

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ELECTRONIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME D'
ACQUISITION (4 VOIES) AVEC
STOCKAGE ET RESTITUTION PAR E.P.R.O.M
Application à la mesure de déplacements

Proposé par :

CNERIB

Etudié par :

M^r LALOUCHE.Y

M^r OUAR.A

Dirigé par :

M^r GUESSOUM.F

PROMOTION : **JUIN 1986**

Dédicaces :

- A ma mère et à mon père
- A mes frères et sœurs
- A tous ceux que j'aime

Je dédie ce travail

OUAR ABDELYRIM.

- A ma mère et à mon père
- A mes frères et sœurs
- A tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce travail.

LALOUCHE YAZID.

Remerciements.

Que M^r GUESSOUM trouve ici l'expression de notre gratitude pour l'aide précieuse qui il nous a apporté durant notre travail.

Nous remercions M^r ZOUAOUI et M^r MEZIANE pour l'intérêt qui ils ont porté à notre travail, l'aide qu'ils nous ont apporté et les encouragements qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer.

Nos remerciements également à M^r CHERFI, M^r HOURI, M^r GHILI et M^r MOUAICHI pour leur éternel soutien.

Nous ne saurions terminer sans remercier M^r HUYBRECHT pour la touche esthétique qu'il a apporté à notre travail.

Sommaire

	page ()
<u>Introduction</u> : cahier des charges	(3)
<u>CHAPITRE I</u> : MULTIPLEXAGE ET TEMPORISATION. (9)	(9)
I.1. Présentation des différents éléments utilisés.	
I.2. Génération des signaux nécessaires au fonctionne- ment du système d'acquisition de données.	(11)
I.3. Multiplexage et temporisation.	(12)
<u>CHAPITRE II</u> : CONVERSION ANALOGIQUE - NUMÉRIQUE. (22)	(22)
II.1. Présentation des différents éléments utilisés	
II.2. La conversion analogique - numérique	(23)
<u>CHAPITRE III</u> : STOCKAGE DES DONNÉES SUR EPROM (29)	(29)
III.1. Présentation des différents éléments utilisés	
III.2. Utilisation des EPROM MCM 2796 en mode programmation	
III.2.a. Validation de la mémoire en mode programmation	(30)
III.2.b. Adressage de la mémoire en mode programmation	(31)
III.2.c. Génération des impulsions d'écriture	(32)
III.3. Saturation du système d'acquisition	
<u>CHAPITRE IV</u> : RESTITUTION DES MESURES STOCKÉES EN MÉMOIRE (40)	(40)
IV.1. Utilisation des mémoires en mode lecture	
IV.1.a. Adressage de la mémoire en mode lecture	
IV.1.b. Activation du bus de données en mode lecture, et commande de la lecture en mémoire.	(47)
<u>CHAPITRE V</u> : AFFICHAGE DES ADRESSES ET DES DONNÉES - (47)	(47)
V.1. Affichage des adresses	
V.1.a. Présentation des différents éléments utilisés.	

- V.1.b. L'affichage des adresses. (48)
- V.2. AFFICHAGE DES DONNEES. (52)
- V.2.a. Présentation des afficheurs TIL 311
- V.2.b. L'affichage des données.

CHAPITRE VI: Détermination de la précision de système d'acquisition. (54)

- VI.1 Définition et propriétés d'une loi normale. (55)
- VI.2. Détermination de la qualité (56)
- VI.2.a. Procédure de détermination, par les constructeurs d'appareils de mesure, de la classe de précision (57)

CHAPITRE VII: Application à la mesure du retrait des matériaux de construction. (58)

- VII.1 Définition du retrait des matériaux de construction.
- VII.2. Capteurs de déplacements linéaires série LR.
- VII.3. Mesure du retrait
- VII.3.a. Présentation de l'amplificateur OP. DT. (61)
- VII.3.b. Procédure de mesure du retrait. (62)

CHAPITRE VIII: Alimentation stabilisée et mode d'emploi du système d'acquisition. (65)

Alimentation stabilisée

- VIII.1. Mode d'emploi en mode programmation (66)
- VIII.2. Mode d'emploi en mode restitution

Annexe théorique: Rappels sur les mémoires

Bibliographie.

