruption " .

Comme vous pouvez le constater , ces deux missions sont prises en charge par le MC en intervenant soit sur le Reset , soit sur l' " Entrée interruption " .

Il y a une troisième mission effectuée par le MC. C'est le calcul de la capacité de la batterie périodiquement, sans que l'opérateur n'ait à intervenir , ce qui constitue l'essence même du contrôle permanent de la capacité de la batterie .

La figure VI-3 nous montre les détails de branchement du MC avec ses périphériques .

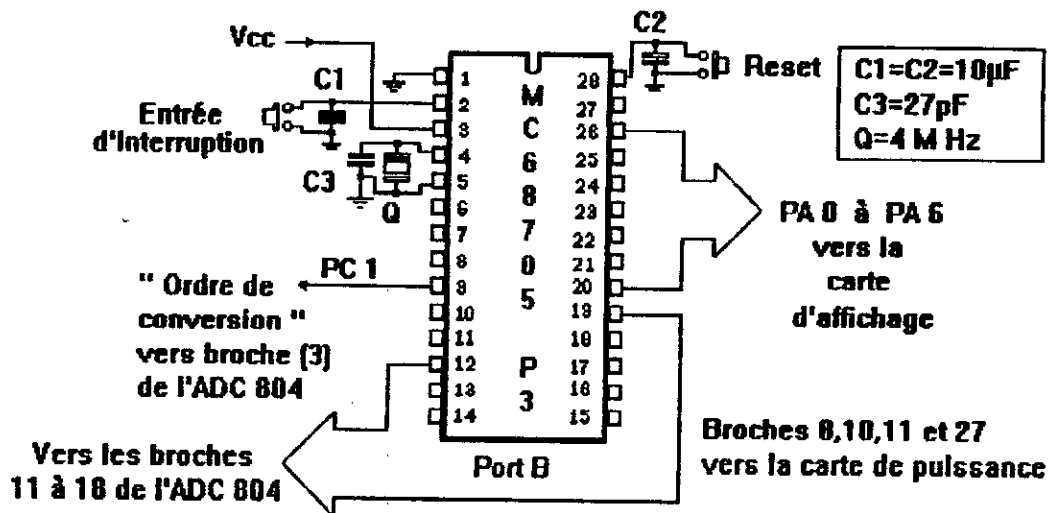


Figure VI-3 : Liaisons MC 68705 P3 / Périphériques

VI-1-2. Carte d'affichage :

Quelle que soit la tâche que devra accomplir le microcontrôleur , l'opérateur doit pouvoir *visualiser* les paramètres de la batterie qui sont : sa tension à ses bornes et son pourcentage de capacité .

L' affichage est réalisé simplement et efficacement , autour de composants largement disponibles .

Commençons d'abord par détailler la carte d'affichage , avant de parler de son processus .

La figure VI-4 nous donne le schéma d'implantation de la carte d'affichage .

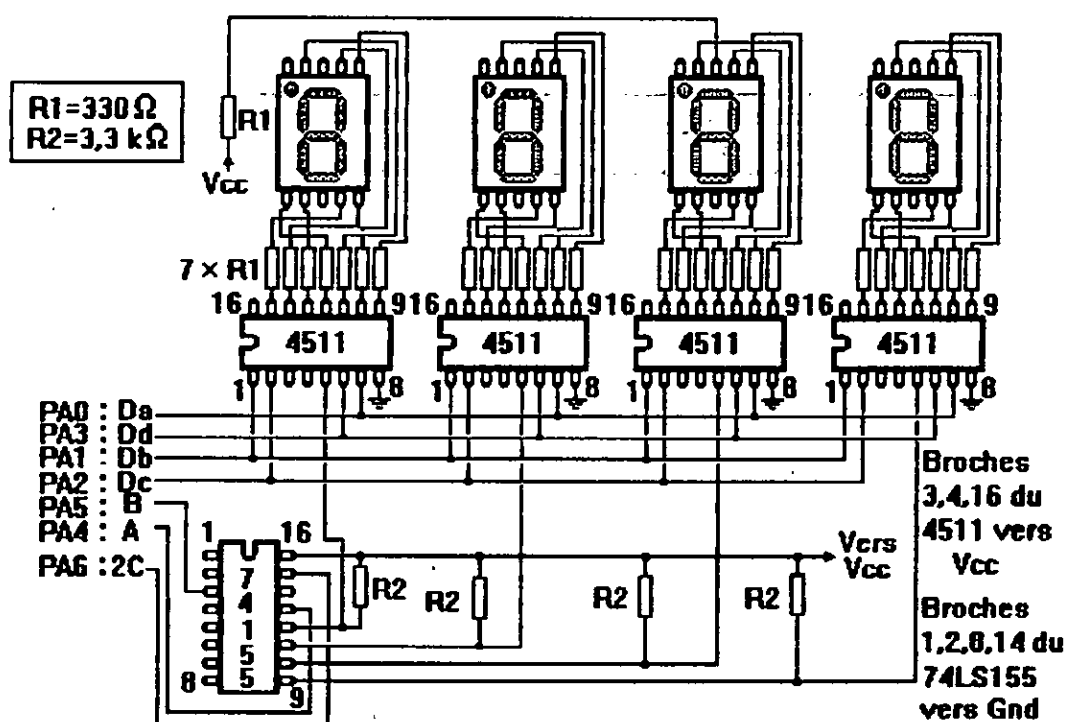


Figure VI-4 : La carte d'affichage .

Nous avons utilisé :

- 4 afficheurs LED, 7 segments à cathodes communes de référence : LDS 5050.
- 4 décodeurs BCD-7segments à mémoire , de technologie CMOS : 4511 .
- 1 décodeur de 1 parmi 4 , de technologie TTL : 74 LS 155 .

Chaque décodeur BCD-7 segment est associé à un afficheur .

Le décodeur de 1 parmi 4 servira à aiguiller la donnée vers le bon afficheur .

Le choix de cette structure d'affichage sera justifié après compréhension du processus d'affichage .

• **Procédé d'affichage :**

Il faut savoir que pour l'affichage d'une quelconque valeur de tension , ou de pourcentage de capacité de la batterie , le processus d'affichage est le même .

Soit l'affichage d'une tension , mesurée aux bornes de la batterie .

Comme nous avons quatre afficheurs ; le premier servira à visualiser les dizaines, le second les unités , et les deux derniers afficheront les deux chiffres décimaux .

Comment fait-on pour afficher une tension ?

Le mieux serait de prendre un exemple illustratif .

Soit $V = 12.38 \text{ V}$, nous utiliserons les notations suivantes :

D : les dizaines : 1^{er} afficheur .

U : les unités : 2^{ème} afficheur .

Dec1 : la première décimale : 3^{ème} afficheur .

Dec2 : la deuxième décimale : 4^{ème} afficheur .

Dans notre cas :

$D = 1$, $U = 2$, $Dec1 = 3$, $Dec2 = 8$

Pour des raisons de commodité de langage, chacune de ces valeurs sera considérée comme une " donnée " indépendante de la donnée réelle qui est de 12.38 V .

Ces données se retrouveront , les unes après les autres dans l'accumulateur A . Elles seront ensuite déposées dans l'ordre D , U , Dec1 , Dec 2 , dans le Port A . Ainsi , D sortira la première , puis U , puis Dec1 et enfin Dec 2 .

D , U , Dec1 , Dec2 sont codées en BCD (sur quatre bits) , leurs codes seront déposés sur les lignes PA 0 , PA 1 , PA 2 , PA 3 qui sont reliées aux lignes d'entrées de données Da , Db , Dc et Dd des décodeurs BCD-7 segments .

L'affichage proprement dit des données , ne pourra se faire , qu'après leur *mise en forme* . Ainsi , on ajoute à chaque donnée , trois bits , qui serviront de *commande* pour :

- la sélection du décodeur associé à la donnée en question ,
- le *verrouillage* du décodeur , pour mémorisation .

La donnée à afficher aura , après mise en forme , la structure suivante :

	PA 6	PA 5	PA 4	PA 3	PA 2	PA 1	PA 0
	2 C	B	A	Dd	Dc	Db	Da
Ce bit sert à verrouiller le décodeur BCD-7 seg pour mémoriser la donnée .	Sélection d'un décodeur BCD-7 seg parmi 4		Code BCD de la donnée .				

Le détail de la sélection des décodeurs (donc des afficheurs), est donné dans le tableau suivant :

PA 5	PA 4	N° de l'afficheur
0	0	1 : les dizaines (D)
0	1	2 : les unités (U)
1	0	3 : 1 ^{ère} décimale (Dec 1)
1	1	4 : 2 ^{ème} décimale (Dec 2)

Quant à la ligne PA 6 , elle sert à la validation de la sélection d'un décodeur, et à la mémorisation d'une donnée .

- Si PA 6 = 0 , on *peut* sélectionner un des 4 décodeurs ,et lui envoyer la donnée.
- Si PA 6 = 1 , tous les décodeurs sont verrouillés , et les données qui s'y trouvent sont mémorisées .

Pour notre exemple , on doit afficher 12.38 V .

Le MC commencera par générer le code suivant :

PA 6 PA 5 PA 4 PA 3 PA 2 PA 1 PA 0
 0 0 0 0 0 0 1

- PA 3 PA 2 PA 1 PA 0
 0 0 0 1 : Code BCD des dizaines , car D = 1

- PA 5 PA 4
 0 0 : Sélection du 1^{er} décodeur .

- PA 6
 0 : Validation de la sélection .

Il le dépose ensuite sur les lignes PA.0 à PA.6 de son port , après cela il verrouille le 1^{er} décodeur (pour mémoriser la donnée) en ne modifiant que la valeur du bit PA.6 , qui cette fois-ci , aura la valeur " 1 " .

Pour afficher les unités ($U = 2 = 0010$ en BCD) sur le 2^{ème} afficheur , le MC génère le code : 0010010 , puis il verrouille le décodeur des unités , afin de mémoriser la donnée , et cela en donnant au bit PA.6 la valeur " 1 " .

Même principe pour les deux décimales (Dec 1 = 3 , Dec 2 = 8) , avec les deux codes suivants :

- 0100011 , pour le 3^{ème} afficheur .
- 0111000 , pour le 4^{ème} afficheur .

La mémorisation de ces données se faisant toujours de la même manière , c'est-à-dire , en octroyant au bit PA.6 la valeur " 1 " .

Voilà décrite , dans ses moindres détails , la carte d'affichage .

Nous pouvons maintenant faire le constat suivant :

Cette méthode d'affichage , exploitant la *mémorisation* des données par les décodeurs , nous permet d'avoir l'accumulateur A du MC , libre pour d'autres tâches , une fois l'affichage d'une valeur donnée accompli .

VI-1-3. La carte de puissance :

Cette carte comprend deux circuits :

- Un circuit permettant la décharge de la batterie à un courant constant, égal au dixième de sa capacité nominale .
- Un circuit assurant, la validation ou pas, des charges alimentées par la batterie, et cela grâce à 4 relais .

Nous allons commencer par étudier le premier circuit .

• Circuit de décharge :

Il est représentée en figure VI-5. Son principe de fonctionnement est le suivant: On choisit la valeur du courant, avec lequel on veut décharger la batterie en intervenant sur les deux lignes A et B du décodeur 74 LS 155, et cela grâce à deux contacteurs (voir figure VI-6) .

