

22/87

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2015

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة - الخرجة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

REALISATION D'UNE CARTE
D'INTERFACE POUR UN SPECTROMETRE
RMN ET DEVELOPPEMENT D'UN
MICROPROGRAMME POUR MESURER
LES TEMPS DE RELAXATION

Proposé par :

DR: R PUVVADA

Etudié par :

ABOUD . S
BECIS . A

Dirigé par :

DR: R PUVVADA

PROMOTION : JUIN 87

ELECTRONIQUE

REALISATION D'UNE CARTE
D'INTERFACE POUR UN SPECTROMETRE
RMN ET DEVELOPPEMENT D'UN
MICROPROGRAMME POUR MESURER
LES TEMPS DE RELAXATION

— DEDICACES —

- A mon père et à ma mère
- A mon oncle Mokrane et sa femme
- A ma femme et mes deux filles Nawal et Astia
- A mes frères et sœurs, à Bahia et Mabrouk.
- A tous mes amis

Sadek. A

- A mon père et à ma mère
- A mes frères et sœurs.
- A toute ma famille.
- A mes amis.

Abdelaziz - B

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier notre promoteur
M^r PUVVADA, pour nous avoir suivi tout
au long de notre travail.

Que tous les professeurs qui ont contri-
bué à notre formation trouvent ici l'expres-
sion de notre profonde gratitude.

Nous tenons aussi à remercier tous ceux
qui ont apporté leurs concours à la réa-
lisation de notre projet, particulièrement:

M^r HADDADI

M^r ZERGUI

M^r et M^{me} HAMAMI

Nous remercions aussi toutes les personnes
qui ont collaboré de près ou de loin
à l'élaboration de ce travail.

TABLE DES MATIERES

- PREAMBULE
- CHAPITRE I : Introduction à la RMN
 - I,1) : magnétisme nucléaire
 - I,2) : La RMN
 - I,3) : phénomène de relaxation
 - I,4) : phénomène de précession
 - I,5) : méthode expérimentale de calcul de T1
 - I,6) : mesure du temps de relaxation T2
- CHAPITRE II : Le spectromètre RMN
 - II,1) : constitution du spectromètre
 - II,2) : description des différents blocs
 - II,3) : principe de fonctionnement
- CHAPITRE III
 - III,1) : étude de l'interface d'entrée/sortie parallèle
PIA-MC 6921
 - III,2) : le PIA et son adressage sur la carte d'interface
 - III,3) : le Timer programmable (VIA 6522)
 - III,4) : le processeur 6502
- CHAPITRE IV : Réalisation
- CHAPITRE V : organigrammes et programmes
- conclusion .

Depuis les premières observations de signaux de résonance nucléaire à la fin de 1945 , le magnétisme nucléaire est devenu un outil majeur pour l'étude des propriétés les plus fines de la matière condensée . Les structures moléculaires , la nature des liaisons chimiques , le mouvement internes dans les solides et les liquides, et surtout la médecine sont parmi les domaines où la résonance magnétique nucléaire (R.M.N) a déjà apporté des informations précises et détaillées . En effet , l'intérêt de cette découverte pour la médecine est dû au fait que , parmi les noyaux possédant un magnétisme nucléaire , certains sont présents dans le corps humain: l'hydrogène, le carbone 13 , le sodium 23 et le phosphore 31 . L'hydrogène est le plus intéressant car le corps humain contient en moyenne 75 % d'eau dont la molécule contient deux atomes d'hydrogène .

Le but de notre travail est de piloter à l'ordinateur RMN à partir d'un seul micro-ordinateur (ORIC ATMOS) qui a pour double rôle, la génération des séquences d'impulsions et le traitement du signal RMN qui n'est autre dans notre cas que le calcul des temps de relaxation T_1 (spin-réseau) et T_2 (spin-spin) .

I-1 MAGNETISME NUCLEAIRE

Beaucoup de noyaux dans leur état fondamental présentent :

** Un moment cinétique de spin non nul (appelé aussi moment angulaire \vec{a})

Les diverses valeurs observables pour la composante a_z du moment cinétique diffèrent entre elles d'une quantité mesurable m multiple entier ou demi entier de \hbar ($\hbar = h / 2 \pi$, avec $h =$ cte de planck). Pour chaque système atomique, il existe une valeur maximale du nombre m . Cette valeur maximale est appelée nombre quantique de spin, noté I . On distingue $2I + 1$ composantes possibles pour le moment cinétique: $m = I, I-1, \dots, -I+1, -I$.

** Un moment dipolaire magnétique \vec{u} colinéaire au moment angulaire: $\vec{u} = \gamma \vec{a}$.

On appelle γ le rapport gyromagnétique, défini comme étant le rapport du moment magnétique sur le moment cinétique \vec{a} : $\gamma = \vec{u} / \vec{a}$.

EST une cte de proportionnalité entre \vec{u} et \vec{a} .

On rappelle qu'un élément quelconque est représenté par la notation suivante :

$${}^A_Z X : \quad \begin{array}{l} A = \text{nbre de masse} \\ Z = \text{nbre de charge} \end{array}$$

-- Si le nombre de masse A du noyau est impair ----- I est demi - entier .

-- Si le numéro atomique Z et le nombre de masse A sont pairs ----- $I = 0$

-- Si A est pair et Z impair ----- I est entier

Dans le cas du spin nul $m = 0$ ($I = 0$), le noyau ne présente pas de phénomène RMN.

I - 2 LA RESONNANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE (RMN)

Principe :

Le système à étudier est irradié par un champ de radio fréquence dont on peut faire varier la fréquence d'une façon continue. Tant que la condition de résonance n'est pas réalisée, on a une très faible probabilité pour qu'une transition du système à étudier soit induite par le champ. Les spins nucléaires avant que la résonance ne soit induite seront en général en équilibre thermique avec le milieu environnant ou " réseau ". Le couplage des spins avec le réseau est une des conditions essentielles de la détection électromagnétique. Bien que une constante de temps ne décrit pas toujours correctement la tendance des spins nucléaires à se mettre en équilibre thermique avec le réseau, on introduit une telle cte qui donne au moins un ordre de grandeur des temps mis en jeu dans cette évolution et on l'appelle temps de relaxation " spin-réseau T_1 "

A) Relaxation longitudinale

Dans un champ magnetique homogène quelconque l'équation de mouvement de l'aimantation nucléaire d'un ensemble de spins libres s'écrit :

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma \vec{M} \wedge \vec{H}$$

Dans un champ statique $H_z = H_0$, on aura une évolution de l'aimantation vers sa valeur d'équilibre $M_z = M_0$, d'où :

$$\frac{dM_z}{dt} = - \frac{M_z - M_0}{T_1}$$

T_1 s'appelle : temps de relaxation longitudinale

T_1 EST une constante de temps qui mesure la vitesse avec laquelle le système de spins se met en équilibre avec le réseau. L'évolution du système vers l'équilibre thermique après la suppression de l'onde RF (radio fréquence), peut effectivement se décrire par une exponentielle unique avec une constante de temps T_1 .

B) Relaxation transversale

a) Si maintenant on applique une impulsion RF, on donne à l'aimantation nucléaire une composante perpendiculaire au champ appliqué H_0 , les divers champs locaux dus à ce que les spins ne sont pas libres et interagissent entre eux et avec leur environnement font décroître l'aimantation d'une façon qui peut souvent représenter par les équations :

$$\frac{dM_x}{dt} = - \frac{M_x}{T_2} \quad \frac{dM_y}{dt} = - \frac{M_y}{T_2}$$

T_2 s'appelle temps de relaxation transversal

La relaxation transversale caractérise les interactions du noyau avec les champs magnétiques des spins voisins. Quand on supprime l'onde RF, le noyau voisin va basculer en sens inverse en absorbant l'énergie restituée. La relaxation spin-spin (transversale) se décrit par une exponentielle de constante de temps T_2 .

b) Eche de spin

À l'équilibre thermique à l'instant $t = 0$, l'aimantation transversale est nulle. On peut créer une telle composante d'aimantation à l'aide d'un champ tournant H_1 appliqué pendant un temps .

Les petites distances entre spins nucléaires et fortes concentrations nucléaires dans la matière condensée ont une conséquence importante qui est l'existence d'interactions intenses entre spins. Il en résulte un équilibre thermique à l'intérieur du système de spin lui-même peut s'établir en temps plus court que T_1 . Ce temps, appelé temps de relaxation "spin-spin", est représenté par une constante T_2 .

EQUATION DE BLOCH

Un moment magnétique \vec{u} placé dans un champ H subit un couple $C = \vec{u} \wedge H$. Le couple C est égale à la dérivée par rapport au temps de son moment cinétique. En prenant O comme centre de gravité du noyau, le théorème des moments cinétiques s'écrit :

$$\vec{C} = \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{u} \wedge \vec{H}_0$$

d'où $\frac{d\vec{u}}{dt} = \gamma \vec{u} \wedge \vec{H}_0 = -\gamma \vec{H}_0 \wedge \vec{u}$

En posant $\vec{\omega}_0 = -\gamma \vec{H}_0$

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{\omega}_0 \wedge \vec{u} \quad \text{équation de Bloch}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 \quad f_0 : \text{fréquence de Larmor}$$

I-4) PHENOMENE DE PRECESSION

On place un échantillon avec un grand nombre de protons dans un champ magnétique intense. Quand on est à l'état d'équilibre, l'échantillon tourne autour de son axe à la manière d'une toupie. Cet axe est ~~pas~~ parallèle au champ magnétique appliqué (qui est verticale). Si on applique un champ magnétique M_1 perpendiculaire au champ initial M_0 , l'axe de la toupie va basculer. La précession est ce mouvement conique que prend autour d'une position moyenne, l'axe de la toupie animée d'un mouvement gyroscopique : elle tourne sur elle-même. Quand H_1 cesse, la toupie se redresse lentement sans que le mouvement de précession cesse.

...../.....

METHODE EXPERIMENTALE DE MESURE DE T1

La période OFF étant fixée à sa valeur maximale (10 secondes), on détermine la période ON du signal impulsionnel donnant au niveau du récepteur un signal d'amplitude maximale "V".

Une fois cette opération effectuée, on prélève 105 échantillons de cette valeur "V". Un échantillon étant prélevé par période T du signal impulsionnel. On ramène la période à sa valeur minimale de 50 ms et nouvelle prise de 105 échantillons est réalisée. ON augmente ensuite la période T avec un accroissement constant de 50 ms et un nouveau prélèvement de 105 échantillons est effectué. L'opération est répétée vingt fois et la prise des échantillons pour une période s'effectue comme pour la valeur maximale par génération de 105 cycles du signal impulsionnel avec toujours un seul échantillon par période.

MESURE DU TEMPS DE RELAXATION T2

Si on applique une impulsion $\pi/2$ à l'aimantation d'équilibre, le mouvement de précession libre induit une variation de la composante transversale de l'aimantation tel que : $M_t = M_0 \exp(-t/T_2 \cos \omega t)$.

ainsi la décroissance de ce signal nous donnerait T_2 . En réalité celui-ci sera très perturbé du fait des interactions entre les spins et la bobine de réception. Pour remédier à ce genre de problème, on utilise la technique d'écho de spins ; une séquence d'impulsions $\pi/2 - \pi/2$ produirait un écho au temps $2T_2$ conformément à ce qui a été dit précédemment. L'amplitude des échos va décroître exponentiellement. la constante de temps de la courbe de réponse formerait T_2 , figure (I-3).

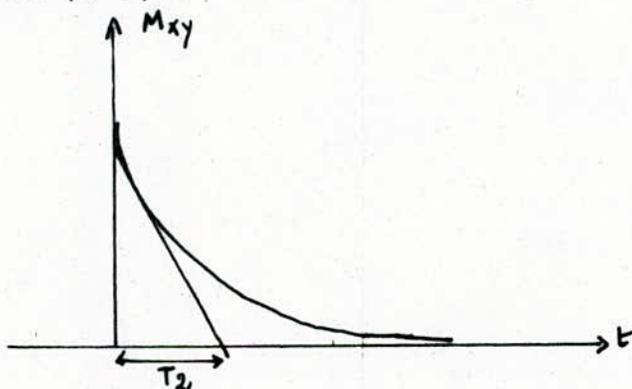
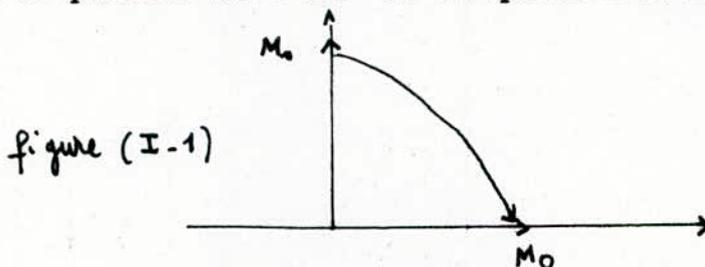


figure (I-3)

Malgré la disparition de la composante tournante de l'aimantation on peut redonner à cette composante tournante sa valeur initiale en lui appliquant une seconde impulsion de RF convenablement choisie, c'est à dire qu'une impulsion de 180° (ou Π), séparée de la première de $\Pi/2$ par un intervalle de temps τ est suivie à l'instant 2τ d'une refocalisation de tous les moments élémentaires , l'aimantation transversale retrouve alors sa valeur qu'elle avait après la première impulsion ; on appelle ce phénomène : écho de spin . La hauteur de l'écho observé à l'instant 2τ doit être proportionnelle à $\exp(-2\tau/T_2)$ d'où une définition opérationnelle et une mesure du temps de relaxation T_2 .

Mesure de T_1

Cette mesure est basée sur le phénomène de precession libre de l'aimantation . Après une impulsion d'excitation , on utilise la séquence périodique d'impulsion $\Pi/2$ de période T . Avant l'application du champ RF , le vecteur M est à l'équilibre tel que $M_x = M_y = 0$ et $M_z = M_0$. UNE première impulsion $\Pi/2$ amène l'aimantation en question sur l'axe OY tel que $M_x = M_z = 0$ et $M_y = M_0$, figure(I-1)



A la fin de cette de impulsion c'est à dire pendant la durée OFF , M tend à revenir à sa position d'équilibre mais sa composante M_z n'atteindra sa valeur initiale M_0 . La durée OFF est choisie de telle sorte à empêcher une relaxation complète de M ; Après avoir appliquer une deuxième impulsion , il s'ensuit à nouveau une rotation de 90° du vecteur M . ON remarque que la valeur atteinte par M_z lors de la première relaxation est inférieure à celle de la deuxième relaxation . L'opération est répété plusieurs fois et le mouvement de precession libre aura la de variation suivante : $M_z = M_0 (1 - \exp (-T/T_1))$.

T : periode du signal impulsif

T_1 : temps de relaxation spin-réseau . Figure (I-2)

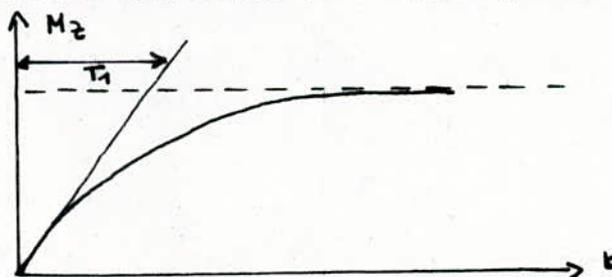


figure (I-2)

II-1) CONSTITUTION DU SPECTROMETRE

Il comprend (figure II-,1) :

- * Un programmeur d impulsions
- * Un système émetteur
- * Une bobine d excitation
- * Un système récepteur
- * Un électre-aimant
- * Un système d acquisition de données

II-2) description des differents blocs

a) Le programmeur d impulsions

La principale fonction que doit remplir le programmeur est de générer des séquences d impulsions $\pi/2$ et π qui vont commander l oscillateur RF . Il réalise la synchronisation entre le récepteur et la partie d acquisition de données .

b) L EMETTEUR

Le système émetteur génère des salves d un signal sinusoïdal RF nécessaire à exciter les noyaux de l échantillon à étudier . Il comprend :

- Un oscillateur RF piloté par un quartz , garantissant une grande stabilité en fréquence (10 MHz^{*}) .
- Un amplificateur de commutation qui ne délivre aucun signal (durée OFF) en absence de toute impulsion du programmeur . Lors d une impulsion d excitation , il fournit un signal RF d amplitude élevée (durée ON)
- Un amplificateur de puissance qui attaque la bobine d excitation avec une grande amplitude .

c) L électreaimant

Il est constitué d un inducteur et d un circuit magnétique dont lesquels circule un fort courant . Il crée un champ statique H_0 qui doit être très stable , homogène et de grande intensité afin d obtenir une bonne sensibilité du système .