Introduction :

— Cahier des charges —

L'objet de cette étude est la conception et la réalisation d'un système d'acquisition de données, appliqué à la mesure de déplacements ou de déformations (application à la mesure du retrait des matériaux de construction).

Le système d'acquisition permettra la saisie de données sous forme de tensions continues comprises dans la gamme 0-5V (celle-ci sera ramenée à 0-170mV dans le cas particulier de notre application).

Le système d'acquisition de données satisfait les conditions suivantes :

a. Possibilité de mesure sur 4 (quatre) voies :

Le système d'acquisition permettra la saisie de données sur quatre voies, ce qui est très utile lors de l'étude, par exemple, d'un phénomène en fonction de plusieurs paramètres.

b. Prise automatique des mesures à intervalles réguliers réglables :

Pour chaque voie, les mesures se feront d'une façon automatique à intervalles réguliers.

Ces-ci sont réglables et l'utilisateur disposera des temporisations suivantes : 02 secondes, 10 minutes, 30 minutes et 60 minutes.

c - Mémorisation des mesures :

Le système d'acquisition de données comportera une partie affectée au stockage, au fur et à mesure de leur saisie, des mesures.

La capacité de mémorisation est de 2048 données pour l'ensemble des quatre voies.

d - Restitution des données :

La saisie terminée, l'utilisateur pourra commander la lecture de la mémoire contenant les mesures.

e - Affichage du nombre de mesures et de leur amplitude :

Un module "AFFICHAGE" permettra à l'utilisateur de connaître le nombre de données introduites, et lors de la lecture, la valeur de chacune d'elles.

f - Sensibilité :

Le système d'acquisition de données possède une résolution de 8 bits ce qui correspond à une sensibilité de :

* 19,6 mV dans la gamme 0-5V.

* 0,7 mV dans la gamme 0-170 mV.

g- Précision:

Le système d'acquisition de données a une classe de précision égale à :

- 1,6 dans la gamme 0-5V
- 4,7 dans la gamme 0-170 mV.

Le tableau 1 page 8 montre une synthèse du cahier des charges.

Afin de satisfaire les conditions énoncées précédemment, il est nécessaire de mettre en place :

- Une logique de multiplexage et de temporisation:

Celle-ci permettra de concentrer les informations en provenance des quatre voies, sur une seule. Elle assurera également la prise automatique des mesures, à intervalles réguliers.

- Une logique de conversion:

En vue de leur mémorisation, les données analogiques appliquées à l'entrée du système d'acquisition de données doivent être converties sous forme numérique.

- Une logique de mémorisation:

Des données introduites devant être mémorisées en vue d'un traitement ultérieur, il est nécessaire de mettre en place une logique appropriée afin d'assurer le stockage des mesures.

- Une logique de restitution:

À la saisie des données achevée, cette logique permettra à l'utilisateur de récupérer ses mesures afin de les traiter.

- Une logique permettant l'affichage des données.
- Une logique permettant l'affichage du nombre de mesures.