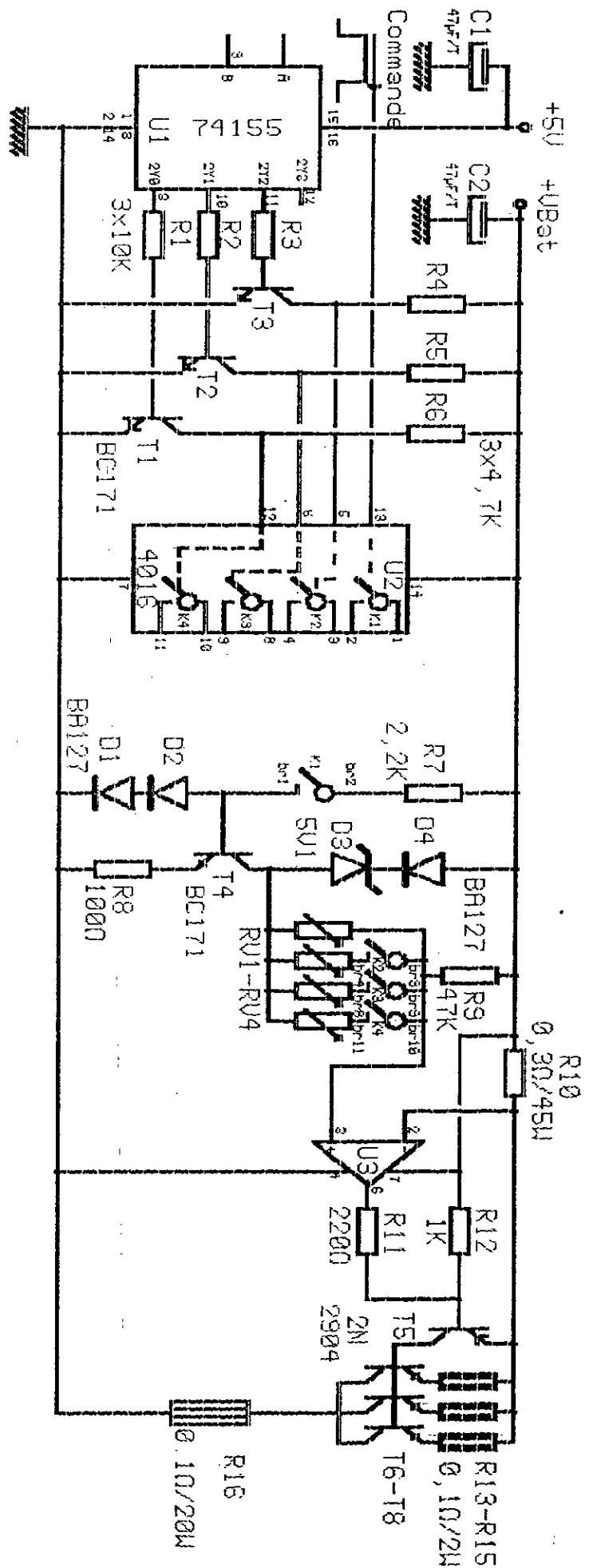


Figure VI-5 : Circuit de décharge.

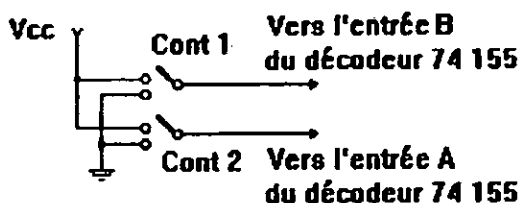


Figure VI-6 : Circuit de sélection des courants de décharge

On a 3 différentes valeurs de courant . Le choix se fait en positionnant des contacteurs ON-OFF-ON selon un des modes suivants .

Contacteur 1	Contacteur 2	Courant de décharge
0	0	I_1
0	1	I_2
1	0	I_3

Ces courant sont issus d'une *source de courants* élaborée avec les transistors T5 à T8 .

Un tarage est nécessaire pour fixer les différentes valeurs de ces courants . Il se fait à l'aide des potentiomètres RV 1 à RV 4 .

Après le choix de l'intensité avec laquelle on veut décharger la batterie , les interrupteurs intégrés K2 K3 et K4 du circuit 4016, vont se fermer sur le potentiomètre correspondant à ce courant de décharge .

Une fois le choix établi , il n'ya plus qu'à attendre le signal " Commande " , issu de la broche PC 0, pour autoriser la décharge de la batterie . Cette dernière continuera à se faire, tant que le signal de commande ne passe pas au niveau BAS .

La durée de ce signal a été fixée à 10 secondes .

Voyons plus en détail la circuiterie et le mode de fonctionnement .

Le choix d'une des possibilités des valeurs de A et B, met un niveau bas sur l'une des sorties 2Y0, 2Y 1 ou 2Y 2 du 74 155, ce qui a pour effet de bloquer le transistor correspondant à cette sortie (T1, T2 ou T3) . De ce fait, un niveau Haut se retrouvera sur la broche 12, 6 ou 5 engendrant la fermeture de l'interrupteur correspondant (K4, K3, ou K2) .

L'interrupteur se ferme sur l'un des potentiomètres RV 2, RV 3, ou RV 4, ce qui fixe le rapport entre la sortie et l'entrée de l'amplificateur opérationnel U3 .

A l'arrivée du signal de commande, l'interrupteur K1 se ferme et une tension fixée par D1 et D2 sature le transistor T4, sa tension collecteur chutera pratiquement à zéro .

Le circuit sera équivalent à :

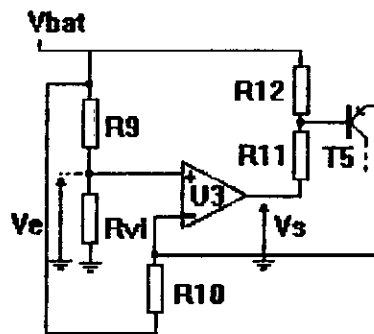


Figure VI-7

et la sortie V_s sera égale à :

$$V_s = A \frac{-R_9}{R_{v1} + R_9} V_{bat}$$

V_s varie en fonction de R_{vi} ($i = 1, 2, \text{ ou } 3$), cela veut dire qu'en changeant les potentiomètres, la tension d'attaque du transistors T5 varie, engendrant la variation du courants de sortie (courant de décharge).

Ainsi, nous avons une source de courants, commandable par tension .

•**Circuit relais :**

Ce circuit va permettre la désactivation des charges si le MC en prend la décision

Il constitué :

-d'un décodeur de deux vers quatre.

-4 bistables intégrés .

-4 relais .

Son fonctionnement, relevant plus du logiciel que du matériel, nous avons préféré intégrer sa discription dans la pertie logiciel .

VI-2. LE LOGICIEL:

Le MC doit pouvoir gérer la dépense de l'énergie stockée dans la batterie en respectant les désirs de l'utilisateur .

Nous avons pensé à un système qui prendrait une décision pour empêcher la dégradation des accumulateurs sous l'effet d'une décharge excessive , quand il est entrain d'alimenter plusieurs charges à la fois . Cette décision serait bien sûr de stopper le processus de décharge si nécessaire (si la tension venait à atteindre la zone du crochet) ou de la ralentir par souci d'économie.

Pour ce faire , le MC doit pouvoir répondre aux questions suivantes:

- 1- quelle est l'état de la batterie actuellement ?
- 2- la batterie est-elle en danger ?
- 3- Quel est le nombre de charges qu'il faut déconnecter et quelles sont les charges auxquelles il ne faut pas toucher et qui doivent être considérées comme prioritaires ?

Pour permettre au MC de répondre à cette dernière question, nous avons établi un programme qui offre la possibilité de faire entrer des données exprimant le choix de l'utilisateur concernant l'ordre des priorités.

Notre dispositif va permettre au MC de gérer le système par un programme général qui se décompose en quatre parties principales (voir l'organigramme général) :

- Entrée du choix priorité et gestion du clavier .
- Voltmètre numérique .
- Programme de contrôle automatique de la capacité .
- programme d'interruption externe (mesure de capacité).

Tous les organigrammes que nous avons établi , sont donnés en Annexe I.
Les programmes Assembleur qu'ils leurs sont associés, sont donnés en Annexe II.

VI-2-1. Entrée du choix-priorité et gestion du clavier :

Cette partie du programme constitue le pont permettant la communication MC - UTILISATEUR. En effet cette partie offre à l'utilisateur la possibilité d'informer le MC de ses exigences en faisant entrer des données par le biais d'un système de touche géré par une boucle de scrutation utilisant quatre bits du port B (voir figure VI-8) .

Le programme est conçu de façon à offrir le maximum de simplicité d'utilisation .

•**Détail du programme :** (voir l'organigramme général) .

- Le programme commence par l'initialisation des ports .Les quatre premiers bits (Pb0 à Pb3) du port B se chargent de la gestion du clavier.

Les bits Pa0 jusqu'à Pa6 du port A sont consacrés à la visualisation des données à enregistrer, ils sont donc mis en sortie .

- Le MC accède à une cellule mémoire de la RAM notée (M) et y sauvegarde la valeur Y_0 (Y_0 est une valeur qui sera choisie pour désigner un rang d'une position mémoire libre de la RAM) .

- Extinction de tous les afficheurs afin d'indiquer à l'utilisateur que le MC est prêt à recevoir les données .

- Le MC entre alors dans une phase de scrutation permanente.

Le circuit du clavier est matricé en lignes et en colonnes ces dernières étant ramenées au niveau logique " 0 " .

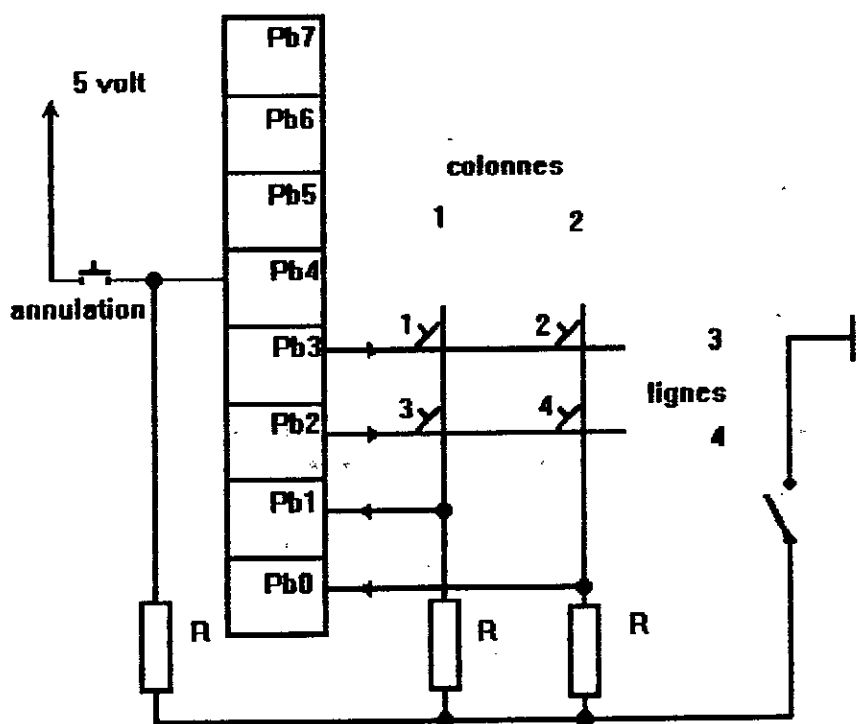


Figure VI-8 : Gestion clavier .

Les lignes Pb0 et Pb1 du port B sont mises en entrée et les lignes Pb2 Pb3 en sortie.

La ligne Pb4 est associée à la touche d'annulation, elle est mise en entrée.

Un "1" logique est envoyé sur la ligne Pb3 pour un premier cycle de scrutation clavier.

Aucune touche de la ligne 3 n'étant enfoncée, les lignes Pb0 Pb1 resteront à 0. Un "1" logique est maintenant envoyé sur la ligne Pb2. Cette fois la touche (3) ayant été enfoncée; le code 10 apparaît sur les lignes Pb1 Pb0. Le code binaire totale du port B est donc 00000110 ce qui nous donne, en hexadécimal le code 06. Le microcontrôleur va considérer ce code comme une adresse et ira chercher à celle-ci, son contenu. Dans notre cas, le contenu de l'adresse 06 sera le code binaire du chiffre (3), ce code ayant été mis à cette adresse par nos soins lors de la programmation du microcontrôleur.

Il en est de même pour tous les codes des quatre touches de (1) à (4) qui auront été mis aux différentes adresses générés lors de la lecture du clavier (voir tableaux).