...../.....

On maintient le champ H_0 constant durant toute l'analyse . La limite pratique du champ magnétique obtenu est de 0,7 Tesla . Pour un champ H_0 supérieur à 2,7 Tesla , on remplace l'électroaimant par des bobines supraconductrices dans lesquelles un champ magnétique extrêmement stable peut être produit .

d) La bobine d'excitation

Elle est alimentée par des salves d'un signal sinusoïdal venant de l'émetteur et crée un champ tournant H_1 POLARISANT , les noyaux de l'échantillon durant la période ON : elle joue le rôle de bobine excitatrice . Ce champ sera coupé lors de la durée OFF : la bobine est réceptrice. Cette bobine présente une faible résistance aux impulsions hautes fréquences .

e) Le récepteur

Lors de la durée OFF le récepteur le signal induit par l'échantillon . le signal RMN étant très faible (de quelques microvolts) , il est amplifié en tension avant qu'il soit démodulé pour en extraire l'enveloppe ;Le récepteur doit être un détecteur à faible bruit des signaux HF . Le récepteur étant saturé après une impulsion RF , doit retrouver rapidement son fonctionnement normal pour ne pas perdre une partie du signal .

f) Le système d'acquisition de donnée

C'est dans cette partie qui constitue le système informatique , où le signal RMN doit être traité puis présenter sous une forme permettant l'extraction de données intéressantes pour l'étude de l'échantillon . Il permet aussi d'organiser le fonctionnement du spectromètre , en tenant compte des instructions de l'expérimentateur . Dans les spectromètres modernes , tous les réglages et instructions sont pratiquement effectués à l'aide d'un organe d'entrée / sortie de l'ordinateur .

...../.....

II-3) principe de fonctionnement

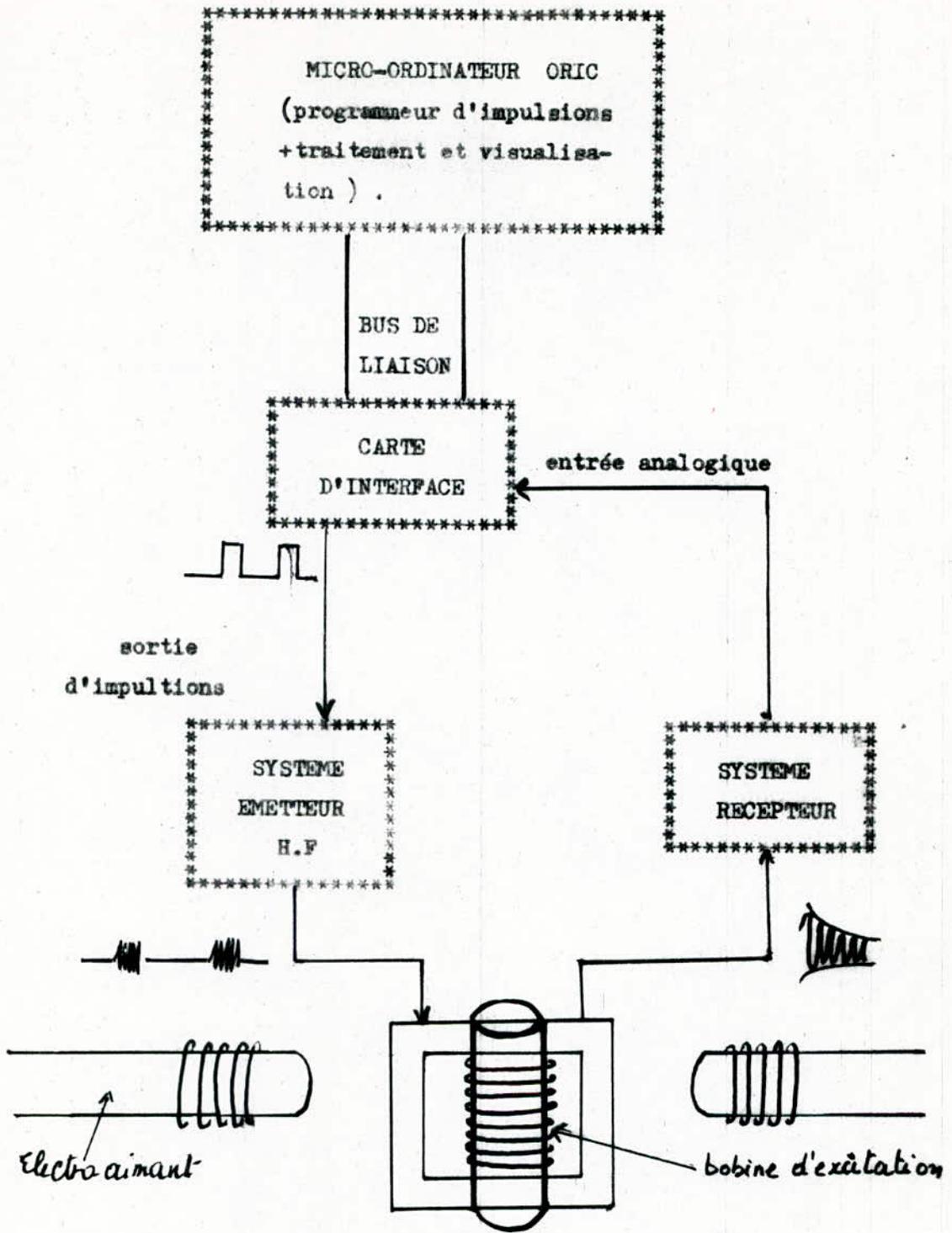
Le programmeur d'impulsions génère des séquences d'impulsions qui vont commander l'oscillateur radiofréquence .

L'émetteur alimente la bobine d'excitation pendant une durée égale à la durée de l'impulsion , par des salves d'un signal sinusoïdal radiofréquence ce qui crée un champ tournant H_1 . L'échantillon à analyser est placé à l'intérieur de la bobine d'excitation ; celle-ci est mise dans un électroaimant qui crée un champ magnétique statique H_0 . La présence de champ oriente alors en sa direction tous les spins nucléaires en précession avec une fréquence ω_0 .

H_1 se trouvant dans le plan perpendiculaire à H_0 , tourne à la fréquence des salves RF (ω) . Le balayage de la fréquence du champ H_1 est assuré par l'augmentation de la durée ON de l'impulsion RF appliquée . Lorsque la fréquence ω s'approche de ω_0 , on excite la résonance .

Lors de la durée OFF le champ magnétique H_1 est coupé . La bobine recueille le signal induit par l'échantillon et le transmet au récepteur qui l'amplifie en tension .

Le récepteur muni d'un détecteur d'enveloppe , réalise les fonctions de redressement et de filtrage et met en évidence en sortie le signal RMN prêt au traitement numérique et à la visualisation .



CONSTITUTION DU SPECTROMETRE A IMPULSIONS

figure (II,1)

III-1) ETUDE DE L'INTERFACE D'ENTREE/SORTIE PARALLELE PIA-MC 6821

Le PIA est un circuit MOS canal N ,dont toutes ses entrées et sorties sont compatibles TTL . D'après la figure (III-1) , on remarque qu'un côté du PIA est relié au microprocesseur et l'autre côté au "monde extérieur" .

Côté microprocesseur en dispose de :

- 8 lignes de données : D0 à D7
- 2 lignes RSO et RS1 : elles sont utilisées pour sélectionner les registres internes .
- 3 lignes CS0 , CS1 et CS2 : il faut que CS0 = 1 , CS1 = 1 , CS2 = 0 pour que le PIA puisse être utilisé .
- 1 ligne R/W : lecture et écriture .
- 1 ligne ENABLE : à l'état haut , elle active le circuit et synchronise les échanges de données au niveau des lignes D0 à D7 .
- 1 ligne reset : RAZ des registres internes du PIA ;
- 2 sorties IRQA et IRQB : autorisent le PIA à déclencher les interruptions .

Côté extérieur :

On distingue deux parties électriquement symétriques (côté A et CÔTE B) et chaque moitié dispose des lignes suivantes :

- CA1 (CB1) :est toujours une entrée dont la fonction est programmable .
- CA2 (CB2) : programmable en entrée comme en sortie et la fonction de cette ligne est aussi programmable .
- 8 lignes PA0 (PB0) à PA7 (PB7) :programmables en entrées et en sorties, et ce indépendamment les unes des autres .

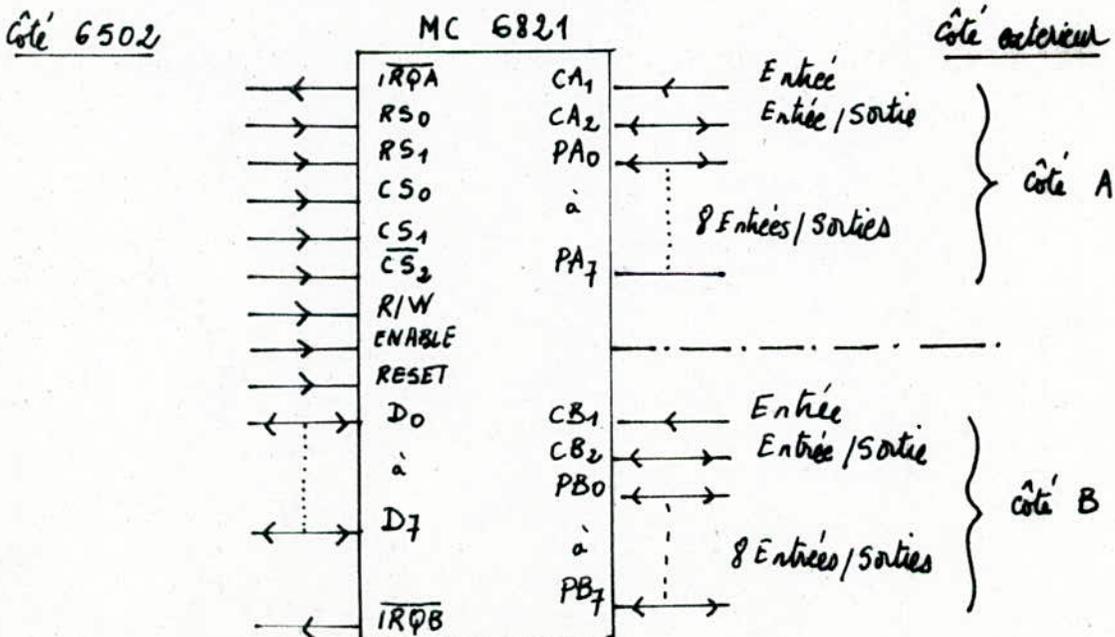


figure (III-1)

Programmation du PIA

Pour mieux comprendre la programmation d'un PIA , nous vous invitons à consulter la figure (III-2) ci-après , représentant la structure interne d'un PIA .

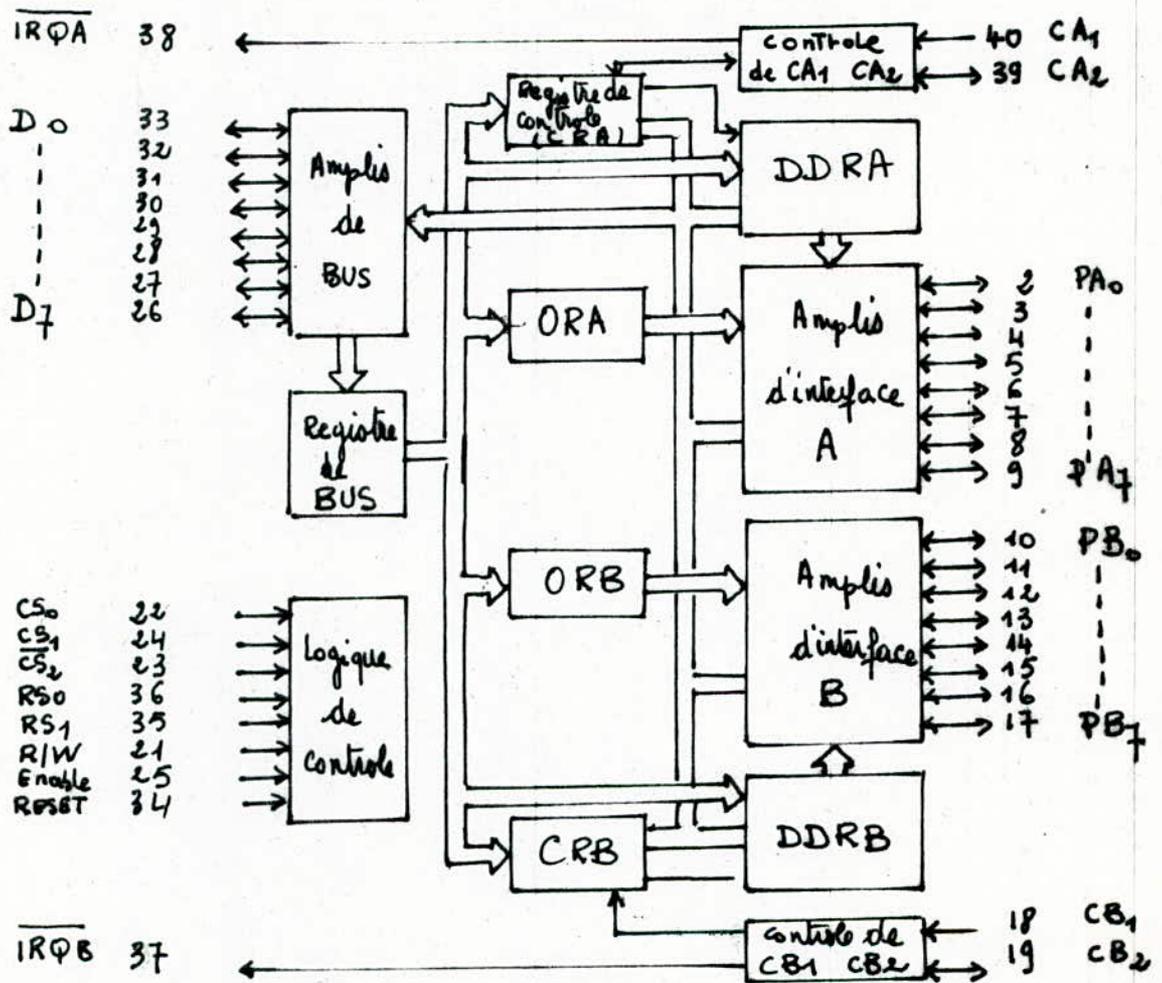


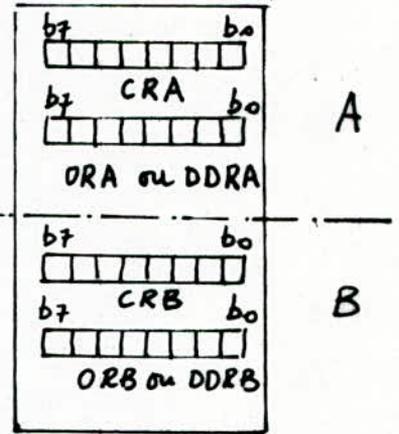
Figure (III-2)

--- STRUCTURE INTERNE DETAILLEE D'UN PIA ---

...../.....

L'élément le plus important dans la structure interne du PIA, est l'existence de six registres internes : CRA (CRB) , ORA (ORB) , DDRA (DDRB) . On remarque que les registres DDRA et ORA (DDRB et ORB) occupent le même emplacement le montre la figure (III-3) . Cette astuce est rendue possible grâce au bit 2 du registre de contrôle . Si ce bit est à 0 le DDR(AOUB) peut être atteint, s'il est à 1 l'OR (AouB) peut être atteint .