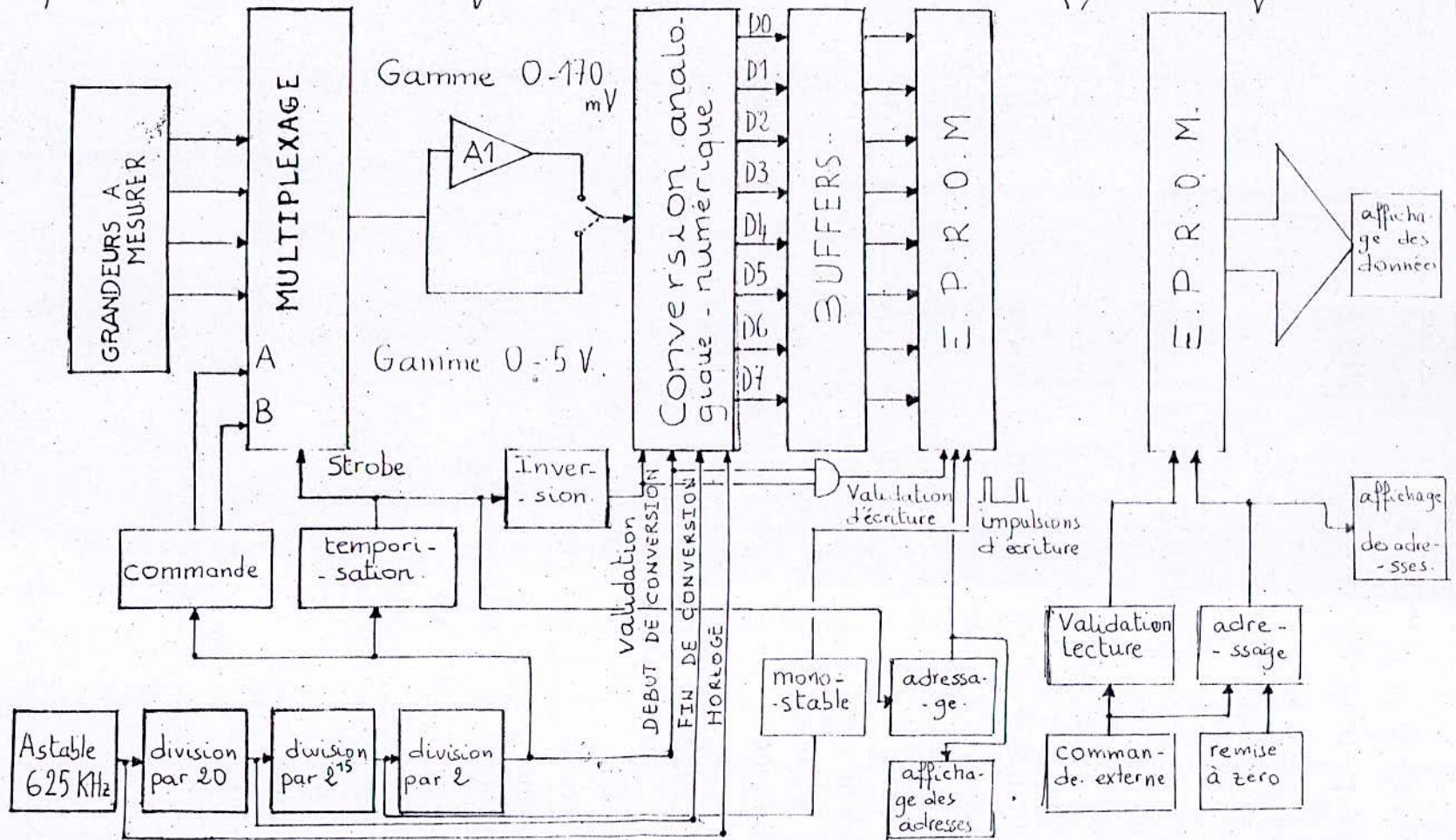
Le respect des conditions énoncées nous a menés à éla-

- borer le schéma synoptique suivant.

SCHEMA SYNOPTIQUE

ACQUISITION DES DONNEES

RESTITUTION DES DONNEES



Gamme de tensions	nombre de voies	Intervalle de mesure	Nombre de mesures mémorisées	Résolution
0 - 170 mV	4	02 s 10 mn 30 mn 60 mn	2048	0,7 mV
0 - 5V	4	02 s 10 mn 30 mn 60 mn	2048	19,6 mV

Tableau 1: Synthèse du cahier des charges.

Chapitre 1: Multiplexage et temporisation.

Les mesures devant s'effectuer sur 4 voies, le multiplexage est nécessaire afin de concentrer sur une seule voie les données présentes aux entrées du système d'acquisition. La temporisation permettra à cadences de saisir à intervalles réguliers réglables les données appliquées aux entrées.

I.1. Présentation des différents éléments utilisés:

Le compteur CD 4040: (brochage figure 3 page 19):

Ce circuit est un compteur binaire 12 (douze) états, actif au front descendant de son signal d'horloge. Sa remise à zéro s'effectue par l'application d'une impulsion positive à son entrée "REMISE A ZÉRO" (ou RESET).

Le fonctionnement de ce compteur s'effectue suivant le tableau 2 page 19.