Chiffre	Code clavier	Adresse en hexadécimal
1	00001010	0A
2	00001001	09
3	00000110	06
4	00000101	05

Pb 7	0		Pb 7	0
Pb 6	0		Pb 6	0
Pb 5	0		Pb 5	0
Pb 4	0		Pb 4	0
Pb 3	1 →		Pb 3	0 →
Pb 2	0 →		Pb 2	1 ↗
Pb 1	0 ←		Pb 1	1 ↘
Pb 0	1 ←		Pb 0	0 ←
Premier cycle			Second cycle	

Admettons maintenant qu'aucune touche n'ait été enfoncée, le microcontrôleur va revenir à son point de départ, après avoir fait passer successivement un "1" logique sur les lignes Pb3 et Pb2 et recommencer une nouvelle lecture.

Le MC entreprend ensuite l'affichage du chiffre appuyé et le stocker dans une position mémoire d'adresse égale à la valeur qui se trouve dans (M).

Cette adresse est aussi le rang de la donnée entrée ,qui détermine l'ordre de priorité; le chiffre détermine le numéro de la charge correspondante.
La position mémoire (M) est incrémentée puis lue pour voir si elle a atteint la limite (Y_0+4) ; il n'existe que 4 niveaux de priorité.

Si le test est négatif , le MC revient pour scruter le clavier et chercher la donnée suivante , après avoir être assuré que la dernière touche appuyée ait été relâchée.Le MC recommence cette opération jusqu'à ce que la limite Y_0+4 de la position mémoire (M) soit atteinte , à ce moment là , le MC affiche l'ordre des priorités sur les quatre afficheurs tout en scrutant la touche d'annulation et ce pendant 10 secondes .

La touche d'annulation n'appartient pas à la matrice formée par les lignes Pb0 à Pb3 du port B . Elle n'obéit pas à la même logique de scrutation .
Pour savoir si la touche d'annulation a été enfoncée nous avons mobilisé la ligne Pb4 du port B.
Nous avons forcé celle ci à "0" par l'intermédiaire d'une résistance, l'activation de la touche d'annulation ramène le bit Pb4 au niveau logique " 1 " . Le MC détectera ce passage à "1"et annulera la donnée précédemment entrée.

Après avoir transmis au MC toutes les données traduisant le choix définitif de l'utilisateur concernant les niveaux de priorités du système , le MC passe au programme du voltmètre numérique .

VI-2-2. Le voltmètre numérique :(voir organigramme général) .

Le C.A.N délivre une valeur en binaire appartenant à l'ensemble (00,.....,FF), soit 256 valeurs possibles .

Les valeurs à afficher sont comprises entre 10.00 V et 15.10 V avec un pas de progression de 0.02 volt . Avant d'expliquer notre approche on multiplie ces valeurs par cent afin de mieux saisir le procédé de mesure est d'affichage .De toute façon cela ne changera rien au problème du moment qu'il suffit d'ajouter le point décimal pour revenir aux valeurs réelles de la tension à afficher.

Nous avons affecté une case mémoire pour chaque chiffre :

- les unités : case (U)
- les dizaines : case (D)
- les centaines : case (C)
- les milliers : case (M)

* Nous avons fixé l'état initial de ces case mémoire a ($U=0, D=0, C=0, M=1$) ce qui correspond à la valeur 1000 avec le point décimal on a la valeur 10.00 qui correspond bien sûr à la plus petite valeur à afficher .

* Il est à remarquer que le pas correspond à 2 unités , que 5 pas correspondent a une dizaine et que 50 pas correspondent à une centaine ...

Ceci est la clé qui résoudra le problème du procédé d'affichage .

En voici les étapes :

- On charge l'accumulateur par la valeur acquise via le C.A.N
- On compare cette valeur à 50 (décimal).
On teste si cette donnée acquise est supérieure à 50 ce qui signifie que notre valeur contient au moins 100 unités .
- Si le test est positif ,alors on incrémente la position mémoire (C), puis on soustrait 50 de la donnée.
- Et on recommence le test jusqu'à ce qu'il devienne négatif, ainsi cette boucle épuisera et comptabilisera toutes les centaines contenues dans la donnée acquise.
- Si le test précédent s'avère négatif, on compare la nouvelle valeur à 5
- Si elle lui est supérieure ce qui signifie qu'elle contient au moins une dizaine d'unités -après avoir été tronquée de ces centaines dans la boucle précédente - on incrémente la position (D)
- On soustrait 5 de la donnée modifiée et on recommence le test jusqu'à ce qu'il devienne négatif, ainsi cette boucle épuisera et comptabilisera toutes les dizaines contenues dans la valeur acquise .
- Quand le test précédent devient négatif, on affecte ce qui reste de la valeur acquise - après avoir été tronquée des centaines et des dizaines - à la case mémoire (U) après l'avoir multipliée par deux .
- Dans tout le programme la valeur affectée à la case (M) reste inchangée .

Le programme du voltmètre numérique est associé à un test de la valeur acquise par l'ADC804 . Le MC détermine si la donnée entrée est supérieure à la tension limite de bon fonctionnement de l'accumulateur (tension de sulfatation).

Si le test est négatif le MC désactive le système d'alimentation.

VI-2-3. Programme de contrôle automatique de la capacité :

(voir organigramme de gestion des priorité)

La mesure et le contrôle de la tension de la batterie se fait dans un même cycle qui correspond à la plus petite décrémentation d'un système de trois boucles imbriquées.

Ainsi, à des intervalles de temps réguliers le MC procéde à des mesures automatiques de la capacité .

Le MC mesure la tension de la batterie avant l'activation d'une décharge qui dure dix secondes, il procéde de nouveau à une seconde mesure juste avant la fin de la décharge. Le calcul de la différence des deux tensions mesurées renseigne le MC sur l'état de charge de la batterie.

Le MC fait correspondre le ΔV calculé à quatre intervalles de différents pourcentages dont la réunion constitue la plage de 0 à 100 % de la capacité nominale .

Dans notre application, nous avons opté pour un découpage uniforme, c'est à dire des intervalles de 25% de largeur chacun.

L'appartenance de la valeur ΔV calculée précédemment à un de ces intervalles déterminera le nombre de charges qui doivent être déconnectées, comme indiqué dans le tableau suivant :

Plages de % de la capacité nominale	Nombre de charges à désactiver
75 % - 100 %	0
50 % - 75 %	1
25 % - 50 %	2
0 % - 25 %	3

En s'appuyant sur les données déjà acquises via le clavier, sauvegardées dans les positions d'adresse Y_0 , Y_0+1 , Y_0+2 , Y_0+3 et qui représentent l'ordre des priorités des charges, le MC déterminera alors les charges à désactiver suivant leurs niveaux de priorité.

Le programme se présente comme suit:

Etape 1 : le MC active la conversion par un niveau bas sur la ligne Pc1 relié au CAN , ce niveau bas est maintenu dans la broche 3 de l'ADC804 le temps de décrémentation de deux boucles imbriquées, ainsi l'ADC aura tout le temps nécessaire pour convertir la tension de la batterie et la déposer sur son bus de données, après quoi, le MC remet le bit Pc1 au niveau haut pour verrouiller l'information .

Etape 2 : le MC procède à l'acquisition de la première donnée (tension de la batterie avant la décharge) et sauvegarde celle-ci dans la cellule mémoire d'adresse 1A .

Etape 3 : activation de la décharge en envoyant un niveau logique '1' sur la ligne Pc0 du port C ; ce niveau doit être maintenu durant toute la durée de la décharge.

Etape 4 : cette durée est délimitée par trois boucles de décrémentation imbriquées. La temporisation est ajustée par la position mémoire qui correspond à la boucle comprenant les deux autres . Nous avons constaté que dix secondes étaient nécessaires afin d'observer une chute de tension pouvant être décelée par le CAN dont la résolution est de 5 mV correspondant à 20 mV au niveau de la batterie .

Etape 5 : à la fin de cette temporisation, le MC procède à une seconde phase d'ordre de conversion et d'acquisition de donnée par le port B, comme dans les étapes 1 et 2, seulement cette fois la donnée D_2 sera sauvegardé dans l'adresse 1B .

Etape 6 : stopper la décharge de la batterie par un niveau bas sur ligne Pc0;

Etape 7 : le MC calcule la différence $D_1 - D_2$ en chargeant le contenu de l'adresse 1A dans son accumulateur, puis en soustrait le contenu de l'adresse 1B. Le résultat se trouvera dans l'accumulateur A .

Etape 8 : on compare le contenu de l'accumulateur A (la différence $D_1 - D_2$) successivement aux valeurs 19_H , 32_H et 64_H .

Si le contenu de A est inférieur à une de ces valeurs le MC se branche au début d'un sous-programme de désactivation de charge en s'appuyant sur le contenu des adresses Y_0 , Y_0+1 , Y_0+2 et Y_0+3 .

La fin de chaque sous-programme rebranchera le MC en début de programme du voltmètre numérique.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous le détail du plus important de ces sous-programmes, celui-ci est chargé de fournir les instructions permettant au MC de désactiver trois charges en ne laissant que la plus prioritaire .En voici les étapes :

Etape 1 : l'accumulateur charge le contenu de l'adresse Y_0+3 (la charge de priorité 4). Il procède ensuite à des comparaisons successives avec les valeurs 1, 2 et 3.

Si le contenu de l'adresse Y_0+3 est égale à 1, cela signifie que c'est la charge n°1 qui a été préalablement choisi comme charge de priorité 4 (la première charge à être déconnectée). Le MC s'occupera donc de la désactiver en envoyant sur les deux lignes Pc2 et Pc3 du port C le niveau logique 0 correspondant au code du relais lié à cette charge.

Il en est de même, si le contenu de Y_0+3 est égal à 2 ou à 3, sauf que les codes à générer sur les lignes Pc2 et Pc3 différeraient (voir tableau suivant).

Code de désactivation (Pc 2 , Pc 3)	Numéro de la charge à désactiver
0 0	1
0 1	2
1 0	3
1 1	4

Si aucun des trois tests ne s'avère positif, le MC procédera à la désactivation de la charge n°4 .

Etape 2 : après avoir déconnecté la charge de priorité 4, l'accumulateur charge le contenu de l'adresse Y_0+2 (charge de priorité 3), elle subira par la suite le même traitement. Et on identifiera la charge de priorité 3 à désactiver;

Etape 3 : même traitement concernant l'adresse Y_0+1 qui correspond à la désactivation de la charge de priorité 2.

La dévalidation des charges se fait par le biais du circuit de relais .Son schéma est donné en figure VI-9 .

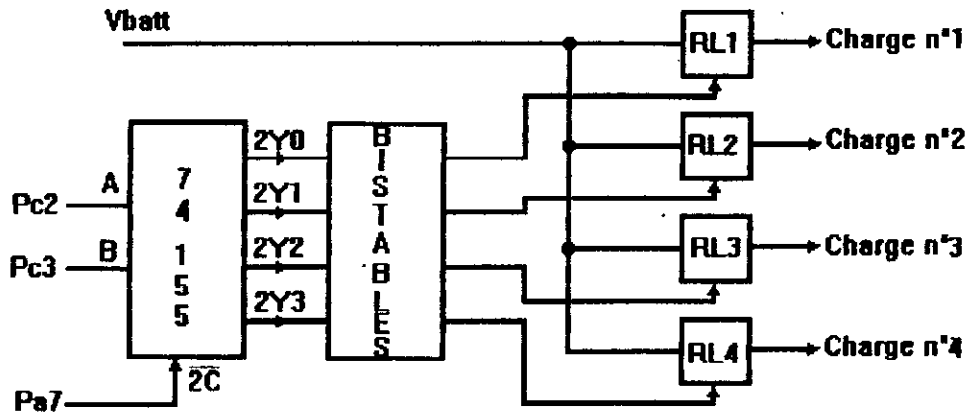


Figure VI-9 : Schéma de principe du circuit relais .

Les deux lignes Pc2 et Pc3 sélectionnent une des quatre sorties du décodeur, qui passe au niveau bas. Cette transition fait basculer le bistable associé à la ligne en question .

Un niveau haut sur la sortie du bistable ferme le relais .

Un niveau bas, ouvre le relais, ce qui a pour effet de désactiver la charge .