FIGURE (III - 3)
Le "modèle du Programmeur"
du PIA



Rôle des registres précédents

- ORA (ORB) : registre d'entrée/sortie , il est l'image des lignes PA₀ à PA₇
- DDRA (DDRB) : sélectionne quelles lignes sont en entrées et quelles lignes sont en sorties .
- CRA (CRB) : contrôle l'accès au DDR ou à l'OR , ainsi que le fonctionnement de tout le PIA .

Les lignes RS₀ et RS₁ permettent de choisir partiellement les registres internes . Les registres CRA et CRB peuvent être atteint directement . Le PIA occupe quatre adresses seulement comme le montre la figure (III-4) .

Adresse	RS ₁	RS ₀	Registres sélectionnés
# 03FC	0	0	ORA ou DDRA
# 03FD	0	1	CRA
# 03FE	1	0	ORB ou DDRB
# 03FF	1	1	CRB

figure (III - 4)
Adressage des registres internes
selon l'état de RS₀ et RS₁

La figure (III-5) ci-après est celle qu'il faut avoir "sous la main" pour programmer un PIA puisqu'elle explicite le rôle de tous les bits du CR

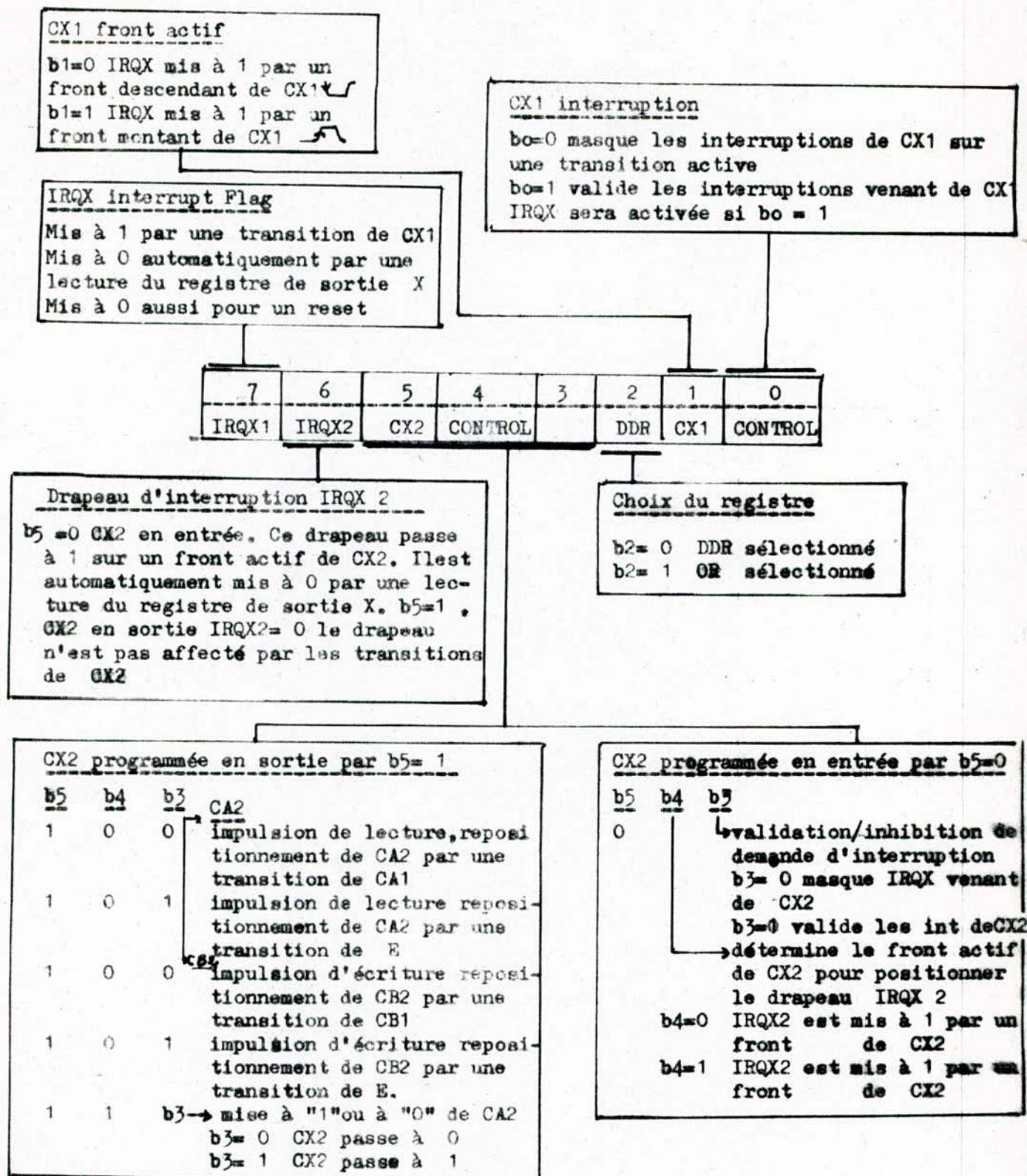


Figure (III-5) : PROGRAMMATION DU PIA

III-2) Le PIA et son adressage sur la carte d'interface

Par rapport au micro-ordinateur le PIA se comporte comme quatre cases mémoires une fois le décodage effectué . Ces quatre cases mémoires sont :

- 2 registres de données ports (A ET B)
- 2 registres de controle ports (A et B)

Les entrées de sélection, appelées CS (chip select), servent à valider le boîtier . Il est en haute impédance vis à vis du bus de données c'est à dire que tout ce qui arrivera sur le PIA , alors que le boîtier n'est pas sélectionné ne perturbera pas le bus de données .

Pour que le boîtier soit sélectionné , il faut que l'on ait les conditions suivantes : $CS_0 = 1$, $CS_1 = 1$, $\overline{CS_2} = 0$. Si l'une des conditions précédentes n'est pas réalisée , le boîtier n'est pas adressé .

Une fois le boîtier sélectionné le transfert des données pourra s'effectuer en écriture ou en lecture grâce aux choix LECTURE/ECRIURE et à l'aide de l'horloge ϕ_2 de l'ORIC . Les données doivent être stables pendant la durée de l'impulsion de l'horloge .

Les deux lignes RS_0 et RS_1 servent à choisir l'un des six registres internes du PIA , cités précédemment .

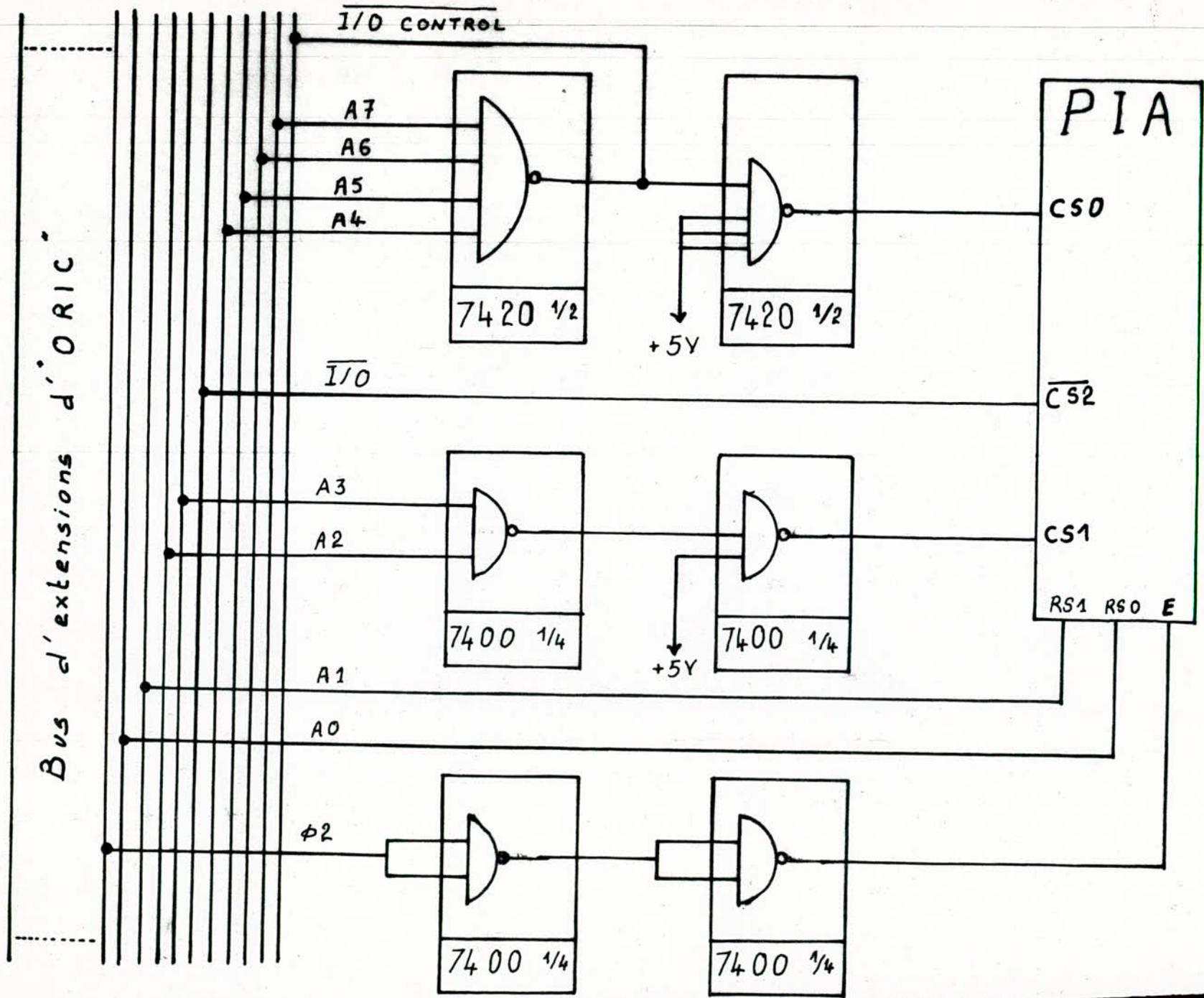
Pour le micro-ordinateur ORIC , on a la possibilité de choisir n'importe quelle adresse du PIA entre $\#030F$ et $\#03FF$ pour l'adressage du PIA , puisque la page 3 est conçue spécialement pour les entrées/sorties .

Pour avoir un circuit de décodage d'adresse du PIA le plus simple possible nous avons choisi les adresses suivantes

03FC	ORA/DDRA
03FD	CRA
03FE	ORB/DDRB
03FF	CRB

Le circuit de décodage qui correspond aux adresses qu'on a choisi est représenté sur la figure (III , 6) .

Sur le bus d'extension de l'ORIC, il existe une broche appelée I/O laquelle est mise à zéro pour toutes les adresses comprises entre $\#0300$ et $\#03FF$, c.a.d à chaque fois que la page 3 est sélectionné . Autrement dit la broche I/O décode les adresses hautes .



Bus d'extensions d'ORIC

Schema du decodage du P.I.A

figure (III, 6)
16

	A15.....A12	A11.....A8	A7.....A4	A3.....A0
	⏟	⏟	⏟	
I/O = 0 pour :	0	3	QUECONQUE	
I/O = 1 pour :	toutes les autres adresses			

Donc il nous reste à décoder que les adresses basses de A0 à A7 . Le groupe d'adresses A7 A6 A5 A4 est décodé avec une porte NAND à quatre entrées (1/2 7420) dont la sortie est à zero pour A7 A6 A5 A4 = 1 1 1 1 = # F , de plus cette sortie est reliée à la broche I/O control , pour permettre au VIA (6522) de différencier les données qui lui sont adressées de celles qui ne sont pas .Donc le VIA est désélectionné pour A7A6A5A4 = 1111 , ce qui n'est pas problématique car lorsque le logiciel de l'ORIC utilise le VIA on a A7 A6 A5 A4 = 0 0 0 0 , le signal est ensuite inversé par la deuxième moitié du circuit (7420) qui est utilisée comme une simple porte inverseuse pour avoir un état actif à l'état haut (CS0) .

D'une façon analogue les deux lignes A2 A3 avec des portes NAND à deux entrées au lieu de quatre . A la sortie de la première porte on a zero pour A2 A3 = 1 1 , la deuxième porte inverse cet état pour donner l'état actif à CS1 qui est l'état haut . Il reste $\overline{CS_2}$ qui est relié directement à I/O .

Les adresses A1 A0 ne sont pas utilisées pour le décodage mais pour la sélection des registres internes du PIA , puisqu'elles sont reliées respectivement à RS1 et RSo .

En resumé le PIA est sélectionné si et seulement si la combinaison suivante est sur le bus d'adresse :

A15 A14 A13 A12 = 0 0 0 0 = # 0	}	page 3
A11 A10 A9 A8 = 0 0 1 1 = # 3		
A7 A6 A5 A4 = 1 1 1 1 = # F		
A3 A2 A1 A0 = 1 1 X X = (entre C et F)		

III-3) LE TIMER PROGRAMMABLE (V.I.A 6522)

Les adresses # 0300 à #03FF sont réservées aux entrées/sorties pour l' ORIC.
En version de base , seules les valeurs # 0300 à # 030F sont utilisées et servent à adresser le 6522 .

Sur l' ORIC le VIA (Versatile Interface Adapter) 6522 permet de gérer les entrées/sorties avec le magnétophone , l'imprimante , le clavier et le processeur sonore 8912 . Il dispose pour ceci de deux timers T1 et T2 et de deux ports A et B disposant chacun de deux signaux de contrôle (respectivement CA1 , CA2 et CB1 , CB2) .

Les adresses # 0300 à # 030F utilisées par le 6522 sont réparties comme suit :

# 0300	port B
301	port A avec poignée de main
302	registre de direction du port B (DDRB)
303	" " " " A (DDRA)
304	O.MS du Timer 1
305	O.P.S du Timer 1
306	O.M.S du tampon du Timer 1
307	O.P.S " " " "
308	O.M.S du Timer 2
309	O.P.S " " "
30A	registre à décalage
30B	registre de commande
30C	registre de contrôle de CA1, CA2, et CB1, CB2
30D	registre des indicateurs d'interruptions
30E	" " " " " " " "
30F	Port A sans poignée de main

Le port B est utilisé comme suit :

Bits	0 à 3	: Décodage du clavier
Bit	4	: pour envoi des données sur l'imprimante
Bit	5	: Inutilisé
Bit	6	: Télécommande du magnétophone
Bit	7	: Sortie magnétophone

Le port A est utilisé comme suit :

Bit 0 à 7 : sortie imprimante ou commande du 8912 . Timer 1 (# 0304 et #0305)
Le Timer 1 est décrémenté toutes les microsecondes . A chaque fois que celui-ci atteint la valeur 0 , il envoie une IRQ , positionne l'indicateur d'interruption T1 puis recommence avec la valeur comprise dans le tampon .

...../.....

Sur l'ORIC la valeur usuelle du tampon (chargé par le logiciel de l'ORIC) est # 2710 ou encore 10000 en décimal .

Comme le Timer 1 perd 2 microsecondes à chaque fois qu'il atteint la valeur 0 , on conclut qu'une interruption est envoyée toutes les 10002 microsecondes . De plus le logiciel d'ORIC décrémente à chaque interruption du Timer 1 c'est à dire à chaque 10002 us = 10 ms , les adresses suivantes :

0272 , # 0273 : utilisées pour le clavier .

0274 , # 0275 : " " le clignotement du curseur .

0276 , # 0277 : " " l'instruction WAIT (basic) .