Le CD 4018, diviseur par N: (brochage figure 4 page 19):

Ce circuit constitue un diviseur par N. Il est actif au front montant de son signal d'horloge et sa remise à zéro s'effectue par l'application d'une impulsion positive à son entrée "REMISE A ZÉRO" (ou RESET).

Sa table de fonctionnement est donnée par le tableau 3 page 19.

La division par un nombre N compris entre 2 et 10 est possible.

grâce à la connexion du $\bar{Q}(b)$ approprié, à l'entrée (broche 1) "DONNEE" (ou DATA) suivant la table 4 page 19.

Le CD 4047 (brochage figure 5 page 20):

Ce circuit peut fonctionner en multivibrateur monostable ou astable.

Dans cette dernière configuration, il présente une bonne stabilité en fréquence : $\pm 2\%$ à $F = 100 \text{ kHz}$.

Son fonctionnement en mode astable doit être validé par un état haut à son entrée "ASTABLE" ou par un état bas à son entrée $\overline{\text{ASTABLE}}$.

La période du signal carré disponible sur les sorties Q et \bar{Q} est fonction des composants externes utilisés et ce suivant la relation : $T = 4,4 RC$ ou R et C désignent respectivement la résistance et le condensateur connectés au CD 4047.

La figure 6 page 20 présente le schéma bloc de ce circuit.

Le multiplexeur/démultiplexeur CD 4052 :

Ce circuit est un multiplexeur/démultiplexeur à 4 voies (brochage figure 7 page 20).

Il possède un signal de validation ou STROBE et deux signaux de commande A et B qui permettent de sélectionner une paire de voies parmi quatre.

Le tableau 5 page 20 présente le fonctionnement de ce circuit.

Le CD 4011 (brochage figure 8 page 21) :

Ce circuit est constitué de quatre portes logiques NAND à 2 entrées.

Le CD 4072 (brochage figure 9 page 21) :

Ce circuit est constitué de deux portes logiques OU à 4 entrées.

I.2. Génération des signaux nécessaires au fonctionne-
ment du système d'acquisition de données :

Avant d'aborder les principes de fonctionnement des différentes composantes du système d'acquisition de données, il est nécessaire de présenter comment sont générés les signaux assurant le fonctionnement de ces composantes.

Ainsi que l'indique le schéma synoptique du système d'acquisition, celui-ci est piloté par un signal carré de fréquence $F_1 = 625 \text{ kHz}$ (signal S1).

Le signal S1 est généré grâce au CD 4047 monté en astable et est mis en forme à travers 2 portes NAND du CD 4011 (schéma figure 10 page 21).

Par la suite, tous les signaux nécessaires au fonctionnement des différents éléments du système d'acquisition seront déduits du signal S1 grâce à l'utilisation de diviseurs comme le CD4018 et le CD4040.

Il est nécessaire de remarquer que le fait que tous les signaux soient issus d'un même signal pilote assure une bonne synchronisation entre les composantes du système d'acquisition : multiplexage et temporisation, conversion analogique numérique, mémorisation des données.