Notons que Pa 7 sert à autoriser la désactivation des charges au moment voulu .

Pour mieux saisir le fonctionnement , nous donnons l'exemple suivant (voir figure VI-9) :

Après avoir effectué la mesure automatique de la capacité , le MC se branche à un sous programme, pour désactiver la charge la moins prioritaire .

Supposons que c'est la charge n°3 .Le MC génère le code 10 sur les lignes Pc3 Pc2 .

Ce code est transmis au décodeur afin de générer une transition sur la sortie 2Y₂.

Le MC met au niveau bas la ligne Pa 7, ce qui a pour effet d'autoriser la transition dans la ligne 2Y₂ du décodeur .

Suite à cela, le bistable n°3 bascule au niveau bas et déconnecte ainsi la charge n°3, en ouvrant son relais .

A l'issue de ce programme le MC se branchera au début du programme du voltmètre numérique pour un prochain cycle .

VI-2-4. Programme d'interruption externe :

(voir l'organigramme du même nom)

C'est le programme qui affiche la capacité suite à une demande de l'utilisateur.

Il s'effectue donc à la suite d'une interruption matérielle .

La capacité est fonction de la différence de tension ,entre l'état finale et initial (avant la décharge) de la batterie .

Pour les faibles capacités (moins de 50% de la capacité nominale) nous utilisons un programme qui donnera le résultat avec une résolution de 10 % (voir table des capacités en Annexe 4) .

•*Détail du programme de mesure de la capacité :*

Etape 1 : l'initialisation de ce programme est identique à celle du voltmètre numérique .

Etape 2 : c'est la génération de la table des capacités supérieures à 50% de la capacité nominale, les valeurs des capacités seront logées dans la RAM dans des positions allant de 25_{II} à 56_{II} , en tout 49 positions mémoire qui contiendront les valeurs allant de 50% à 99% de la capacité .

Etape 3 : le MC donne l'ordre de conversion en envoyant un zéro logique sur la ligne Pc₁ qui est relié au CAN. Ce niveau doit être injecté dans la broche 3 de l'ADC804 pendant une durée déterminée par une boucle qui décrémente deux positions mémoires initialement chargées à la valeurs FF. Cette boucle devrait laisser tout le temps nécessaire au CAN pour convertir la tension de la batterie et la présenter sur son bus de données (lié directement au port B). Après quoi, il remet le bit Pc₁ au niveau 1 pour verrouiller l'information .

Etape 4: le MC procède à l'acquisition de la première donnée D₁ disponible sur le port B en la chargeant dans son accumulateur,et la sauvegarde dans la cellule mémoire 20 .

Etape 5: pour signaler à l'utilisateur que le MC a acquit la première donnée, on affiche un '1' dans le premier afficheur .

Etape 6: l'affichage du '1' indique aussi l'activation de la décharge qui se fait par le biais de la ligne Pc0 du port C, en envoyant sur celle-ci le niveau logique '1'.

Etape 7 : l'activation de la décharge doit se faire pendant 10 secondes .Pour bien avoir cette temporisation nous avons opté pour une boucle de décrémentation à base de trois positions mémoire, une des boucles comprenant les deux autres nous servira à ajuster la durée à dix secondes .

Etape 8 : à la fin de cette temporisation on affiche un '2' sur le premier afficheur pour signaler le début de la deuxième phase d'acquisition .

Etape 9 : deuxième ordre de conversion et acquisition de la donnée par le port B d'une manière identique à celle des étapes 3 et 4 seulement la donnée D_2 sera stockée dans l'adresse 21 et la fin de l'acquisition marquera la désactivation de la décharge en envoyant '0' sur la ligne Pc0;

Etape 10 : calcul de la différence $D_1 - D_2$; on charge le contenu de l'adresse 20 dans l'accumulateur A et on lui soustrait le contenu de l'adresse 21 . Le résultat sera dans l'accumulateur A .

Etape 11 : on compare le contenu de l'accumulateur qui n'est autre que la différence $D_1 - D_2$ (exprimant ΔV) successivement aux valeurs 96_H , 82_H , $6E_H$, $5A_H$, 46_H , 32_H , 00_H . Si le contenu de l'accumulateur est supérieur à une de ces valeurs (sauf pour la valeur 00), le MC se branchera au début du sous-programme d'affichage de la capacité correspondante .

Ces sous programmes afficheront respectivement -s'ils venaient à être activés- (00%), (10%), (20%), (30%), (40%), (50%) .

Si aucun de ces sous-programmes n'a été activé ,le MC vérifie si le contenu de l'accumulateur A ($D_1 - D_2$) est nul. Si le test est positif alors il se branche à un sous-programme pour afficher 100%.

Etape 12: Si le test précédent s'avère négatif , cela signifie que la valeur de la capacité est supérieure à 50% de la capacité nominale.

Le MC convertit le contenu de l'accumulateur A en une valeur qu'il considérera comme l'adresse qui contient le pourcentage à afficher .

L'opération de conversion est simple .

$$32_H - (D_1 - D_2)_H + 25_H = \text{adresse correspondante}$$

Cette adresse sera logée , à la fin de l'opération dans l'accumulateur A . Le MC doit l'identifier pour aller chercher la donnée à afficher .

Etape 13: L'identification de l'adresse se fait par simple boucle de comparaison .

On charge l'accumulateur X par la valeur 25 qui est le plus petit rang des adresses contenant les capacités .

La boucle commence par le stockage du contenu de X dans l'adresse 13 . On compare alors le contenu de A (censé être l'adresse recherchée) au contenu de la cellule mémoire 13 (c'est à dire la valeur 25) . Si les deux contenus sont égaux , cela signifiera que X contient l'adresse recherchée . Sinon on incrémente X et on recommence jusqu'à ce que l'on trouve l'adresse recherchée .

Etape 14: L'adresse trouvée contient la valeur de la capacité en hexadécimal. Une conversion (hexadécimale- décimale) est donc nécessaire. Pour ce faire nous avons mobilisé deux positions mémoires d'adresses 22 et 23 , afin de décomposer la donnée codée en hexadécimal en deux octets représentant les deux chiffres de la base décimale .

- 1- Nous avons fixé l'état initiale de ces deux cellules à la valeur (00).
- 2- On soustrait 32_H (soit 50) de la valeur à traiter .
- 3- On compare cette nouvelle valeur à $0A_H$ (soit 10) .
- 4- On teste si elle est supérieur à $0A_H$, ce qui signifie qu'elle contient au moins une dizaine.
- 5- Si le test est positif , on incrémente la position mémoire 22, puis on soustrait $0A$ de la donnée .Et on recommence le test jusqu'à ce qu'il devienne négatif , ainsi cette boucle épuisera et comptabilisera toutes les dizaines contenues dans la donnée .
- 6- Quand le test devient négatif , on ajoute à la position 22 la valeur 05 pour rétablir les dizaines précédemment ôtées (-1-).
Cette façon de faire est plus rapide car on n'a nul besoin de comptabiliser les 5 premières dizaines car il est certain qu'elles existent .
- 7- On compare la nouvelle valeur à 1_H .
Si elle lui est supérieur (ce qui signifie qu'elle contient au moins une unité) ; on incrémente la position 23 .
- 8- On décrémente l'accumulateur A et on recommence le test jusqu'à ce qu'il devienne négatif .
Ainsi cette boucle épuisera et comptabilisera toutes les unités contenues dans la valeur codée en hexadécimal après avoir été tronquée de toutes ses dizaines .
A la fin de cette boucle, la valeur à afficher se retrouvera dans les adresses 23 pour les unités et 22 pour les dizaines .On les affichera respectivement sur les afficheurs 3 et 4.

A la fin, on déclenche un compte à rebours pour permettre la visualisation de la capacité mesurée pendant environ une dizaine de seconde.

Le MC achève le programme d'interruption externe par le retour au programme principal .

Voilà qu'est décrite notre réalisation .

CONCLUSION

Au terme de notre travail , cette étude de par sa structure apparaît intéressante . En effet notre projet a abordé les deux aspects qui constituent l'essence même de l'électronique, à savoir; la partie *logiciel* et la partie *matériel* .

L'objectif recherché étant d'une part, de connaître à tout moment l'état de charge d'une batterie et d'autre part de susciter la prise de décision quant au choix des priorités du système d'alimentation .

Le dispositif que nous avons réussi à mettre au point, est apte à gérer la capacité de tout type de batterie, dans la mesure où la conception du programme de gestion permet à l'appareil de s'adapter à plusieurs situations .

En effet, la table des capacités d'une batterie, peut varier d'un modèle à l'autre, mais comme notre programme a été élaboré sous forme de modules, il suffit d'implémenter la table qui correspond à un type de batteries donné pour pouvoir assurer aisément sa gestion .

Ainsi, ce caractère évolutif, confère à notre système une certaine *universalité* quant à la gestion des batteries .

Sur un autre plan, il convient de préciser qu'après nous être familiarisés avec le microcontrôleur MC 68705 P3, nous nous sommes vite rendus compte que sa capacité de traitements et sa souplesse d'utilisation pouvaient nous permettre d'aller au-delà des exigences du cahier des charges initialement établi .

C'est ainsi que nous avons réussi à doter notre appareil d'un système de communication via un clavier, permettant à l'opérateur d'exploiter l'énergie de la batterie au gré de ses besoins .