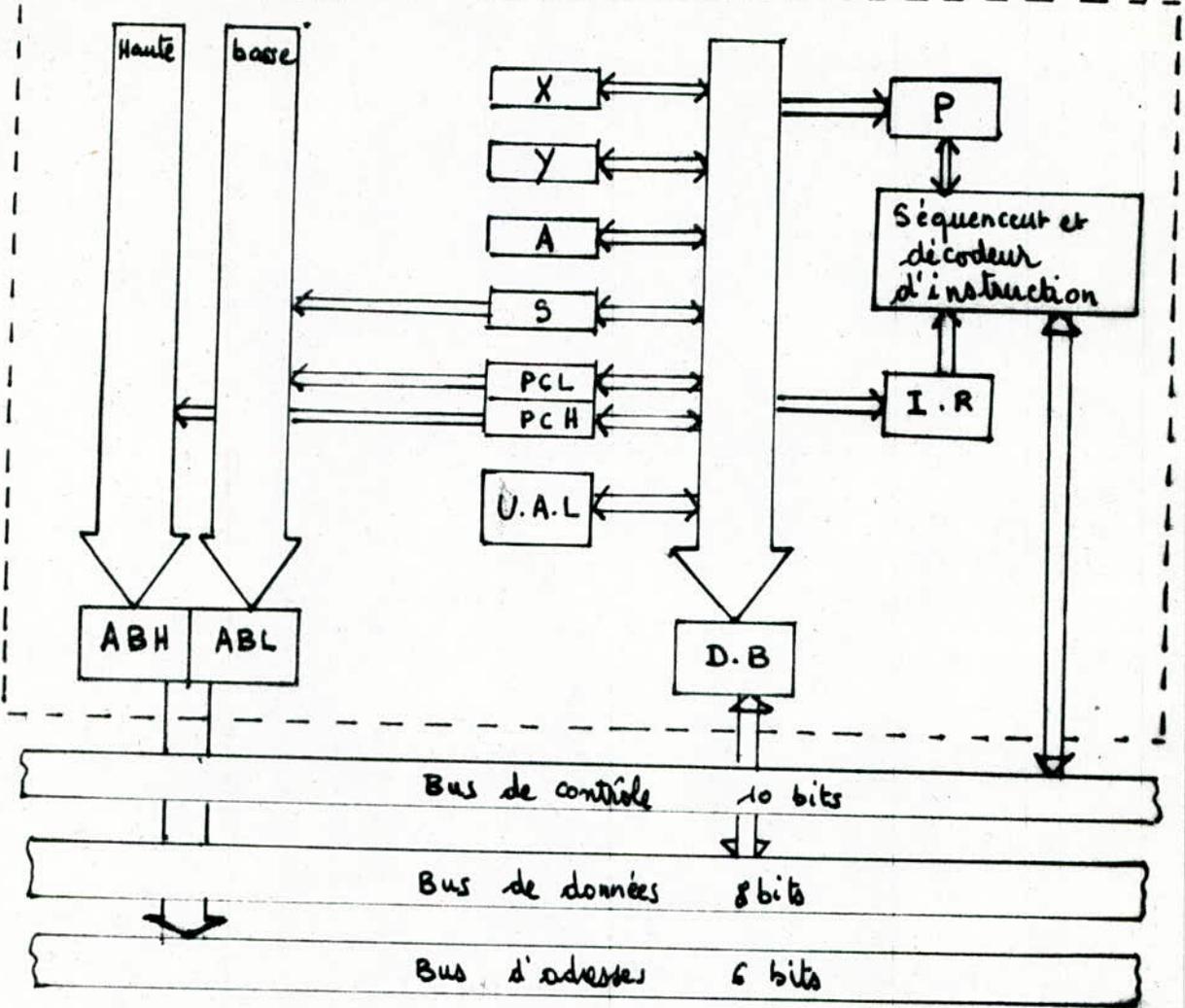
Donc ce sont ces deux dernières adresses qu'on va utiliser dans notre programme pour établir les temporisations voulues . Par exemple pour programmer une temporisation de 10 s, il suffit de charger aux adresses # 0276 - # 0277 respectivement les valeurs suivantes: # E8 - # 03 (# 03E8 = 1000 en décimal) et chaque fois on ^{fait} un test sur le contenu de cette adresse s'il est égale à zéro ou non . Si oui la temporisation est terminée et le temps écoulé est égale à 10s .

L'avantage d'utiliser le Timer du 6522 comme temporisateur réside dans le fait que le microprocesseur est tout à fait libre de faire n'importe quoi pendant la temporisation sans influencer sur elle . On peut aussi passer d'une temporisation à une autre par un simple changement du contenu de l'adresse # 0276-# 0277 .

Architecture interne

Bus d'adresses interne

Figure (III-7)



Le microprocesseur 6502 est composé (comme le montre la figure (III-7)), de :

- 2 registres d'index (X et Y), utilisés dans une technique d'adressage particulière de la mémoire dite d'adressage indexé.

- Un accumulateur (A) : toutes les opérations (arithmétique et logique) se font dans l'accumulateur qui stock ensuite les résultats.

- Un pointeur de pile (S) : dans le 6502, la pile commence de l'adresse #1FF jusqu'à #100.

- Un compteur de programme (PCL et PCH) : contient l'adresse de l'octet d'instruction suivante à extraire de la mémoire. Après l'extraction de chaque instruction il s'incrémente automatiquement.

- Une unité arithmétique et logique (UAL) : c'est l'organe où toutes les opérations arithmétiques et logiques sont exécutées.

- Registre de statut du processeur (P) : fournit l'information sur le résultat d'opérations arithmétiques et logiques et l'état où le mode d'opération du microprocesseur .
- Un registre d'instruction (IR) : détermine la forme de l'instruction extraite de la mémoire .
- Des mémoires tampon de donnée (DB) et d'adresse (ABH ,ABL) : ce sont des registres qui fournissent l'interface entre les circuits internes du 6502 et les données externes ou les mémoires tampon d'adresse .
- Une section de traitement et de décodage des instructions : c'est le cerveau du microprocesseur . Toutes les opérations arithmétiques et logiques ainsi que les transferts de données sont commandées de cette section .

En ce qui concerne le registre P , 7 de ses 8 bits servent de drapeaux . Ceux-ci sont positionnés par certaines instructions .

N	V	*	B	D	I	Z	C
b7	-	-	-	-	-	-	b0

- C : carry : retenue
- Z : zero : Z = 1, si le résultat de l'opération est nul
- I : masque d'interruption : I = 1, les IRQ sont masqués .
- D : mode DCB : D = 1, les instructions arithmétiques agissent sur les nombres décimaux cotes en binaires .
- B : break : B = 1; la précédente interruption est due à une instruction BRK .
- V : over flow : V = 1, si l'instruction a utilisé une retenue du bit 6 sur le bit 7 .
- N : négatif : N = 1 , si le bit 7 du résultat de l'opération est à 1 /

IV-1) Description de la carte : (figure IV-1)

La carte d'interface est constituée d'un PIA (DC-6821) et de son circuit de décodage (7400 + 7420), d'un convertisseur analogique numérique, de deux monostable M1 et M2 et d'un échantillonneur bloqueur (LF 398), le tout est monté sur un circuit imprimé double face de dimension 10cm sur 15cm (figure IV-2)

IV-2) Principe de fonctionnement

a) Calcul de II : (Ken position 1)

Le signal RMN issu du récepteur attaque l'entrée de l'E/B (broche 3) dont l'entrée logique (broche 8) est relié à la sortie Q du monostable M2.

Un niveau bas sur la broche 8 du LF 398 met ce dernier en position d'attente. L'arrivée d'un niveau haut déclenche le processus d'échantillonnage et le retour au niveau bas assure la phase de blocage jusqu'à l'arrivée de la prochaine impulsion.

Le signal échantillonné et bloqué est appliqué par l'entrée de l'ADC 804 (broche 6), dont la commande CS (broche 1) est en permanence à l'état bas, validant ainsi à tout moment les entrées logiques RD (broche 2) et WR (broche 3).

Le passage de WR lié à la sortie Q de M2 (broche 1) de l'état bas à l'état haut, lance la conversion (figure V-1). Lorsque celle-ci est terminée, un niveau bas est envoyé sur INTR à l'entrée CAI du PIA.

Le résultat est disponible dans les latches de sorties après l'arrivée d'un niveau bas sur l'entrée RD. Les opérations de blocage et d'échantillonnage et de conversion A/N sont contrôlées par le micro-ordinateur.

Le déclenchement du monostable M1 est réalisé lors du passage de l'état haut à l'état bas du signal impulsionnel (PB7 du PIA) Après un retard de 10µs la sortie Q du monostable M1 passe à l'état bas. Cette transition est appliquée à l'entrée du monostable M2 (broche 3) via l'inverseur K provoquant ainsi son déclenchement. Les sorties Q et Q produisent alors les signaux de commandes destinés respectivement au LF 398 et à l'ADC 804.

...../.

L'utilisation de Q et \bar{Q} synchronise donc le lancement de la conversion avec le début de la période de blocage .

b) Calcul de T2

La logique de commande de l'E/B et du convertisseur est réalisée par le programme et le signal logique est disponible à la broche PB5 du PIA pour être appliqué directement à l'entrée du monostable M2 (broche 3) . Les deux sorties Q et \bar{Q} du monostable M2 restent inchangées . ainsi le monostable MI n'intervient pas dans le calcul de T2

Remarques ;

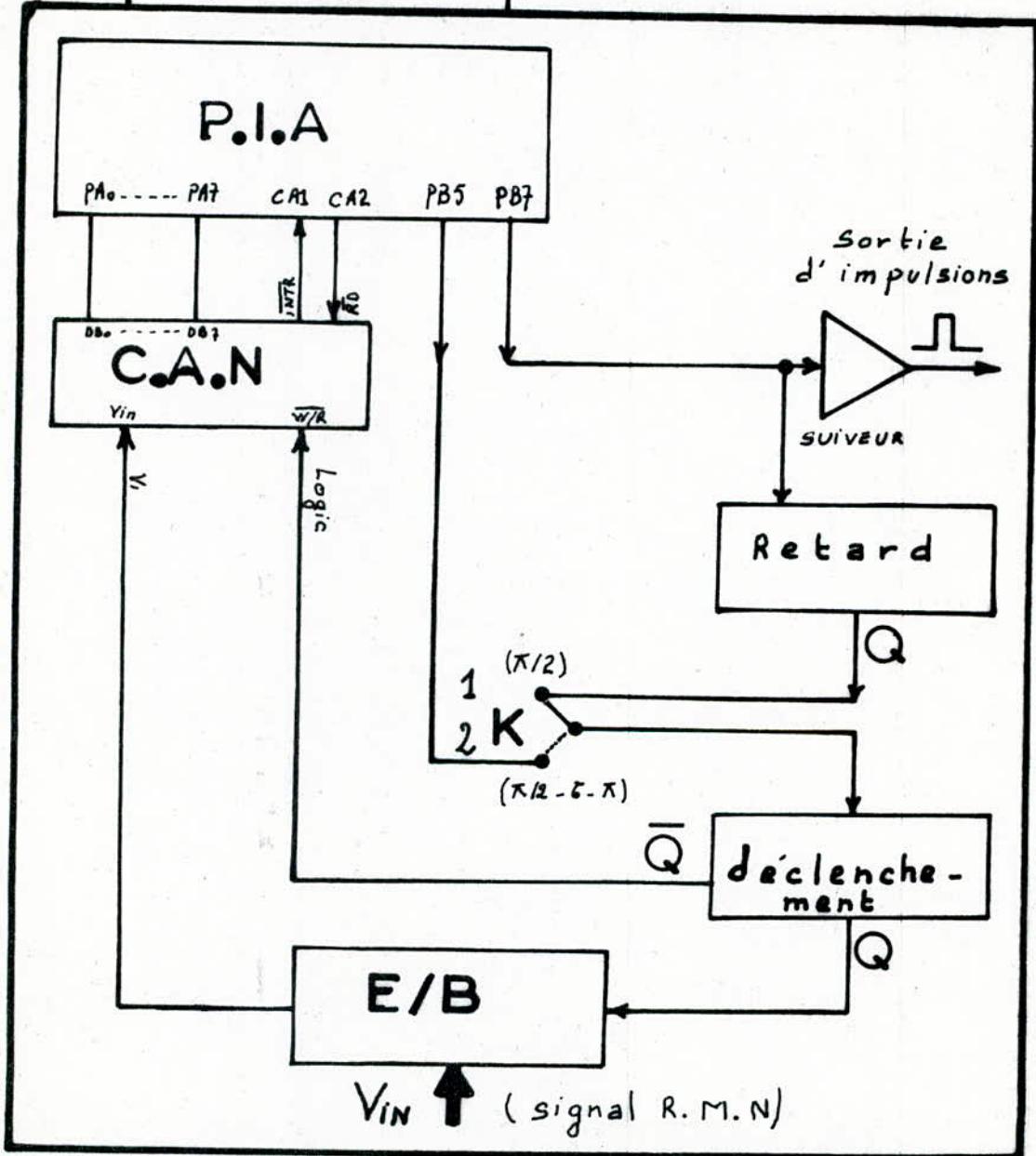
PB7 représente la sortie du programmateur d'impulsions qui est lié à un étage suiveur formé par le transistor T1.

La carte d'interface est reliée au micro ordinateur par une nappe de 23 fils figure (IV-3).

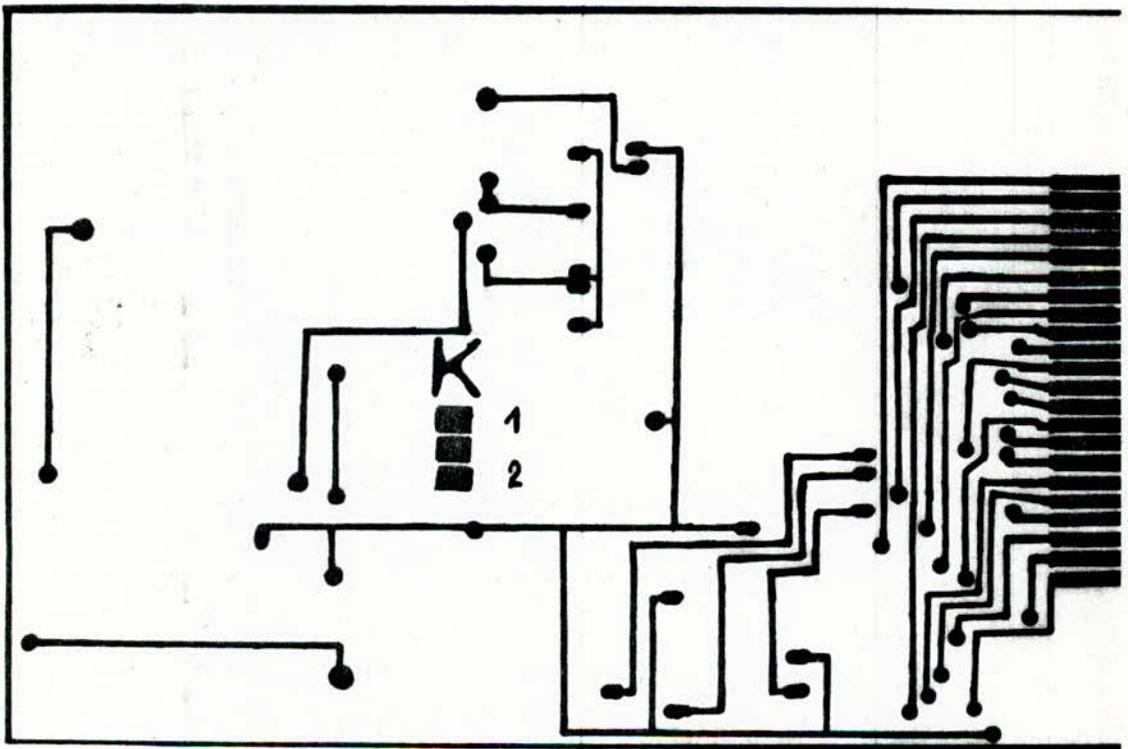
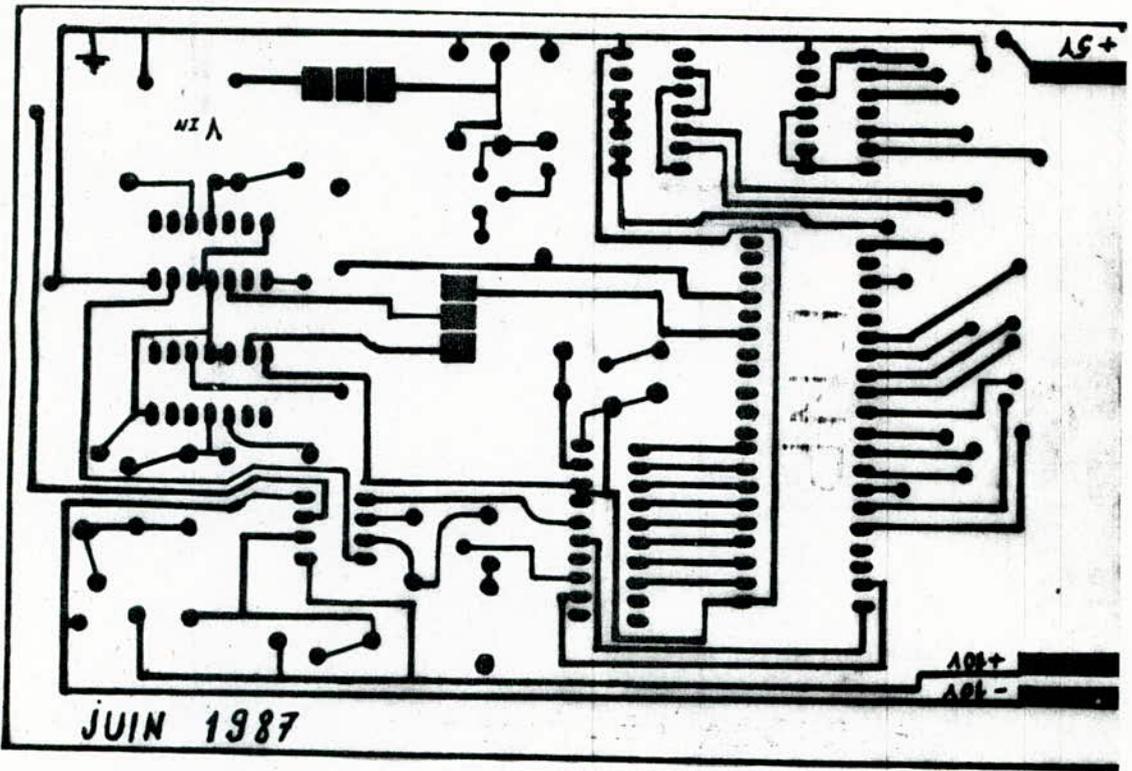
Le brochage des différents circuits intégrés est donné sur la figure (IV-4) .