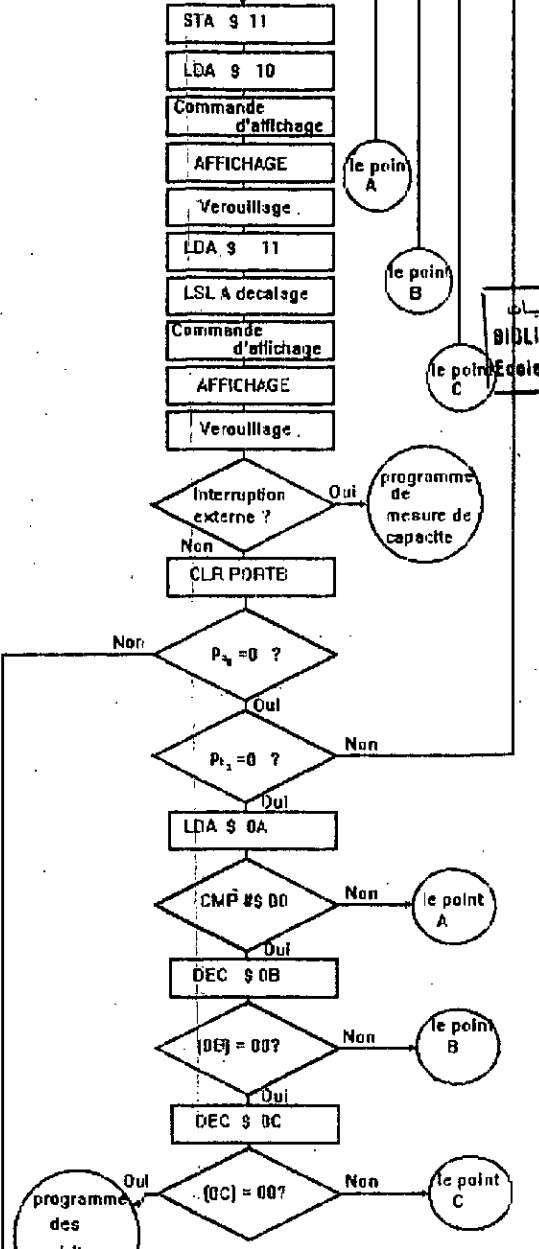
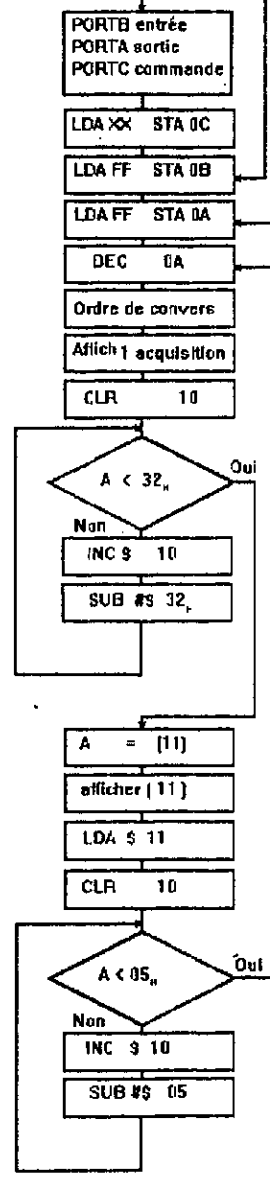
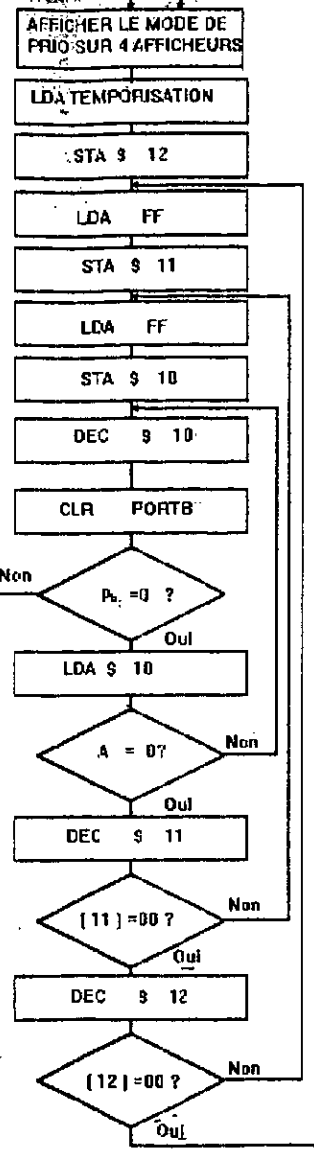
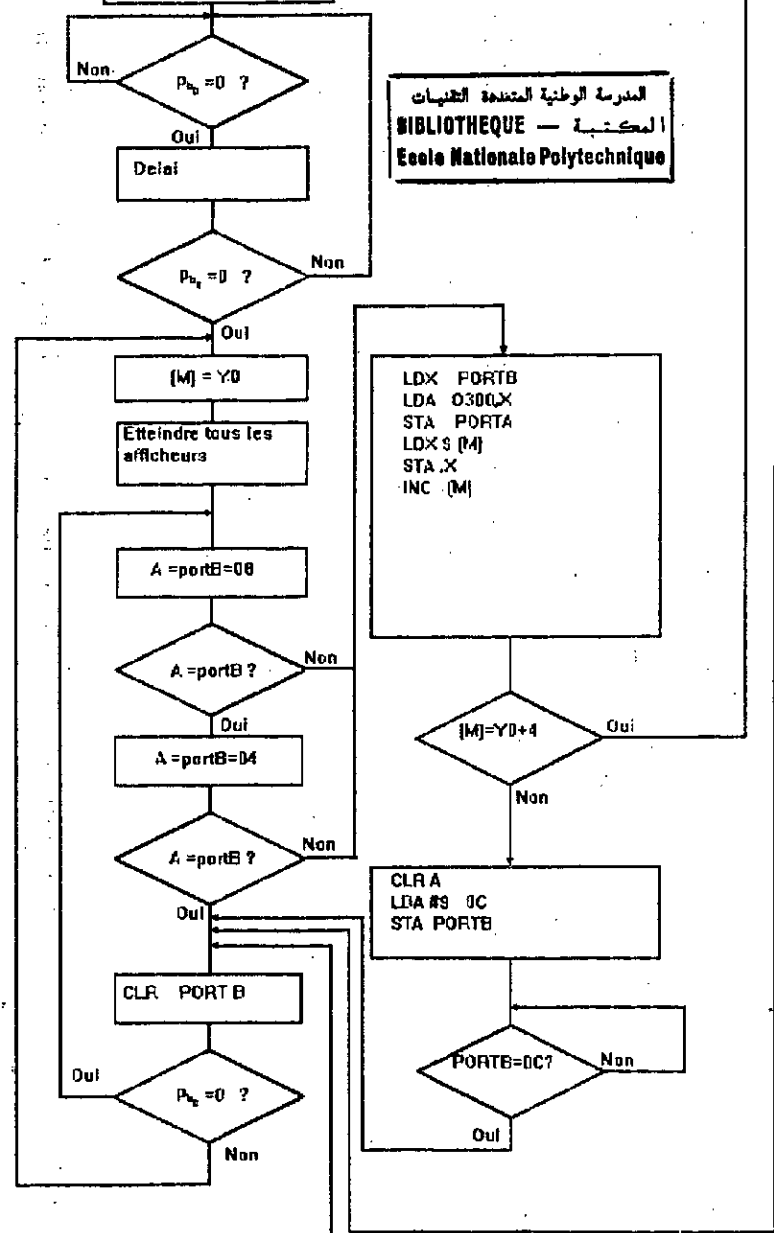
Il est évident que malgré tous les efforts déployés pour sa mise au point, le système est susceptible de perfectionnements grâce à d'autres améliorations, notamment, l'adjonction d'un circuit de charge automatique, ou l'intégration d'un capteur de température .

Pour terminer, nous tenons à signaler notre frustration du fait de l'impossibilité pour nous, de procéder à l'étalonnage de notre appareil. En effet, l'étalonnage est une opération onéreuse exigeant de surcroît beaucoup de temps. Pourtant, cette opération est indispensable pour les besoins liés à la précision des mesures et à l'amélioration des performances de l'appareil. Elle nous aurait également et assurément instruits sur les perspectives concernant les perfectionnements possibles du système .

ORGANIGRAMME GENERALE

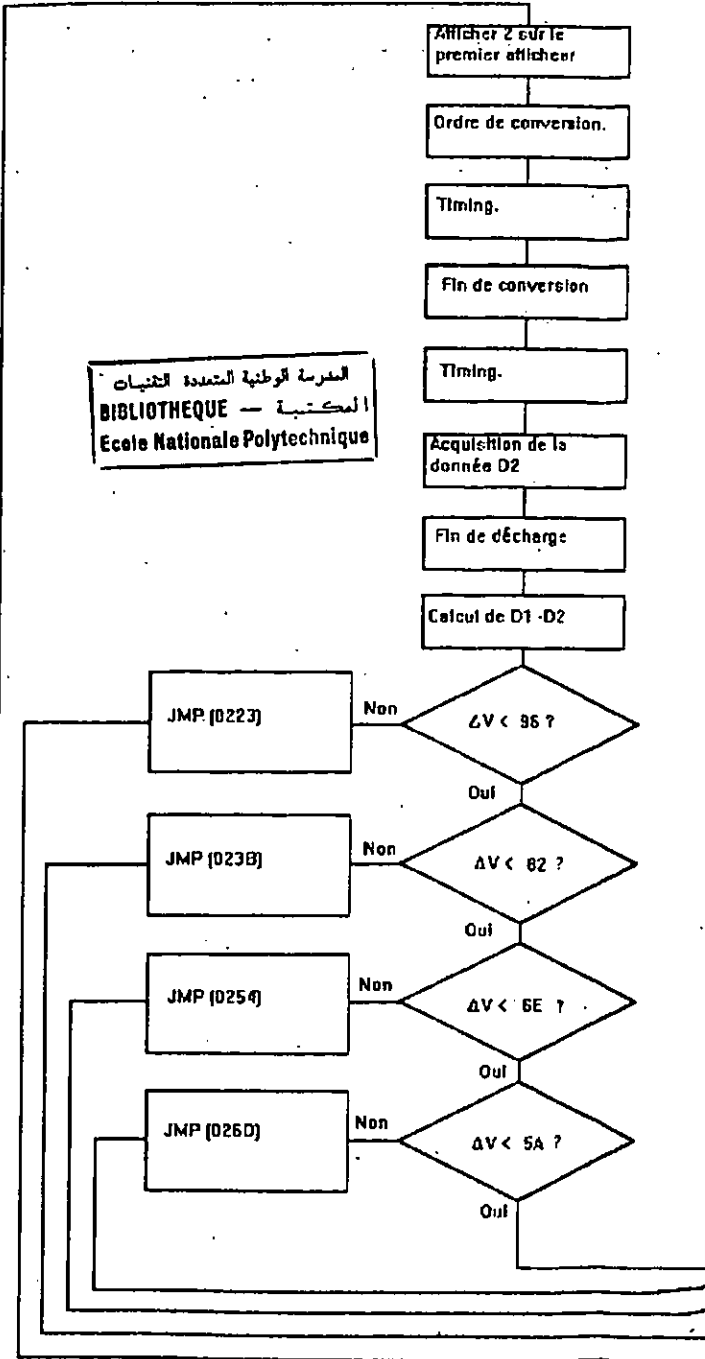
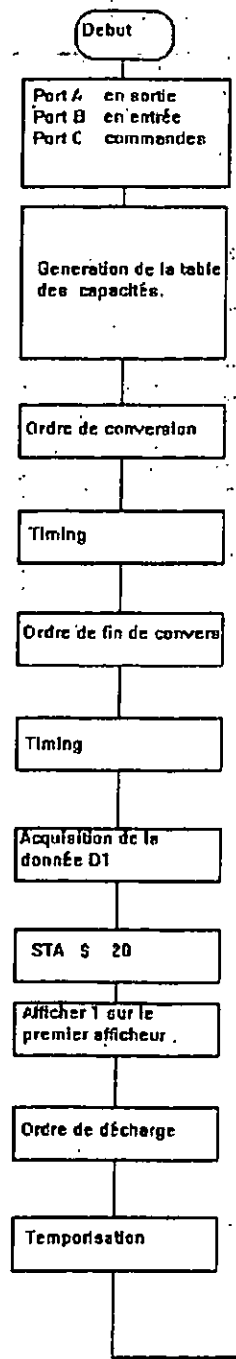
المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

P₀, P₁ en entrée
P₂, P₃ en sortie
le port A en sortie pour l'affichage.