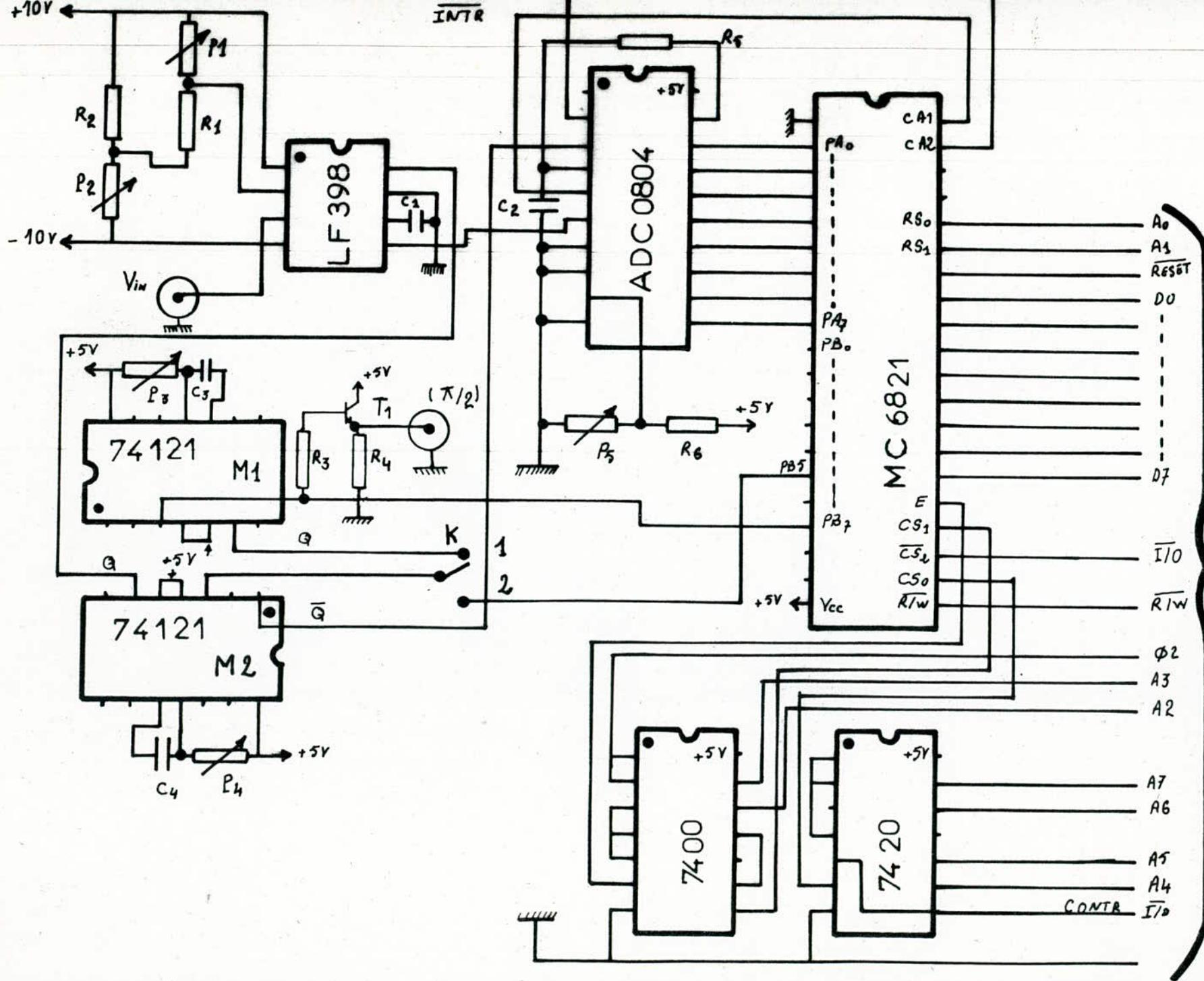
MICRO ORDINATEUR ORIC ATMOS

Bus de
Liaison.



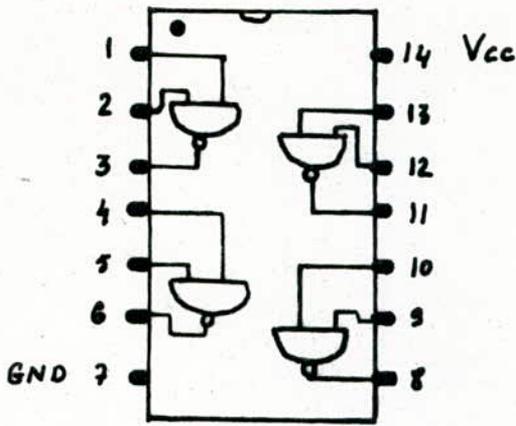
Synoptique de la chaîne d'acquisition
et du programmeur d'impulsions
figure (IV, 1)



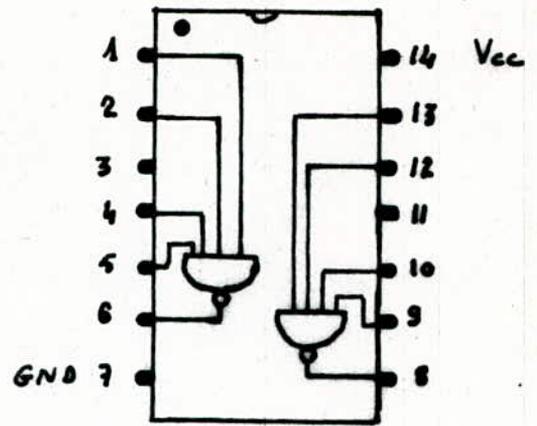


Vers le port d'extension d'ORIC

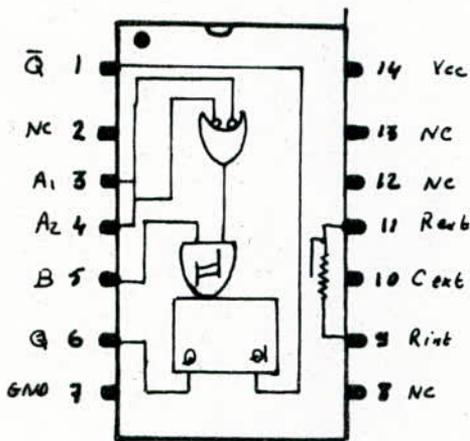
Schema de principe de la carte figure (IV, 3)



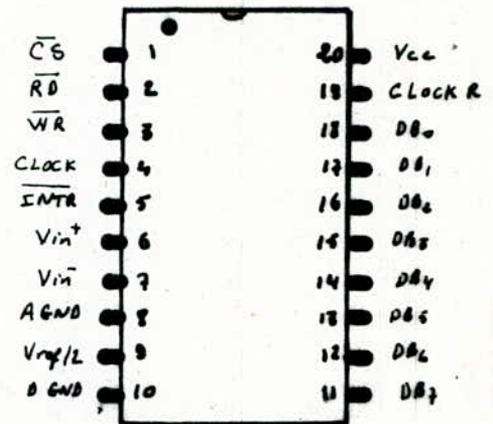
74 LS00



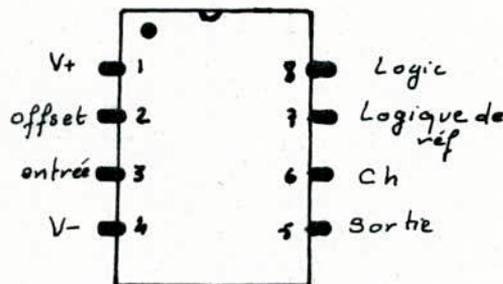
74 LS20



SN 74 121



ADC 0804



brochage des différents C.I
figure (IV, 4)

CHAPITRE VI

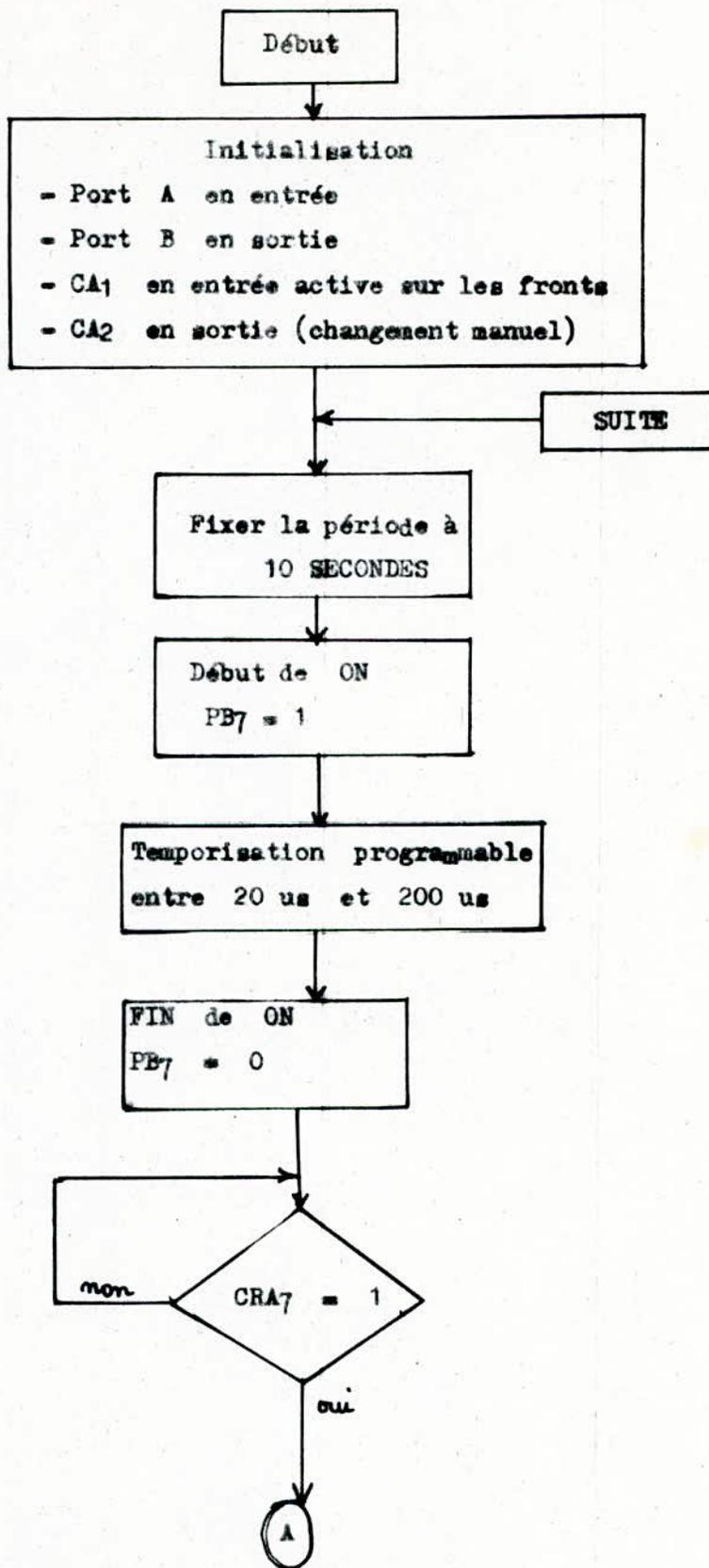
ORGANIGRAMMES

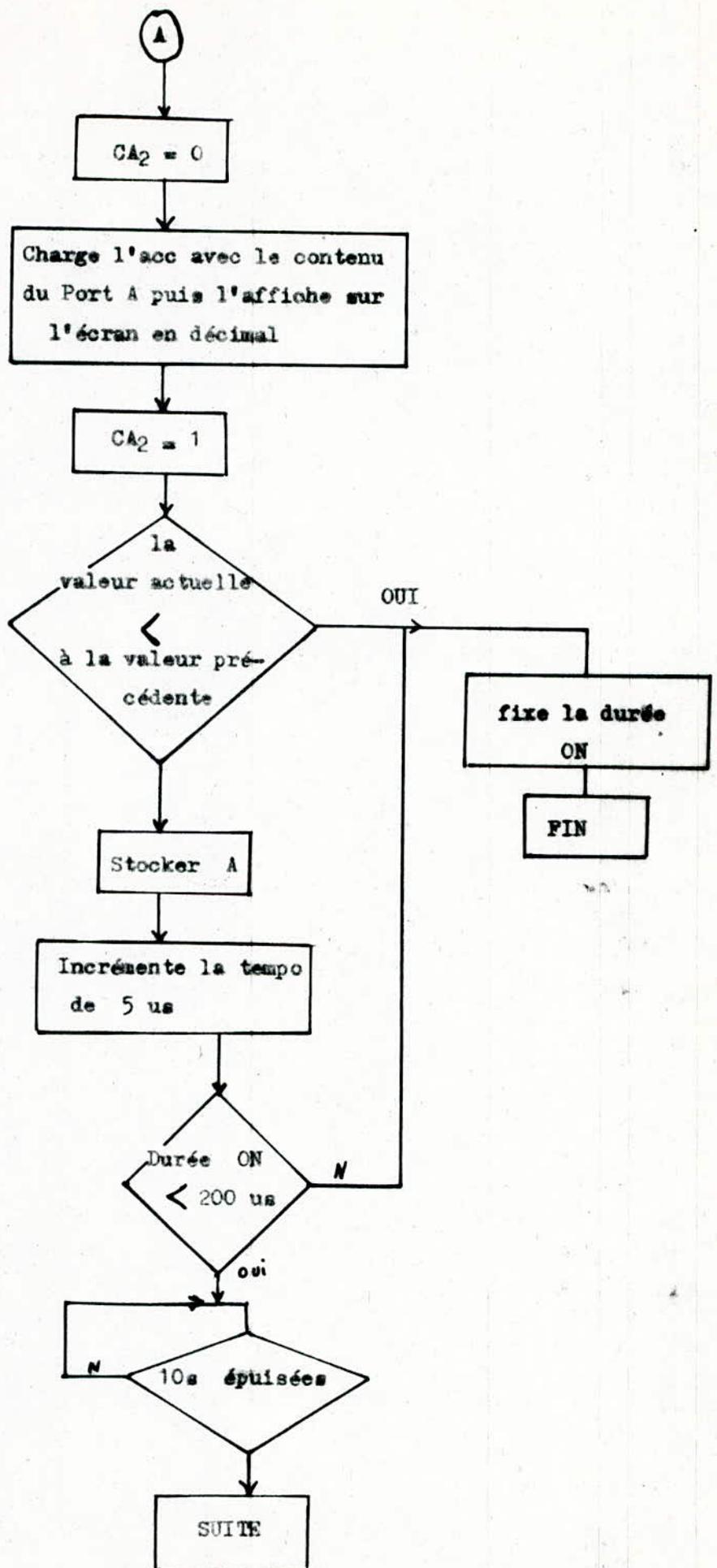
ROLE DE L'ORGANIGRAMME SUIVANT

Cet organigramme sert à générer les séquences d'impulsions de période fixe égale à 10s , avec une durée ON variable entre 20 us et 200 us , avec un pas de 5 us .

Pour chaque ON , on fait l'acquisition et on compare cette valeur à la valeur précédente . Si la valeur acquise est supérieure à la valeur précédente , on n'a pas atteint le maximum, de ce fait on augmente la période de ON de 5us , sinon on sauvegarde la durée qui donne le maximum pour l'utiliser dans les autres programmes .

ORGANIGRAMME DE CALCUL DE "ON" MAXIMAL

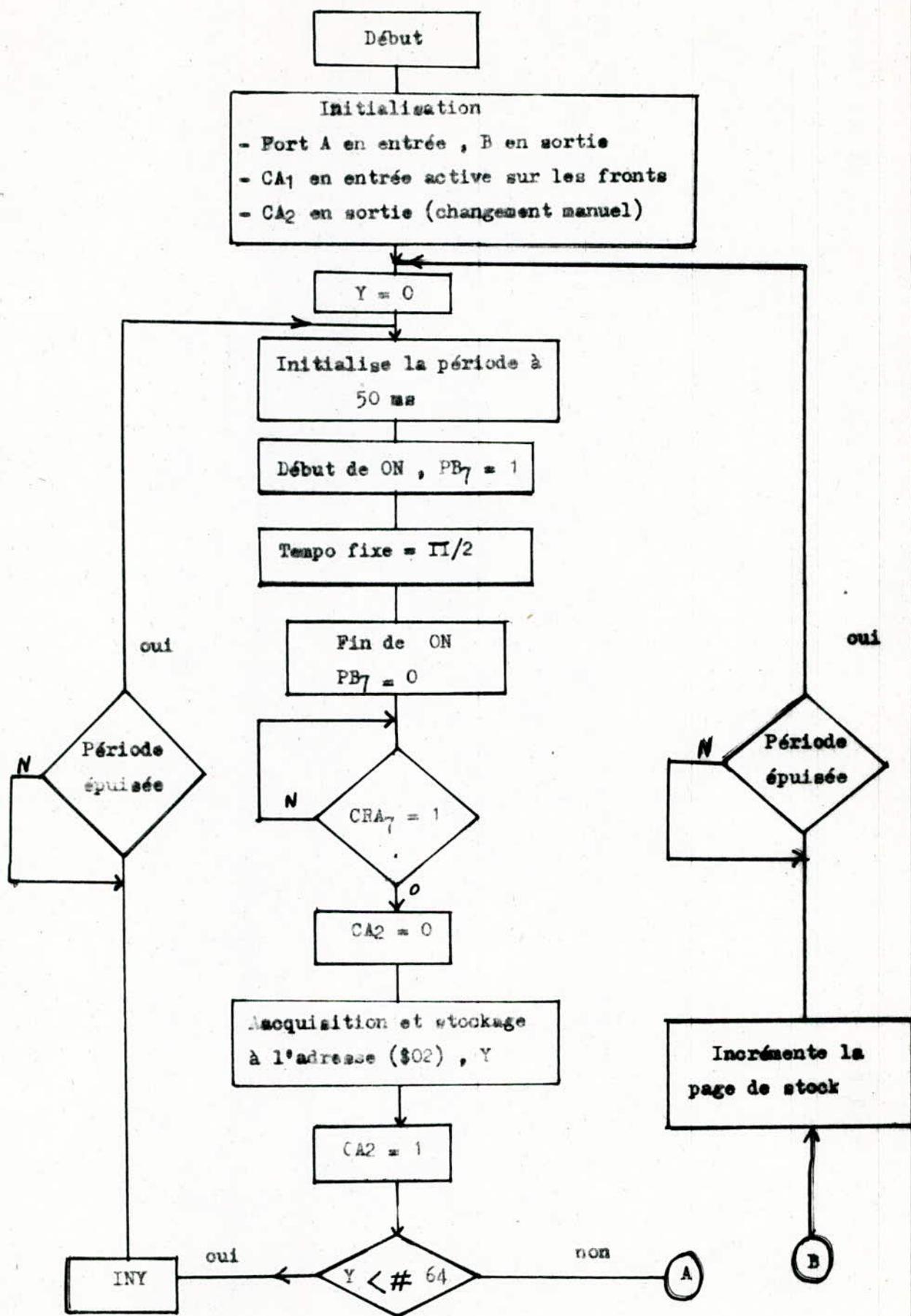


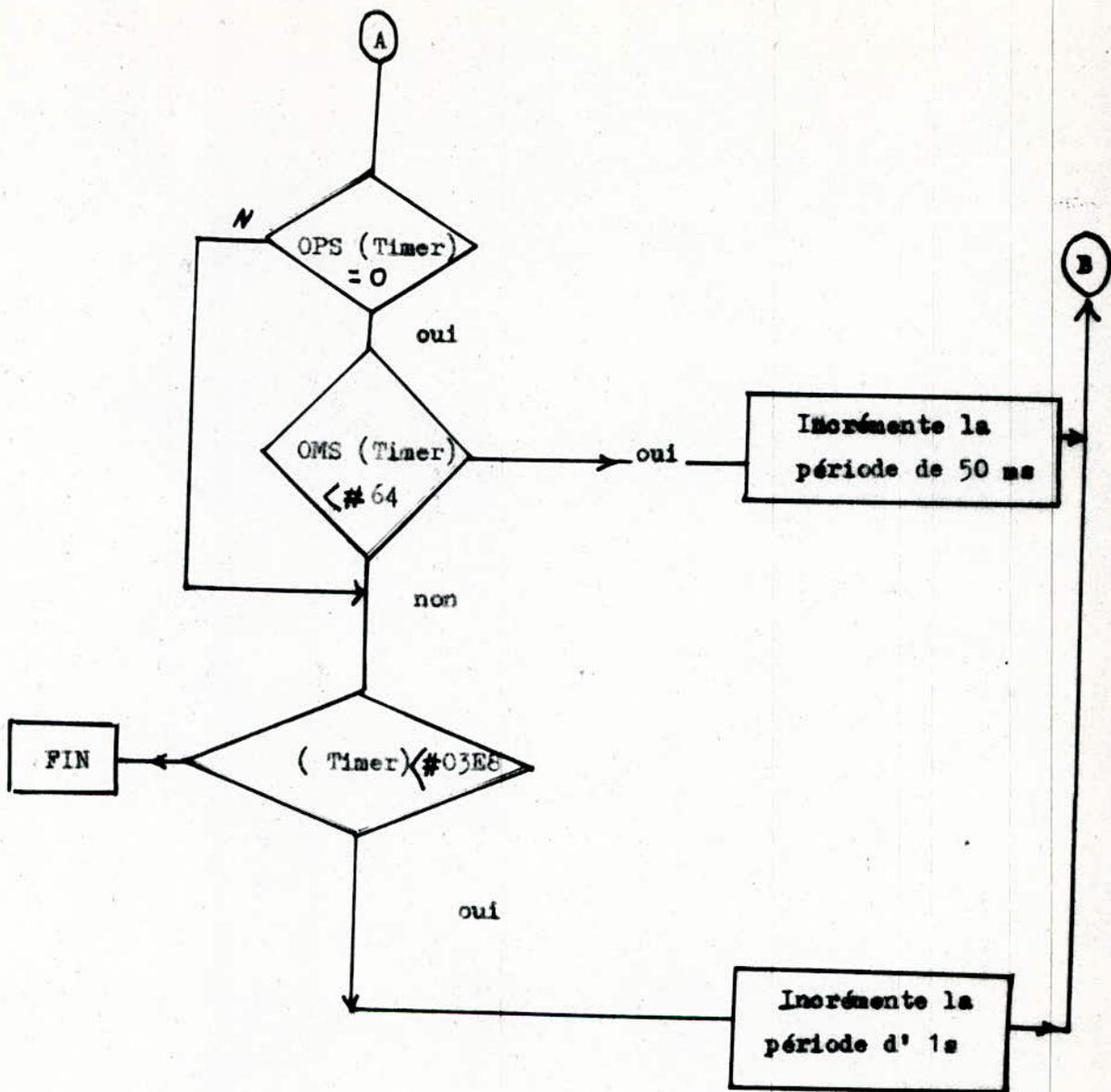


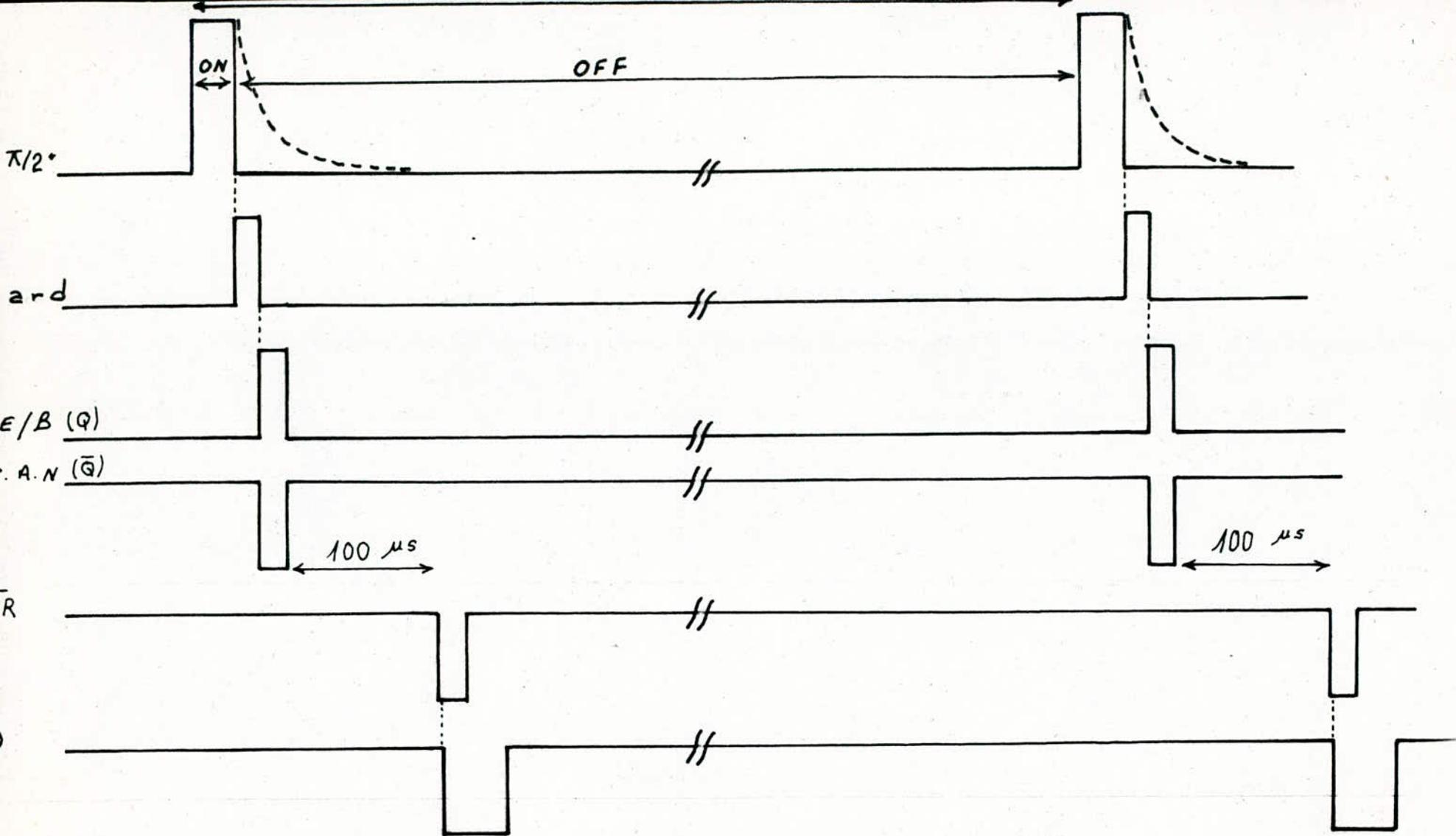
ORGANIGRAMME DE CALCUL DE T_1

On génère un signal de durée ON fixe (déterminé précédemment par le premier sous-programme) ,et de période variable entre 50 ms et 1 s avec un pas de 50 ms, et entre 1 s et 10 s avec un pas d' une seconde . Pour chaque période on prélève et on stocke 105 valeurs qui seront traitées pour le calcul du temps de relaxation T_1 . (figure V , 1)