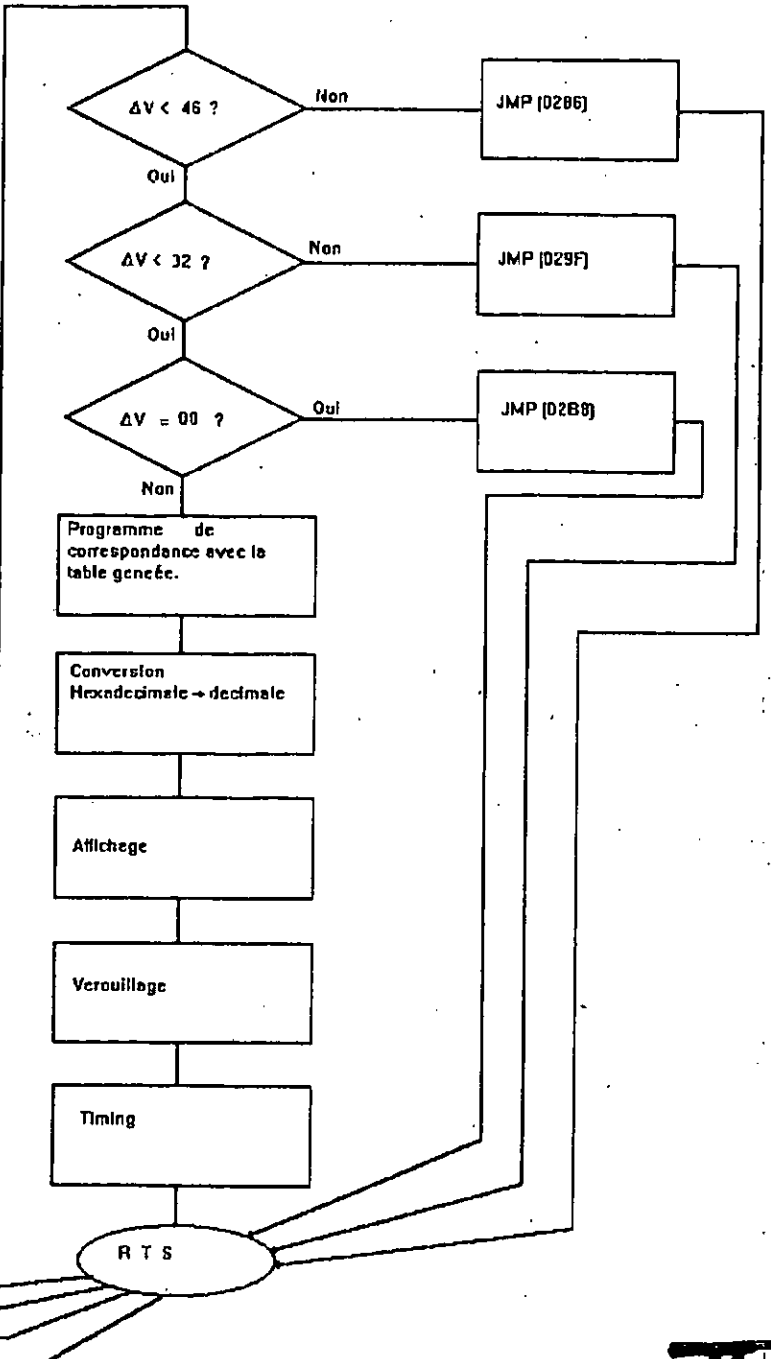


ORGANIGRAMME: Interruption Externe

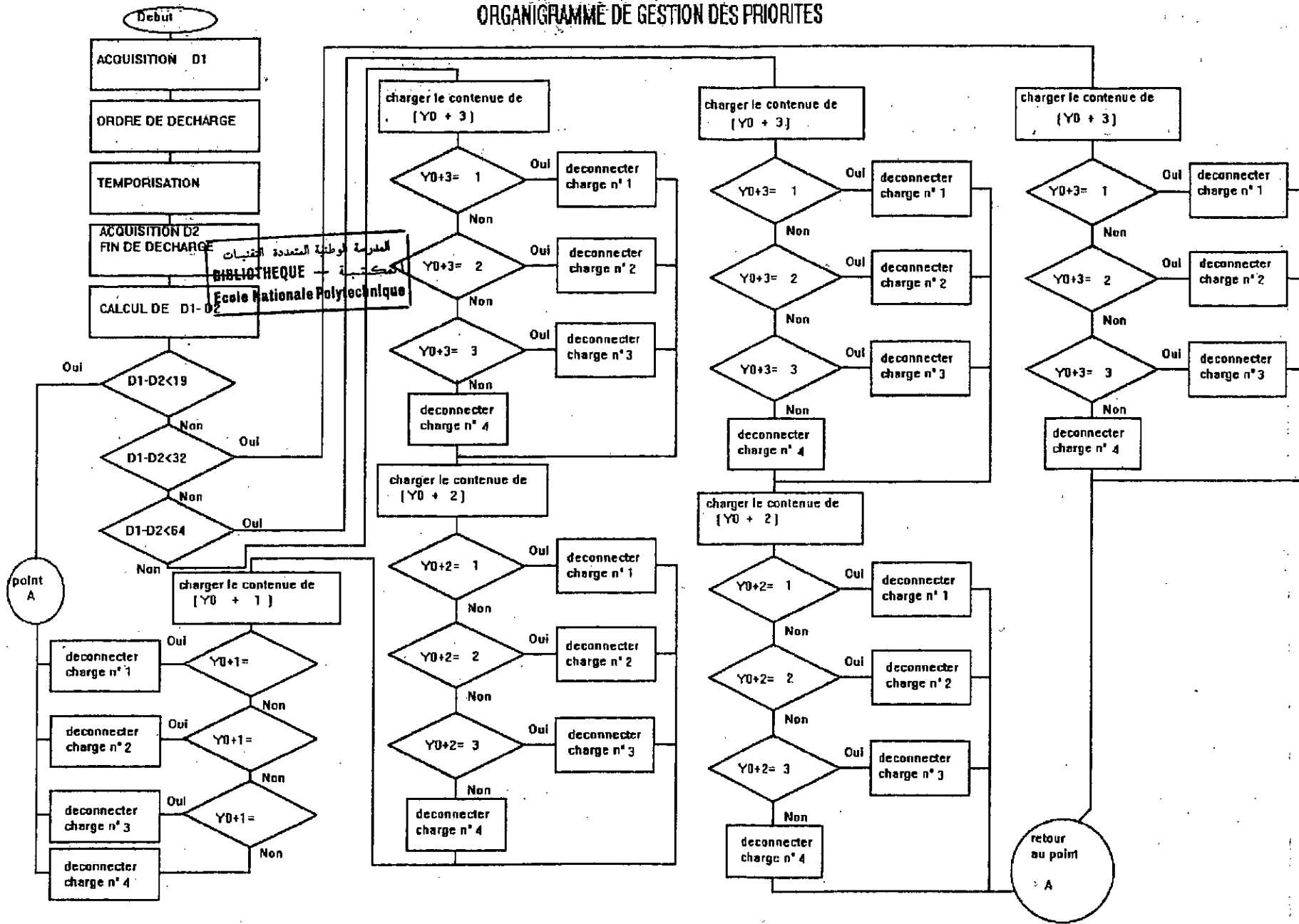
Annexe 1



المركز الوطني المتعدد التخصصات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



ORGANIGRAMME DE GESTION DES PRIORITES



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ات
BIB
Ecr



PROGRAMME ENTREE DU CHOIX-PRIORITE ET GESTION DU CLAVIER

```

LD A #$ 0C
ST A PORT B
LD A #$ FF
ST A PORT A
BCI.0 BRCLR bit0 port B BCI.4 test du bit 0 du port B
      BRA BCL1
BCL0 CLR X
      CLR A
      LDX #$ 0C
BCL3 LDA #$ FF Temporisation
BCL.2 DEC A
      BNE BCL2
      DEC X
      BNE BCL3
      BRCLR bit0 port B BCL4 test du bit 0 du port B
      BRA BCL1
BCI.4 LDA #$ Y0
      STA $ (M) Charger la position memoire (M)
                          par la valeur Y0

      LDA #$ 0F Etteindre tous les afficheurs
      STA PORT A
      ORA #$ 40
      STA PORT A
      LDA #$ 1F
      STA PORT A
      ORA #$ 40
      STA PORT A
      LDA #$ 2F
      STA PORT A
      ORA #$ 40
      STA PORT A
      LDA #$ 3F
      STA PORT A
      ORA #$ 40
      STA PORT A

```

BCL6	LDA	#\$ 08	Scrutation du clavier
	STA	PORT B	
	CMP	PORT B	
	BNE	BCL5	
	LSR	A	
	STA	PORT B	
	CMP	PORT B	
	BNE	BCL5	
BCL10	CLR	PORT B	test de la touche d'annulation
	BRCLR	bit 0 port B	BCL4
	BRA	BCL6	
BCL5	LDX	PORT B	transformatoin de la donnee en adresse
	LDA	300,X	afficher la donnee
	STA	PORT A	
	ORA	#\$ 40	
	STA	PORT A	
	LDX	\$ (M)	transferer le contenu de (M) dans X
	AND	#\$ 0F	
	STA	, X	transferer A (la donnee) dans X
	INC	(M)	
	LDA	\$ (M)	
	CMP	#\$ (Y0:4)	test de la limite
	LDX	\$ (M)	
	BNE	BCL7	
	BRA	BCL8	
BCL7	CLR	A	
	LDA	#\$ 0C	
	STA	PORT B	
BCL9	CMP	PORTB	
	BNE	BCL 9	
	BRA	BCL10	
BCL8	LDA	\$ (Y0)	Afficher le mode de priorité programmé
	STA	PORT A	
	ORA	#\$ 40	
	STA	PORT A	
	LDA	\$ (Y0:1)	
	ORA	#\$ 10	
	STA	PORT A	
	ORA	#\$ 40	
	LDX	#\$ FF	


```

        STA      $ DDRA      initialisation des port
LDA      #$ 0C      le port A en sortie pour l'affichage
        STA      $ DDRB      Pb0 et Pb1 entree , les autres lignes du port B en
                               sortie

        STA      PORT A
BRCLR   bit0 du portB
        STA      PORT A
LDA      $ (Y012 )
ORA      #$ 20
        STA      PORT A
ORA      #$ 40
        STA      PORT A
LDA      #$ temps      Temporisation d'affichage
        STA      $ 12
BCL13   LDA      #$ FF
        STA      $ 11
BCL12   LDA      #$ FF
        STA      $ 10
        BCL11   DEC      $ 10
        CLR      PORT B
BRCL   bit 0 port B      BCL14      Test de la touche d'annulation
        BRA      BCL10
LDA      $ 10
BCL14   CMP      #$ 00
        BNE      BCL11
        DEC      $ 11
        BNE      BCL12
        DEC      $ 12
        BNE      BCL13

                               Fin de la programmation des priorités
                               Reinitialisation des port
        LDA      #$ FF
        STA      $ 04
        STA      $ 06
        LDA      #$ 00
        STA      $ 05

        LDA      #$ XX      Boucle de controle 20 minutes
        STA      $ 0C
BCL3*   LDA      #$ FF
        STA      $ 0B
BCL2*   LDA      #$ FF
        STA      $ 0A
BCL 1*  DEC      $ 0A

```

PROGRAMME DU VOLTMETRE NUMERIQUE

	LDA	#\$	F0	Ordre de conversion
	STA	\$	02	
	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	10	
BCL.*	DEC	\$	10	Boucle de timing
	BNE		BCL*	
	LDA	#\$	FF	Deactiver l'ADC 804
	STA	\$	02	
	LDA	#\$	01	Afficher 1 dans le premier afficheur
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	LDA	\$	01	Acquisition de la donnée de l'ADC804
	CLR	\$	10	
BCL4*	CMP	#\$	32	Boucle comptabilisant les centaines (50 unités)
	BLO		BCL5*	Comparer la donnée à 50 unités
	INC	\$	10	
	SUB	#\$	32	
	BRA		BCL4*	
BCL5*	STA	\$	11	
	LDA	\$	10	Affichage des centaines
	ORA	#\$	10	
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	LDA	\$	11	Recuperer ce qui reste de la donnée
	CLR	\$	10	
BCL6*	CMP	#\$	05	Boucle comptabilisant les dizaines (5 unités)
	BLO		BCL7*	
	INC	\$	10	
	SUB	#\$	05	
	BRA		BCL6*	
BCL7*	STA	\$	11	
	LDA	\$	10	Affichage des dizaines
	ORA	#\$	20	

```

STA      $ 00
ORA     # $ 40
STA      $ 00

LDA      $ 11      Recuperer ce qui reste de la donnée
LSL A                    Le multiplier par deux

ORA     # $ 30      Affichage des unités
STA      $ 00
ORA     # $ 40
STA      $ 00
BLI      XXXX      Test demande d'interruption
CLR      PORT B
BRCL bit0 Port B BCL8*  Test de la touche d'annulation
BRA      BCL10
BCL8*   BRCL bit1 Port B BCL9*  Test de la touche (revoir)
BRA      BCL8

BCL9*   LDA      $ 0A      Test de la fin de la boucle de controle
CMP     # $ 00
BNE      BCL1*
DEC     $ 0B
BNE      BCL2*
DEC     $ 0C
BNE      BCL3*

```

PROGRAMME DE CONTRÔLE AUTOMATIQUE DE LA CAPACITE

```

LDA     # $ FF      Initialisation des ports
STA     $ 04
STA     $ 06
LDA     # $ 00
STA     $ 05

LDA     # $ F0      Premier ordre de conversion
STA     $ 02
LDA     # $ FF      Timing de conversion
STA     $ 10
BCL1**  LDA     # $ FF
STA     $ 11
BCL0**  DEC     11
BNE     BCL0**