Organigramme de calcul de T_1



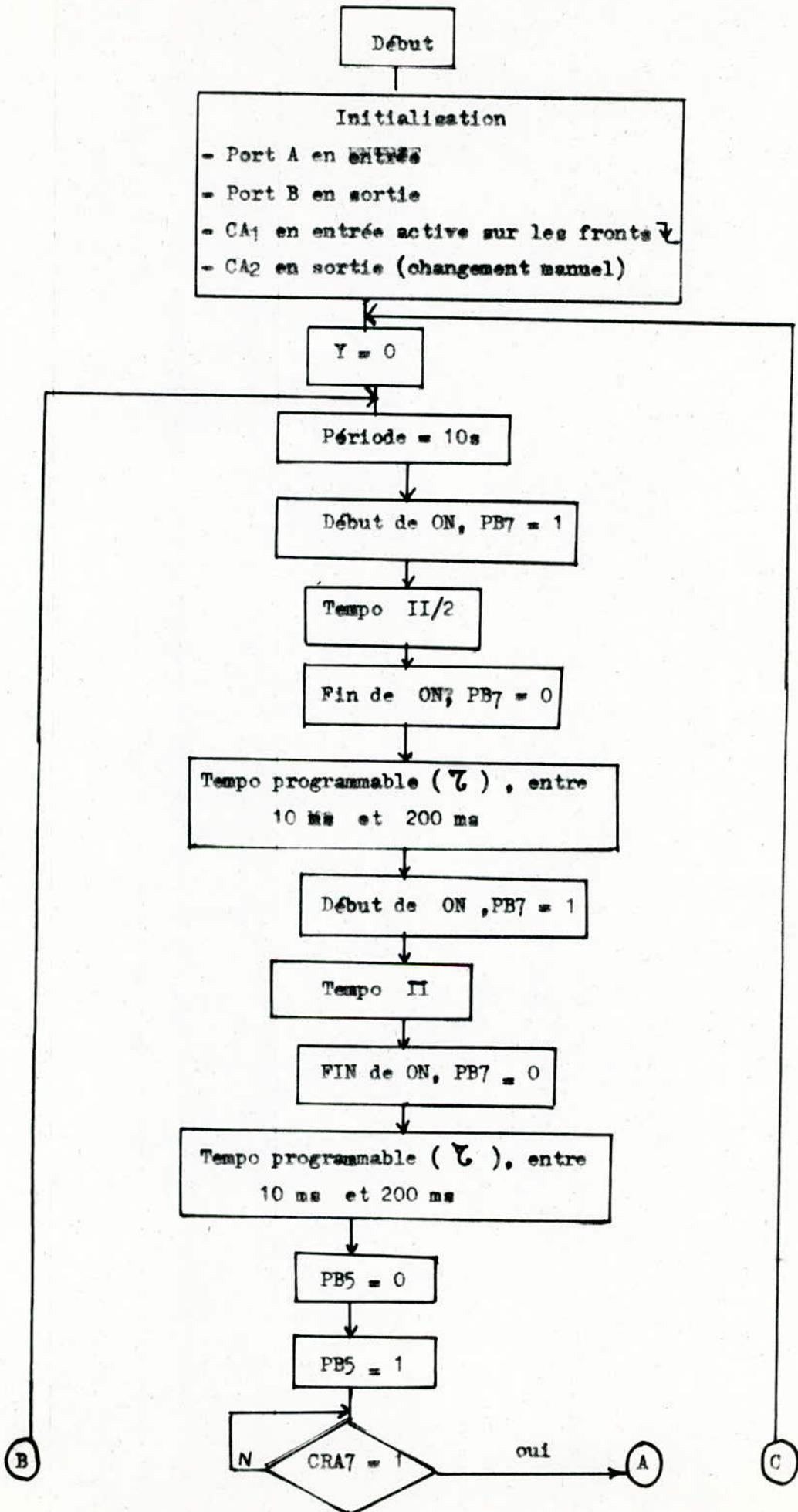


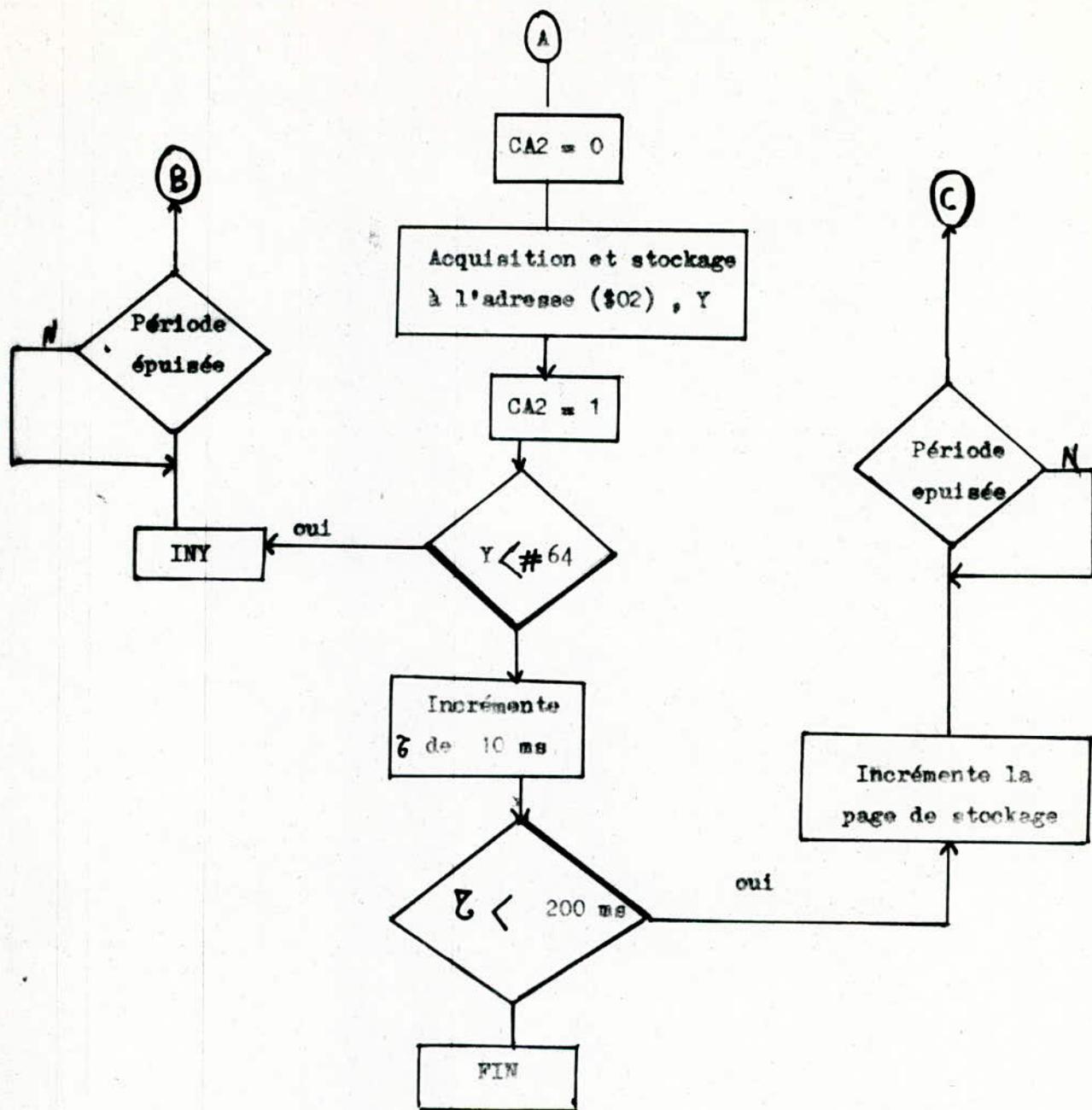


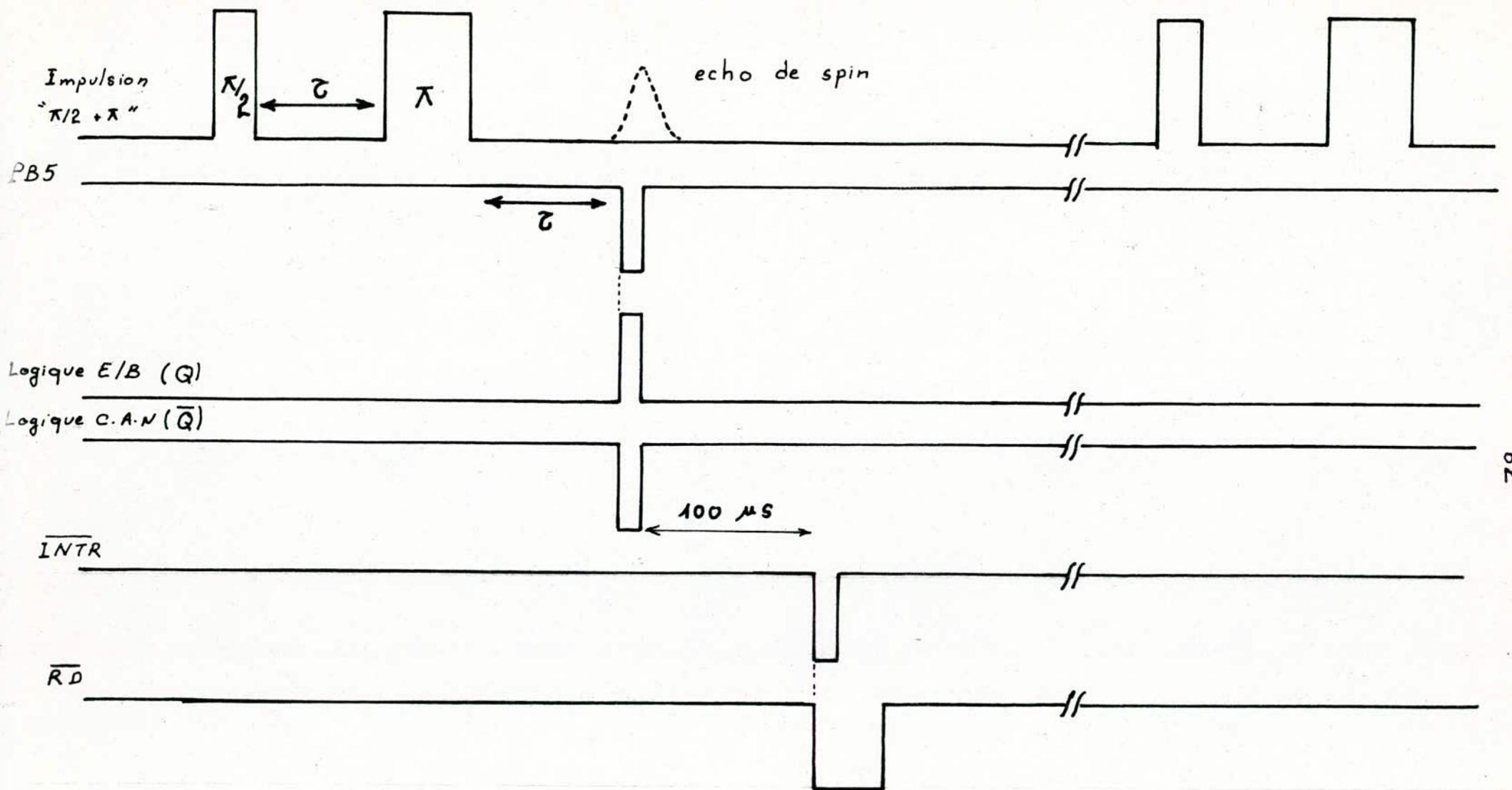
Chronogrammes de fonctionnement de la chaîne
d'acquisition pour le calcul de T_1 (figure I, 1)

ORGANIGRAMME DE CALCUL DE T_2

La durée ON étant toujours fixe , on applique une impulsion de $\pi/2$ suivie après un instant τ d'une impulsion de 180° . Un autre instant τ après π , la logique de commande nous permet de faire l'acquisition du signal analogique échantillonné et converti, qui coïncide avec la formation d'écho de spin . On fait varier τ de 50ms à 200ms avec un pas de 10ms et pour chaque pas on fait l'acquisition et le stockage de 105 valeurs qui seront traitées pour le calcul de T_2 , (figure I , 2) .







Chronogrammes de fonctionnement de la chaîne
d'acquisition pour le cycle de T2 (figure V, 2)

SOUS PROGRAMME
DE CALCUL DE ON MAXIMAL

Le programme développé ci-après sert à gérer la carte d'acquisition c'est à dire générer les impulsions et faire l'acquisition .

Ce programme est conçu pour être utilisé par n'importe qui , même s'il ne sait rien dans ce domaine . Il suffit de suivre les instructions qui apparaissent sur l'ec au moment précis . Le programme est un peut long car il contient au plus du programme principal , soit celui de calcul de la durée ON maximal ou bien celui de calcul de T₁ ou T₂ , ainsi que des programmes supplémentaires qui servent à donner des indications à l'utilisateur ou à afficher des données acquises après conversion du signal analogique sur l'écran .

• MENU

LDY #00

• BOUCLE

LDX MESSAGE , Y

BEQ FIN

JSR #F77C

INY

CPY #SFF

BEQ SAUT

JMP BOUCLE

• SAUT

LDY #00

• BL

LDX MESSAGE + FF , Y

BEQ FIN

JSR #F77C

INY

JMP BL

• FIN

JSR #EB78

CMP # " "

BNE FIN

JMP LF

* MESSAGE

: OC OR OD

> ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

: OA OA OA OA OD SA

> PROJET DE FIN D'ETUDES

: OA OD SA

> PROJET DE FIN D'ETUDES

: OA OR OA OD

> SUJET

: OA OA OA OD

> Realisation d'une carte d'interface pour
un spectromètre RMN et développement
d'un microprogramme pour la mesure des
temps de relaxations

: OA OA OD

> Proposé par : Dr : PUUVADA

: OA OA OD

> Etudié par :

: OA OA OD SE

> BECIS Abdelaziz § ABOUD Sadek

: OA OD SE

> BECIS Abdelaziz § ABOUD Sadek

: OA OA OA OA OD

> APPUYER SUR " ESPACE " POUR CONTINUER

: OO

Cette partie du programme sert à afficher sur l'écran le message suivant :

...../.....

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Sujet :

Réalisation d'une carte d'interface pour
un spectromètre RMN et développement
d'un microprogramme pour la mesure des
temps de relaxations

Proposé par :

Dr : PUVVADA

Etudié par :

BECIS Abdelaziz § ABOUD Sadek

Appuyer sur "Espace" pour continuer

et attend q'on appuye sur "Espace "

• L F

L D X # \$ 0 0

• B L E

L D X M E S S , Y

B E Q E N D

J S R \$ F 7 7 C

I N Y

C P Y # \$ F F

B E Q S A T

J M P B L E

• S A T

L D Y # \$ 0 0

• B E L

L D X M E S S A G E + F F , Y

B E Q E N D

J S R \$ F 7 7 C

I N Y

J M P B E L

...../.....

```

• END
JSR $EB78
CMP #1
BEQ ON MAX
CMP #2
BEQ CALL T1
CMP #3
BEQ CALL T2
JMP END

```

```

• ON MAX

```

```

JMP MAX

```

```

• CALL T1

```

```

JMP CALL T1

```

```

• CAL T2

```

```

JMP CALL T2

```

```

• MESS

```

```

: OC OA OD SA

```

```
> GENERATION D'IMPULSIONS
```

```
/ OA OD SA
```

```
> GENERATION D'IMPULSIONS
```

```
: OA OA OD
```

```
ET
```

```
: OA OA OD SA
```

```
> ACQUISITION DE DONNEES
```

```
: OA OD SA
```

```
> ACQUISITION DE DONNEES
```

```
: O O A O A O D
```

```
> Vous pouvez
```

```
: O O A O A O A O D
```

...../.....

```

>      1 - CALCULER ON MAXIMAL
: OA OA OD
>      2 - CALCULER T1
: OA OA OD
>      3 - CALCULER T2
/ OA OA OA OA OA OD
>      ENTRER VOTRE CHOIX
/ OO

```

Cette partie du programme sert à afficher le message suivant sur l'écran :

```

GENERATION D'IMPULSIONS
ET
ACQUISITION DE DONNEES
( Vous pouvez )
1 - CALCULER ON MAXIMAL
2 - CALCULER T1
3 - CALCULER T2
ENTRER VOTRE CHOIX

```

```

; Sous programme de calcul de ON MAX
. MAX
JSR Inverseur

```

Cette routine sert à afficher sur l'écran le message suivant :

```

METTRE L'INVERSEUR " K " SUR LA
POSITION " 2 "
APPUYER SUR " C " POUR COMMENCER

```

```

LDX # $0C      Cette routine de la ROM sert à effacer l'écran
JSR $F77C
JSR $CBF0      Positionne le curseur au début de l'écran

```

...../.....

```

LDA #00
STA $03FD
STA $03FF
STA $03FC
LDA #FF
STA $03FE
LDA #3E
STA $03FD

```

Charger CRA et CRB avec 00 pour pouvoir accéder à DDRA et DDRB

Charger DDRA avec 00 : port A en entrée

Charger DDRB avec FF : port B en sortie

Charger CRA avec 0011110

Ce chiffre nous permet :

- 1) D'accéder à ORA car bit 2 = 1
- 2) Programmer CA1 en entrée active sur les fronts  grâce aux bits 0 et 1
- 3) Programmer CA2 en sortie (avec changement manuel) et le met à 1 grâce aux bits (3 , 4 , 5)

```

LDA #04
STA $03FE
LDA #02
STA $2000
LDA #00
STA $2000
LDY #00
TYA
PHA

```

Charger CRB avec 04 (bit 2 = 1) pour pouvoir accéder à ORB

Charger l'adresse 2000 avec 02 qui est utilisée pour initialiser la durée ON à 20 μ s

Initialise la première valeur acquise à 0

Charge Y avec 00 puis le sauvegarde dans la pile sinon il sera détruit par des routines d'affichage

• Suite

```

LDA #03
STA $0277
LDA #E8
STA $0276
LDA #80
STA $03FE

```

Charge O.P.S du Timer avec 03

Charge OMS du timer avec E8 ; tel que le nombre #03EF = 1000 en décimal. Ce nombre nous permet d'obtenir une temporisation de $10 S = 1000 \times 10 = 10000ms = 10s$

Début de ON , charge le bit 7 de ORB avec 1

...../...

```

(4) LDX #2000
    * TEST 1
(2) DEX
(3) BNE TEST 1
(2) LDA #00
(4) STA #03FE

PLA
TAY
CPY #00
BEQ TEST 5
INY
TYA
PAA

* TEST 2
BIT #03FD
BPL TEST 2
LDA #36
STA #03FD
LDA #00
LDX #03FC
STX #2006
JSR #EOC5
LDA #2006
CMP #2001
BCC Sortie
STA #2001

* TEST 5
LDA #3E
STA #03FD

```

Temporisation programmable suivant le contenu de l'adresse 2000 .

La durée ON = $X (2+3) + 4 + 4 + 2 = 5X + 10$, donc le pas d'incrémentatation de ON = 5 μ s

Fin de ON , charge le bit 7 de ORB avec 0 .