```

	DEC	\$	10	
	BNE		BCL1**	
	LDA	#\$	FF	Deactiver l'ADC804
	STA	\$	02	
	STA	\$	10	Timing de deactivation
BCL2**	DEC	\$	10	
	BNE		BCI.2**	
	LDA	\$	01	Acquisition de la premiere donnée D1
	STA	\$	20	Stockage de la première donnée D1
	LDA	#\$	18	Temporisation de la decharge rapide
	STA	\$	17	
BCL5**	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	16	
BCL4**	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	15	
BCI.3**	DEC	\$	15	
	BNE		BCL3**	
	DEC	\$	16	
	BNE		BCI.4**	
	DEC	\$	17	
	BNE		BCL5**	
	LDA	#\$	F0	Deuxième ordre conversion
	STA	\$	02	
	LDA	#\$	FF	Timing de conversion
	STA	\$	10	
BCL7**	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	11	
BCL6**	DEC	\$	11	
	BNE		BCL7**	
	LDA	#\$	FF	Deactivation du CAN
	STA	\$	02	
	STA	\$	10	Timing de deactivation
BCI.8**	DEC	\$	10	
	BNE		BCL8**	
	LDA	\$	01	Acquisition de la deuxième donnée D2
	STA	\$	21	Stockage de la deuxième donnée
	LDA	\$	20	Calcul de D1 - D2

	SUB	\$ 21	
	STA	\$ 18	Stockage de D1-D2
	CMP	#\$ 19	Voir si l'accu dispose de plus 75%
	BHS	BCL10**	de sa capacité nominale
	JMP	----- retour	
BCI.10**	CMP	#\$ 32	Voir si l'accu dispose de plus 50%
	BHS	BCL11**	de sa capacité nominale
	JMP	-----priorite 4 deconnectée	
BCI.11**	CMP	#\$ 64	Voir si l'accu dispose de plus 25%
	BHS	BCL12**	de sa capacité nominale
	JMP	----- priorité 4 et 3 deconnectées	
BCL12**	JMP	----- priorités 4 et 3 et 2 deconnectées	

JMP (Priorité 4 déconnectée)

	LDA	\$ (Y0+3)	Charger le contenu de la position priorité 4
	CMP	#\$ 01	Est-ce la charge n° 1?
	BNE	BCL20	
			Instruction deconnection de la charge n° 1
BCI.20	CMP	#\$ 02	Est-ce la charge n° 2?
	BNE	BCL30	
			Instruction deconnection de la charge n° 2
BCI.30	CMP	#\$ 03	Est-ce la charge n° 3?
	BNE	BCL40	
			Instruction deconnection de la charge n° 3
BCI.40			Instruction deconnection de la charge n° 4
	JMP	retour	

JMP (Priorités 4 et 3 deconnectées)

	LDA	\$ (Y0+3)	Charger le contenu de la position priorité 4
	CMP	#\$ 01	Est-ce la charge n° 1?
	BNE	BCL20	
			Instruction deconnection de la charge n° 1
BCI.20	CMP	#\$ 02	Est-ce la charge n° 2?
	BNE	BCL30	
			Instruction deconnection de la charge n° 2
BCI.30	CMP	#\$ 03	Est-ce la charge n° 3?
	BNE	BCL40	
			Instruction deconnection de la charge n° 3
BCI.40			Instruction deconnection de la charge n° 4

	LDA	\$ (Y0+2)	Charger le contenu de la position priorité 3
	CMP	#\$ 01	Est-ce la charge n° 1?
	BNE	BCL20*	
	Instruction deconnection de la charge n° 1		
BCL20*	CMP	#\$ 02	Est-ce la charge n° 2?
	BNE	BCL30*	
	Instruction deconnection de la charge n° 2		
BCL30*	CMP	#\$ 03	Est-ce la charge n° 3?
	BNE	BCL40*	
	Instruction deconnection de la charge n° 3		
BCL40*	Instruction deconnection de la charge n° 4		
	JMP	retour	
JMP (Priorités 4,3 et 2 deconnectées)			
	LDA	\$ (Y0+3)	
	CMP	#\$ 01	
	BNE	BCL20	
	Instruction deconnection de la charge n° 1		
BCL20	CMP	#\$ 02	
	BNE	BCL30	
	Instruction deconnection de la charge n° 2		
BCL30	CMP	#\$ 03	
	BNE	BCL40	
	Instruction deconnection de la charge n° 3		
BCL40	Instruction deconnection de la charge n° 4		
	LDA	\$ (Y0+2)	
	CMP	#\$ 01	
	BNE	BCL20*	
	Instruction deconnection de la charge n° 1		
BCI.20*	CMP	#\$ 02	
	BNE	BCL30*	
	Instruction deconnection de la charge n° 2		
BCI.30*	CMP	#\$ 03	
	BNE	BCL40*	
	Instruction deconnection de la charge n° 3		
BCI.40*	Instruction deconnection de la charge n° 4		
	LDA	\$ (Y0+1)	
	CMP	#\$ 01	
	BNE	BCI.20**	
	Instruction deconnection de la charge n° 1		
BCL20**	CMP	#\$ 02	
	BNE	BCI.30**	

```

BCL30**  Instruction deconnection de la charge n °2
          CMP    #$ 03
          BNE    BCL40**
BCL40**  Instruction deconnection de la charge n ° 3
          Instruction deconnection de la charge n ° 4
          JMP   retour

```

PROGRAMME DE MESURE DE LA CAPACITE INTERRUPTION EXTERNE.

```

          LDA    #$ FF    Initialisation des ports
          STA    $ 04
          STA    $ 06
          LDA    #$ 00
          STA    $ 05

          LDX    #$ 25    Generation de la table des capacités
          LDA    #$ 32
BCL70    STA, X
          INC A
          INC X
          CPX    #$ 57
          BNE    BCL70

          LDA    #$ F0    Premier ordre de conversion
          STA    $ 02
          LDA    #$ FF    Timing de conversion
          STA    $ 10
BCL1    LDA    #$ FF
          STA    $ 11
BCL0    DEC    $ 11
          BNE    BCL0
          DEC    $ 10
          BNE    BCL1
          LDA    #$ FF    Deactivation de l'ADC804
          STA    $ 02
          STA    $ 10    Timing de deactivation
BCL2    DEC    $ 10
          BNE    BCL2

```

	I.DA	\$	01	Première acquisition D1
	STA	\$	20	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	LDA	#\$	31	Afficher 1 pour signaler l'acquisition
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	LDA	#\$	temps	Temporisation de décharge
	ST	\$	17	
BCI.5	I.DA	#\$	FF	
	STA	\$	16	
BCL4	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	15	
BCL3	DEC	\$	15	
	BNE		BCL3	
	DEC	\$	16	
	BNE		BCL4	
	DEC	\$	17	
	BNE		BCI.5	
	LDA	#\$	32	Afficher 2 pour signaler la fin de tempo
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	42	
	STA	\$	00	
	LDA	#\$	F0	Deuxième ordre de conversion
	STA	\$	02	
	I.DA	#\$	FF	
	STA	\$	10	
BCL7	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	11	
BCL6	DEC	\$	11	
	BNE		BCL6	
	DEC	\$	10	
	BNE		BCL7	
	LDA	#\$	FF	
	STA	\$	02	

BCL8	STA	\$	10	
	DEC	\$	10	
	BNE		BCL8	
	LDA	\$	01	Deuxième acquisition D2
	STA	\$	21	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	NOP		NOP	
	LDA	\$	20	Calcul de D1-D2
	SUB	\$	21	
	STA	\$	18	
	CMP	#\$	96	Voir si l'accu est a 00% de sa capacité nominale
	BLO		BCL9	
	NOP		NOP	
	JMP		0223	
BCL9	CMP	#\$	82	Voir si l'accu est a 10% de sa capacité nominale
	BLO		BCL10	
	NOP		NOP	
	JMP		023B	
BCL10	CMP	#\$	6E	Voir si l'accu est a 20% de sa capacité nominale
	BLO		BCL11	
	NOP		NOP	
	JMP		0254	
BCL11	CMP	#\$	5A	Voir si l'accu est a 30% de sa capacité nominale
	BLO		BCL12	
	NOP		NOP	
	JMP		026D	
BCL12	CMP	#\$	46	Voir si l'accu est a 40% de sa capacité nominale
	BLO		BCL13	
	NOP		NOP	
	JMP		0286	
BCL13	CMP	#\$	32	Voir si l'accu est a 50% de sa capacité nominale
	BLO		BCL14	
	NOP		NOP	
	JMP		029F	
BCL14	CMP	#\$	00	Voir si l'accu est a 100% de sa capacité nominale
	BNE		BCL15	
	NOP		NOP	
	JMP		02B8	

BCL15	LDA	#\$	32	Conversion de D1-D2 en adresse
	SUB	\$	18	
	ADA	#\$	25	
	IDX	#\$	25	Recherche de l'adresse
BCL17	STX	\$	13	qui contient le % a afficher
	CMP	\$	13	
	BEQ		BCL16	
	INC X			
	BRA		BCL17	
BCL16	LDA; X			

Conversion du pourcentage à afficher au decimale

	CLR	\$	22	
	CLR	\$	23	
	SUB	#\$	32	
BCL19	CMP	#\$	0A	
	BLO		BCL18	
	INC		22	
	SUB	#\$	0A	
	BRA		BCL19	
BCL18	CMP	#\$	01	
	BLO		BCL20	
	INC	\$	23	
	SUB	#\$	01	
	BRA		BCL18	
BCL20	LDA	\$	22	Fin de la conversion
	ADA	#\$	05	Affichage du pourcentage
	STA	\$	00	de la capacité nominale
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	LDA	\$	23	
	ORA	#\$	10	
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	LDA	#\$	2F	
	STA	\$	00	
	ORA	#\$	40	
	STA	\$	00	
	RTS			

SOUS PROGRAMMES D’AFFICHAGE DE CAPACITE

JMP (0286) afficher 40%

LDA	#\$	04
STA	\$	00
ORA	#\$	44
STA	\$	00
LDA	#\$	10
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
LDA	#\$	2F
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
RTS		

JMP (029F) afficher 50%

LDA	#\$	05
STA	\$	00
ORA	#\$	45
STA	\$	00
LDA	#\$	10
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
LDA	#\$	2F
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
RTS		

JMP (02B8) afficher 100%

LDA	#\$	0F
STA	\$	00
ORA	#\$	4F
STA	\$	00
LDA	#\$	11

```
STA      $      00
ORA      #$      41
STA      $      00
LDA      #$      20
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      30
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
RTS
```

JMP (0223) afficher 00%

```
CLR A
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      10
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      2F
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
RTS
```

JMP (023B) afficher 10%

```
LDA      #$      01
STA      $      00
ORA      #$      41
STA      $      00
LDA      #$      10
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      2F
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
```

SOUS PROGRAMMES D'AFFICHAGE DE CAPACITE

JMP (0286) afficher 40%

LDA	#\$	04
STA	\$	00
ORA	#\$	44
STA	\$	00
LDA	#\$	10
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
LDA	#\$	2F
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
RTS		

JMP (029F) afficher 50%

LDA	#\$	05
STA	\$	00
ORA	#\$	45
STA	\$	00
LDA	#\$	10
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
LDA	#\$	2F
STA	\$	00
ORA	#\$	40
STA	\$	00
RTS		

JMP (02B8) afficher 100%

LDA	#\$	0F
STA	\$	00
ORA	#\$	4F
STA	\$	00
LDA	#\$	11

```
STA      $      00
ORA      #$      41
STA      $      00
LDA      #$      20
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      30
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
RTS
```

JMP (0223) afficher 00%

```
CLR A
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      10
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      2F
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
RTS
```

JMP (023B) afficher 10%

```
LDA      #$      01
STA      $      00
ORA      #$      41
STA      $      00
LDA      #$      10
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
LDA      #$      2F
STA      $      00
ORA      #$      40
STA      $      00
```