Pour ne pas tenir compte de la première valeur

Test si bit 7 de CRA = 1 , c'est à dire l'arrivée de front \downarrow sur CA1

Force CA2 à 0 qui relié à \overline{RD} ce qui valide les données à la sortie du CAN .

fait l'acquisition , le stockage et l'affichage sur l'écran de la valeur acquise en décimal .

Compare la valeur actuelle avec la valeur précédente pour détecter le maximum .

ssi supérieur ;il sauvegarde A dans l'adresse 2001

Force CA2 à 1

...../.....

```

LDA $2000 ]
CMP # $26 ]
BBL Sortie ]
INC $2000 ]

```

Test si la durée ON est arrivée à 200 µs si ou
 ⇒ fin ;

Incmente la durée ON de 5 µs

```

• TEST 3
LDA # $FF ]
STA $0272 ]
STA $0273 ]
STA $0274 ]
STA $0275 ]
LDA $0277 ]
BNE TEST 3 ]

```

Pour supprimer les interruptions dues au clavier
 et au curseur qui perturbe le générateur d'impul-
 tions .

Test si l' O.P.S du timer = 0

```

• TEST 4
LDA $0276 ]
BNE TEST 4 ]

```

Test si l'O₀M₀S₀du timer = 0 , si oui
 la période de 10 s est épuisée . On revient au
 début

```

JMP Suite
. Sortie
LDA $2000 ]
SEU ]
SBC # $01 ]
STA $2003 ]
LDY # $00 ]

```

Sauvegarde la valeur de X qui donne une durée
 Max (II/2) à l'adresse \$2003 .

```

• HGR
LDX RESULTAT , Y
BEQ TEST 70
JSR $F77C
INY
JMP HGR
• TEST 70

```

...../.....

* R E S U L T A T

: O A O A O A O A O A O A O A O D

> J'AI TROUVE LA DUREE ON QUI DONNE

: O A O A O D

> UN SIGNAL MAXIMAL

: O A O A O A O D

> VOULEZ VOUS REFAIRE LE TRAVAIL UNE

: O A O A O D

> DEUXIEME FOIS (O / N) ?

: O O

Cette partie du programme affiche après que l'ordinateur termine le calcul de ON de maximal le message suivant :

J'ai trouve la durée ON qui donne un
signal maximal .
Voulez vous refaire le travail une deuxième
fois (O / N) ?

Si on appuye sur O (oui), il refait le même travail une deuxième fois . Par contre si on presse N (non) , il passe à la première page (menu) pour choisir autre chose .

* T E S T 7

J S R S E B 7 8

C M P S " O "

B E Q R E F

C M P S " N "

B E Q M E N

J M P T E S S E T 7

* R E F

J M P M A X

* M E N

J M P M E N U

FIN du ~~prog~~ programme de calcul de ON maximal .

SOUS PROGRAMME
DE CALCUL DE T1

```

• CALL M
JSR INVERSEUR
JMP GHB
• INVERSEUR
LDY #00
• GBC

LDX GAC, Y
BEQ GCD
JSR SF77C
INY
JMP GCB
•GCB
JMP GCC
• GAC
: 00 0A 0A 0A 0A 0A 0A 0A 0D
> METTRE L'INVERSEUR "K" SUR LA
/ 0A 0A 0D
> POSITION "2"
: 0A 0A 0A 0A 0A 0A 0A 0D
> APPUYER SUR "C" POUR COMMENCER
: 0A 0A 0D
> S.V.P.
: 00
• GCC
JSR $EB78
CMP #0 "C"
BNE GCC
RTS
•GHB

```

...../.....

```

LDA # $00
STA $03FD
STA $03FF
STA $03FC
LDA # $FF
STA $03FE
LDA # $3E
STA $03FD

```

Charger CRA et CRB avec 00 pour pouvoir accéder à DDRA et DDRB

Charger DDRA avec 00 ⇒ port A en entrée

Charger DDRB avec FF ⇒ port B en sortie

Charger CRA 00111110

Pourquoi 3E ?

- 1) Bit 2 = 1 ⇒ accès à ORA
- 2) Bit 0 et 1 fait activer CA1 sur les fronts descendants 
- 3) Programmer CA2 en sortie et le mettre à 1 grâce au bit (5, 4, 3)

```

LDA # $04
STA $03FF
LDA # $00
STA $2021
LDA # $05
STA $2020

```

Charger CRB avec 04 (bit 2 = 1), pour accéder à ORB

L'adresse (*2021 - 2020) sera utilisée pour charger le timer. Vous remarquerez qu'elle est chargée avec la valeur 0005 ce qui donne une temporisation de $5 \times 10 = 50$ ms

```

• TEMPO
LDX # $0C
JSR $F77C
JSR $CBF0
LDY # $00
TYA
PAA

```

Efface l'écran et positionne le curseur au début de l'écran .

Le registre Y est utilisé comme un index pour le stockage

```

• RST
LDA $2021
STA $2077

```

Charger le Timer haut avec le contenu de l'adresse 2021

...../...

```

LDA $2020 ]
STA $2076 ]
LDA #80 ]
STA $03FE ]
LDX $2003 ]
TEST 8 ]
DEX ]
BNE TEST 8 ]
LDR #00 ]
STA $03FE ]
• TEST 9 ]
BIT $03FD ]
BPL TEST 9 ]
LDA S36 ]
STA S03FD ]
LDA S03FC ]
STVA S2006 ]
STA (S02)Y ]

```

```

LDAA #00 ]
LDX $2006 ]
JSR $EDC5 ]
LDA #3E ]
STVA $03FD ]

```

Charger le Timer bas avec le contenu de l'adresse 2020

Debut de ON : charger le bit 7 de ORB avec 1

Temporisation ON qui donne un signal maximal déjà calculer par le premier sous programme

FIN de ON (bit 7 = 0)

Test l'arrivée du front descendant sur CA1 (\overline{INTR})

Mise à zéro de CA2 (bit 3 = 0) de CRA) $\Rightarrow \overline{RD} = 0$

Acquisition et stockage

Remarque : pour le stockage le mode d'adressage utilisé est " indirect indexé ". (\$02) représente l'adresse de 16 bits contenue dans les adresses #0002 ET #0003 de la page zéro .

Affichage sur l'écran de la valeur acquise en décimal

Remise à 1 de CA2 (bit 3 = 1 de CRA) $\Rightarrow \overline{RD} = 1$

...../.....

PLA
TAY
CPY # \$ 6 4
BEQ ABL
INY
TYA
PAA

Test si le nombre de valeurs acquises est arrive à 100

LDA # \$ FF
STA \$ 0 2 7 2
STA \$ 0 2 7 3
STA \$ 0 2 7 4
STA S 0 2 7 5

Supprime les interruptions dues au clavier et au curseur

*TEST A
LDA \$ 0 2 7 7
BNE TEST A

Test si l' O.P.S du timer est arrivé à 0 .

*TEST B
LDA \$ 0 2 7 6
BNE TEST B

Test si l'O.M.S du timer est arrivé à 0 .

JMP RST
ABC

LDA \$ 2 0 2 1
BNE ACC

Test si l'O.P.S du timer = 0 .

LDA \$ 2 0 2 0
CPM # \$ 6 4

Compare l'O.M.S du timer à 64 or 64 = 100 temporisation de 100 x 10 = 1 S

BPL ACC

CLC
ADL .
STA \$ 0 5
\$ NC \$ 2 0 2 0
\$ 0 0 0 3

Ajoute 05 au contenu de l'adresse 2020 ce qui incrémente la page de stockage

Incrémente la page de stockage

*TEST
LDA # \$ FF
STA \$ 0 2 7 2

```

STA #0273
STA #0274
STA #0275
LDA #0277
BNE TEST C
TEST D
LDA #0276
BNE TEST D
JMP TEMPO
• ACC
LDA #2021
CMP #03
BNE ADC
LDA #2020
CMP #E8
BLS AEC
• ADC
CLC
LDA #2020
ADC S64
STA #2020
BLC AFC
INC #2021
• AFC
INC #0003
JMP TEST C
• AEC
JMP MENU
;

```

Test la FIN de la période

Compare l'O.P.S du timer à 03 ; car sa valeur maximale est 03

Compare l'O.M.S du timer à E8

Incréments la période d'une seconde

Incréments la page pour le stockage

FIN du sous programme de calcul de T₁

...../.....

SOUS PROGRAMME
DE CALCUL DE T2

SOUS PROGRAMME DE CALCUL DE T₂

```

;
*CALL T2
LDY # $00
*FAA
LDX FBA, Y
BEQ FBB
JSR SF77C
INY
JMP FAA
*FBB
JMP FBF
*FBA
:OC OA OA OA OA OA OA OA OD
> METTRE L'INVERSEUR "K" SUR LA
:OA OA OD
> POSITION "1"
:OA OA OA OA OA OA OA OD
> APPUYER SUR "B" POUR COMMENCER
:OA OA OD
> S.V.P
:OA

```

Cette partie ^{du} programme affiche sur l'écran dès qu'on appelle le sous programme de calcul de T₂, le message suivant :

METTRE L'INVERSEUR "K" SUR LA POSITION "1"
 APPUYER SUR "B" POUR COMMENCER

```

*FBF
JSR $EB78
CMP # $"B"
BNE FBF

```

Attend qu'on appuie sur "B" pour commencer

```
LDX # $0C
JSR $F77C
JSR $CBF0
```

Efface l'écran et positionne le curseur au début de l'écran .

```
LDA # $00
STA $03FD
STA $03FF
STA $03FC
```

Initialisation du PIA même explications que précédemment .

```
LDA # $FF
STA $03FE
LDA # $3E
```

```
STA $03FD
```

```
LDA # $04
```

```
STA $03FF
```

```
LDA # $20
```

Mise à 1 de PB5

```
STA $03FE
```

```
LDA # $03
```

Initialisation de la période à 10S

```
STA $2010
```

*03E6 = 1000 - 2 = 998 ms , les 20 ms qui restent c'est pour les 2 temporisations τ .

```
LDA #SE6
```

```
LDA #S00
```

Initialisation de la temporisation τ à 10 ms

```
STA $2010
```

0001 x 10 = 10 ms

```
LDA # $01
```

```
STA $2013
```

```
LDA # $00
```

#4000 c'est l'adresse de stockage de la première valeur

```
STA $0002
```

```
LDA # $40
```

```
STA $0003
```

```
• BAC -
```

```
LDX # $0C
```

Efface l'écran et positionne le curseur au début de l'écran .

```
JSR $F77C
```

```
JSR $CBF0
```

...../.....

TYA

PHA

• BBC

LDA # \$ A 0

STA \$ 0 3 F E

LDX \$ 2 0 0 3

• BLC

DEX

BNE BLC

LDA # \$ 2 0

STA \$ 0 3 F E

LDA \$ 2 0 1 2

STA \$ 0 2 7 7

LDX # \$ 2 0 1 3

STA \$ 0 2 7 6

• BDC

LDA # \$ F F

STA \$ 0 2 7 2

STA \$ 0 2 7 3

STA \$ 0 2 7 4

STA \$ 0 2 7 5

LDA \$ 0 2 7 7

BNE BDC

• BEC

LDA \$ 0 2 7 6

BNE BEC

LDY # \$ 0 2

• BFC

LDA # \$ A 0

STA \$ 0 3 F E

Mise à 1 de PB7 , début de QN .

Temporisation

Remise à 0 de PB7 , ^{fin} de ON .

Charger le Timer pour avoir une temporisation 7 .

Test si l'O.P.S du Timer = 0

Test si l'O.P.S du Timer = 0

Pour avoir une période * 2 x II/2

Mise à 1 de PB7

```

LDX $2003
• BGC
DEX
BNE BGC
DEY
BNE BFC
LDA #20
STA $03FE
LDA $2012
STA $0277
LDA $2013
STA $0276
• CAA
LDA #FF
STA $0272
STA $0273
STA $0274
STA $0275
LDA $0277
BNE CAA
• CAB
LDA $0376
BNE CAB
LDA S00
STA $03FE
LDA #20
STA $03FE
LDA $2010
STA $0277
LDA $2011
STA $0276

```

Temporisation 2 x II/2

Remise à 0 de PB7

Charger le Timer avec la valeur qui donne la temporisation τ .

Test si l'O.P.S timer = 0

Test si l'O.MS du timer = 0

Mise à 0 de PB5

Remis à 1 de PB5

Charger le timer avec la valeur qui donne une période de 10s

...../.....

PLA

TYA

• CAC

BIT \$03FD

BPL CAC

LDA #36

STA \$03FD

LDA \$03FC

STA \$2006

STA (S02), Y

TYA

PHA

LDA #00

LDX \$2006

JSR \$E0C5

LDA #3E

STA \$03FD

PLA

TAY

CPY #64

BEQ CBC

INY

TAY

PHA

• CCC

LDA #FF

STA \$0272

STA \$0273

STA \$0274

STA \$0275

Attend l'arrivée d'un front descendant sur CA1 ($\overline{\text{INTR}}$) .

Mise à 0 de CA2 ($\overline{\text{RD}}$) pour valider les données à la sortie du convertisseur .

Acquisition et stockage

Affichage sur l'écran de la valeur en décimal

Remise à 1 de CA2

Test si le nombre de valeurs chargées est égale à 100 .

...../.....

LDA \$0277

BNE CCC

• CDC

LDA S0276

BNE CDC

JMP BBC

• CBC

INC \$2013]

Incrémente la temporisation à 10 ms

LDA \$2011]

SEC]

Incrémente la période de 20 ms

SBC #02]

STA \$2011]

LDA \$2013]

Test si la temporisation τ est arrivée à 200 ms

CMP #14]

BPL CEC

INC \$0003]

Incrémente la page de stockage .

• CFC

LDA SFF

STA \$0272

STA \$0273

STA \$0274

STA \$0275

LDA \$0277

BNE CFC

• CGC

LDA \$027B6

BNE CGC

JMP BAC

• CEC

JMP MENU

RFS

CONCLUSION

Notre présente étude nous a permis d'approfondir nos connaissances sur l'utilisation des microprocesseurs et leur interfacement avec le monde extérieur, ainsi que la programmation en langage assembleur. Ce dernier est un outil très souple pour la résolution des problèmes travaillant en temps réel. L'interface réalisée est conçue pour le traitement des signaux RMN mais elle peut aussi être utilisée comme interface universelle, pour n'importe quel signal analogique ne dépassant pas 4 KHZ. Il suffit pour cela de changer certaines instructions du programme. Par manque d'information sur la programmation en langage assembleur; nous avons jugé utile de traiter un peu plus en détail la partie programmation et ce pour aider le lecteur dans ce domaine.

Etant donné que les programmes sont assez longs, il nous n'est pas possible d'en décrire dans ces pages toutes les explications sur l'échantillonneur-bloqueur (LF 398) et le convertisseur analogique - numérique (ADC 804), et c'est peu dommage mais il faut savoir qu'une telle description occuperait une grande place et d'autre part une telle étude a été déjà faite dans les thèses juste avant.

Enfin pour ceux qui veulent savoir plus sur la RMN et surtout sa principale application qui est l'imagerie médicale, nous leur conseillons de consulter les livres cités dans la bibliographie de ce polycopé. On rappelle que l'imagerie par résonance magnétique s'est révélée complémentaire de la radiographie avec des avantages certains, notamment pour différencier les tissus mous dans un même organe. Cette technique d'imagerie n'est qu'à ses débuts, et il est à prévoir que de nombreuses applications verront le jour dans les années à venir, offrant un meilleur diagnostic et pour le patient un confort accru.

BIBLIOGRAPHIE

- Application du 6502 : Rodney Zacks
- Clefs pour l'ORIC : Emmanuel Plesselles
- Des extensions à construire pour
votre ORIC ATMOS : Patrick GARREL
Cynl VIGNET
- ATMOS - ORIC 1 manuel de référence
André CHENIERE
- Manuel d'ORIC
- La R.M.N : ABRAGAM, G.
- Le Haut parleur : Aout 80
- La Recherche : Decembre 85
- Projet de fin d'étude :

Aouimeur Kamel
Kemiche Madjid