RTS

JMP (0254) afficher 20%

LDA	#S	02
STA	\$	00
ORA	#S	42
STA	\$	00
LDA	#S	10
STA	\$	00
ORA	#S	40
STA	\$	00
LDA	#S	2F
STA	\$	00
ORA	#S	40
STA	#S	00

RTS

JMP (026D) afficher 30%

LDA	#S	03
STA	\$	00
ORA	#S	43
STA	\$	00
LDA	#S	10
STA	#S	00
ORA	#S	40
STA	\$	00
LDA	#S	2F
STA	\$	00
ORA	#S	40
STA	\$	00

RTS

Function	Mnemonic	Addressing Modes																	
		Immediate			Direct			Extended			Indexed (No Offset)			Indexed (8-Bit Offset)			Indexed (16-Bit Offset)		
		OP Cod	# Bvts	# Cwts	OP Cod	# Bvts	# Cwts	OP Cod	# Bvts	# Cwts	OP Cod	# Bvts	# Cwts	OP Cod	# Bvts	# Cwts	OP Cod	# Bvts	# Cwts
Load A from Memory	LDA	A6	2	2	B6	2	4	C6	3	6	F6	1	4	E6	2	5	D6	3	6
Load X from Memory	LDX	AE	2	2	BE	2	4	CE	3	6	FE	1	4	EE	2	5	DE	3	6
Store A in Memory	STA				B7	2	5	C7	3	6	F7	1	5	E7	2	6	DF	3	7
Store X in Memory	STX				BF	2	5	CF	3	6	FF	1	5	EF	2	6	DF	3	7
Add Memory to A	ADD	AB	2	2	BB	2	4	CB	3	6	FB	1	4	EB	2	5	DB	3	6
Add Memory and Carry to A	ADC	A9	2	2	B9	2	4	C9	3	6	F9	1	4	E9	2	5	D9	3	6
Subtract Memory	SUB	A0	2	2	B0	2	4	C0	3	6	F0	1	4	E0	2	5	D0	3	6
Subtract Memory from A with Borrow	SBC	A2	2	2	B2	2	4	C2	3	6	F2	1	4	E2	2	5	D2	3	6
And memory to A	AND	A4	2	2	B4	2	4	C4	3	6	F4	1	4	E4	2	5	D4	3	6
OR memory with A	ORA	AA	2	2	BA	2	4	CA	3	6	FA	1	4	EA	2	5	DA	3	6
Exclusive OR Memory with A	EOR	A8	2	2	B8	2	4	C8	3	6	F8	1	4	E8	2	5	D8	3	6
Arithmetic Compare A with Memory	CMP	A1	2	2	B1	2	4	C1	3	6	F1	1	4	E1	2	5	D1	3	6
Arithmetic Compare X with Memory	CPX	A3	2	2	B3	2	4	C3	3	6	F3	1	4	E3	2	5	D3	3	6
Bit Test Memory with A (Logical Compare)	BIT	A5	2	2	B5	2	4	C5	3	6	F5	1	4	E5	2	5	D5	3	6
Jump Unconditional	JMP				BC	2	3	CC	3	4	FC	1	3	EC	2	4	DC	3	5
Jump to Subroutine	JSR				BD	2	7	CD	3	8	FD	1	7	ED	2	8	DD	3	9

Function	Mnemonic	Addressing Modes														
		Inherent (A)			Inherent (X)			Direct			Indexed (No Offset)			Indexed (8 Bit Offset)		
		OP Cod e	# Bvte s	# Cvcl e	OP Cod e	# Bvte s	# Cvcl e	OP Cod e	# Bvte s	# Cvcl e	OP Cod e	# Bvte s	# Cvcl e	OP Cod e	# Bvte s	# Cvcl e
Increment	INC	4C	1	4	5C	1	4	3C	2	6	7C	1	6	6C	2	7
Decrement	DEC	4A	1	4	5A	1	4	3A	2	6	7A	1	6	6A	2	7
Clear	CLR	4E	1	4	5E	1	4	3E	2	6	7E	1	6	6E	2	7
Complement	COM	43	1	4	53	1	4	33	2	6	73	1	6	63	2	7
Negate (2 ' Complement)	NEG	40	1	4	50	1	4	30	2	6	70	1	6	60	2	7
Rotate Left Thru Carry	ROL	49	1	4	59	1	4	39	2	6	79	1	6	69	2	7
Rotate Right Thru Carry	ROR	46	1	4	56	1	4	36	2	6	76	1	6	66	2	7
Logical Shift Left	LSL	48	1	4	58	1	4	38	2	6	78	1	6	68	2	7
Logical Shift Right	LSR	44	1	4	54	1	4	34	2	6	74	1	6	64	2	7
Arithmetic Shift Right	ASR	47	1	4	57	1	4	37	2	6	77	1	6	67	2	7
Test for Negative / Zero	TST	4D	1	4	5D	1	4	3D	2	6	7D	1	6	6D	2	7

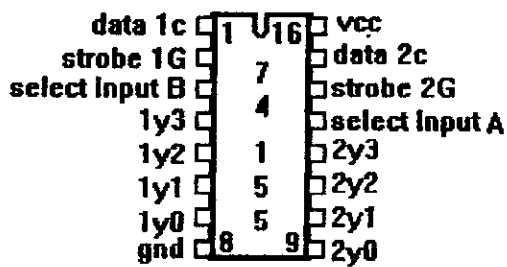
Function	Mnemonic	Relative Addressing Mode		
		OP Code	# Bvtes	# Cycles
Branch Always	BRA	20	2	4
Branch Never	BRN	21	2	4
Branch If Higher	BHI	22	2	4
Branch If Lower or Same	BLS	23	2	4
Branch If Carry Clear (Branch If Higher or Same)	BCC (BHS)	24	2	4
Branch If Carry Set (Branch If Lower)	BCS (BLO)	25	2	4
Branch If Not Equal	BNE	26	2	4
Branch If Equal	BEQ	27	2	4
Branch If Half Carry Clear	BHCC	28	2	4
Branch If Half Carry Set	BHCS	29	2	4
Branch If Plus	BPL	2A	2	4
Branch If Minus	BMI	2B	2	4
Branch If Interrupt Mask Bit is Clear	BMC	2C	2	4
Branch If Interrupt Mask Bit is Set	BMS	2D	2	4
Branch If Interrupt Line is Low	BIL	2E	2	4
Branch If Interrupt Line is High	BIH	2F	2	4
Branch To Subroutine	BSR	AD	2	8

Function	Mnemonic	Inherent		
		OP Code	# Bytes	# Cycles
Transfer A to X	TAX	97	1	2
Transfer X to A	TXA	9E	1	2
Set Carry Bit	SEC	99	1	2
Clear Carry Bit	CLC	98	1	2
Set Interrupt Mask Bit	SEI	9B	1	2
Clear Interrupt Mask Bit	CLI	9A	1	2
Software Interrupt	SWI	83	1	11
Return from Subroutine	RTS	81	1	6
Return from Interrupt	RTI	80	1	9
Reset Stack Pointer	RSP	9C	1	2
No - Operation	NOP	8D	1	2

Function	Mnemonic	Addressing Modes					
		Bit Set / Clear			Bit Test and Branch		
		OP Code	# Bytes	# Cycles	OP Code	# Bytes	# Cycles
Branch if Bit n is set	BRSET n (n=0...7)	—	—	—	2+n	3	10
Branch if Bit n is clear	BRCLR n (n=0...7)	—	—	—	01+2+n	3	10
Set Bit n	BSET n (n=0...7)	10+2+n	2	7	—	—	—
Clear Bit n	BCLR n (n=0...7)	11+2+n	2	7	—	—	—

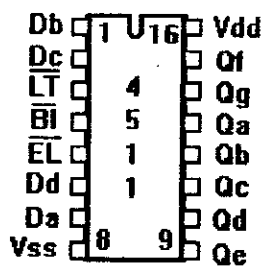
Adresse en hexadécimal	Contenu de l'adresse en hexadécimal	Contenu de l'adresse en décimal	^ Niveaux en hexa dec		^ Niveaux (Volt)	%
20	00	00	96	160	3.0	00
21	0A	10	82	130	2.6	10
22	14	20	6E	110	2.2	20
23	1F	30	5A	90	1.8	30
24	28	40	46	70	1.4	40
25	32	50	32	50	1	50
26	33	51	31	49	0.98	51
27	34	52	30	48	0.96	52
28	35	53	2E	47	0.94	53
29	36	54	2E	46	0.92	54
2A	37	55	2D	45	0.90	55
2B	38	56	2C	44	0.88	56
2C	39	57	2B	43	0.86	57
2D	3A	58	2A	42	0.84	58
2E	3B	59	29	41	0.82	59
2F	3C	60	28	40	0.80	60
30	3D	61	27	39	0.78	61
31	3E	62	26	38	0.76	62
32	3F	63	25	37	0.74	63
33	40	64	24	36	0.72	64
34	41	65	23	35	0.70	65
35	42	66	22	34	0.68	66
36	43	67	21	33	0.66	67
37	44	68	20	32	0.64	68
38	45	69	1F	31	0.62	69
39	46	70	1E	30	0.60	70
3A	47	71	1D	29	0.58	71
3B	48	72	1C	28	0.56	72
3C	49	73	1B	27	0.54	73
3D	4A	74	1A	26	0.52	74
3E	4B	75	19	25	0.50	75
3F	4C	76	18	24	0.48	76
40	4D	77	17	23	0.46	77
41	4E	78	16	22	0.44	78
42	4F	79	15	21	0.42	79
43	50	80	14	20	0.40	80
44	51	81	13	19	0.38	81
45	52	82	12	18	0.36	82
46	53	83	11	17	0.34	83
47	54	84	10	16	0.32	84
48	55	85	0F	15	0.30	85
49	56	86	0E	14	0.28	86
4A	57	87	0D	13	0.26	87
4B	58	88	0C	12	0.24	88
4C	59	89	0B	11	0.22	89
4D	5A	90	0A	10	0.20	90
4E	5B	91	09	09	0.18	91
4F	5C	92	08	08	0.16	92
50	5D	93	07	07	0.14	93
51	5E	94	06	06	0.12	94
52	5F	95	05	05	0.10	95
53	60	96	04	04	0.08	96
54	61	97	03	03	0.06	97
55	62	98	02	02	0.04	98
56	63	99	01	01	0.02	99

TABLE DES CAPACITES IMPLEMENTEES



A	B	G	1C	2C	Y0	Y1	Y2	Y3
X	X	H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	L	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H
H	H	L	H	L	H	H	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H

Brochage et table de vérité du décodeur 74 LS 155 .



ENTREES							SORTIES							
EL	BI	LT	Dd	Dc	Db	Da	Qa	Qb	Qc	Qd	Qe	Qf	Qg	Affichage
X	X	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	8
X	L	H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
L	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	0
L	H	H	L	L	L	H	L	H	H	L	L	L	L	1
L	H	H	L	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	2
L	H	H	L	H	L	L	L	H	H	L	L	H	H	3
L	H	H	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	4
L	H	H	L	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	5
L	H	H	L	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	6
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	7
L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	8
L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H	9
L	H	H	H	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
L	H	H	H	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
L	H	H	H	H	L	H	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	BLANC
H	H	H	X	X	X	X								•

Brochage et table de vérité du décodeur BCD-7 seg .

BIBLIOGRAPHIE :

- 1- P.F.E : M. ZEAITER - OULDAOUDIA
Misc au point d'un test pour les accumulateurs au plomb .
Application au stockage de l'énergie photovoltaïque .
Dirigé et proposé par M. HADDADI Juin 1986 .
- 2- G. GORY : Connaissance des accumulateurs au plomb
et autres générateurs électrochimiques .
Coll. Auto-volt. 1979 .
- 3- M. BARAK : Electrochemical power sources .
Peter PEREGRINUS Ltd. 1979 .
- 4- C. ARMENIA-DEU : Capacity effects on the determination
of the state of charge in lead-acid-cells .
Renewable Energy
Volume n° 2 pp 249-256 .
- 5- TOKHEIM : Les Microprocesseurs . T1 et T2 .
Mc Graw-Hill .
- 6- TOCCI : Circuits numériques .
- 7- HARRIS SEMICONDUCTOR : ADC 804 .
- 8- Revues :
 - L.E.D, n° : 56 AVR/88
 - L.E.D, n° : 57 MAI/88
 - L.E.D, n° : 59 SEP/88
 - L.E.D, n° : 63 JAN/89

 - ELEKTOR électronique, n° : 151 JAN/91