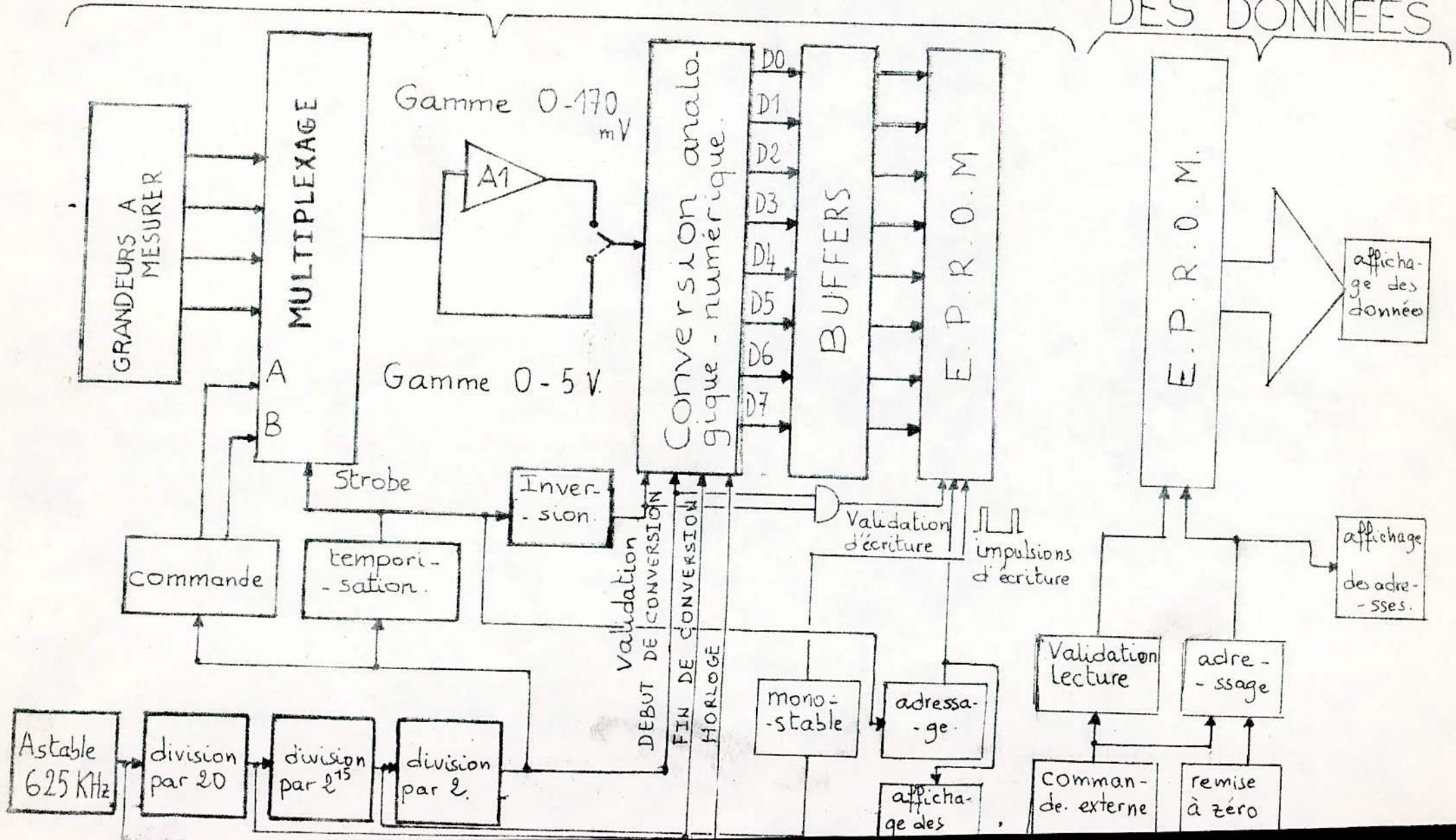
I.3. Multiplexage et temporisation :

Lors de la conception de cette partie, nous avons élaboré le schéma synoptique suivant :

SCHEMA SYNOPTIQUE

ACQUISITION DES DONNEES

RESTITUTION DES DONNEES



Pour le multiplexage nous avons utilisé le multiplexeur CD 4052.
Ainsi, les données sont appliquées aux entrées X1, X2, X3, X4 et
La sortie est prélevée à la broche 13, "SORTIE X".

Pour la temporisation, nous avons mis à profit la propriété
du multiplexeur utilisé de remplir son rôle uniquement
lorsque son entrée STROBE est à l'état bas.

Principe de Fonctionnement:

Le signal S4 de fréquence $F_4 = 0,5 \text{ Hz}$ issu de la division en
fréquence du signal pilote S1 attaque un compteur 12 états,
le CD 4040, permettant de ce fait de disposer de signaux
de fréquences $F_4/2, F_4/2^2, \dots, F_4/2^{11}$ que nous note-
rons par la suite $Q(1), \dots, Q(11)$.

Dans un premier temps, appliquons $Q(1)$ à l'entrée STROBE
du multiplexeur, $Q(2)$ et $Q(3)$ aux signaux de commande de
celui-ci. ($Q(2) = A$; $Q(3) = B$).

Dans ces conditions nous recueillons les chronogrammes sui-
vants (figure 1 page 15) :

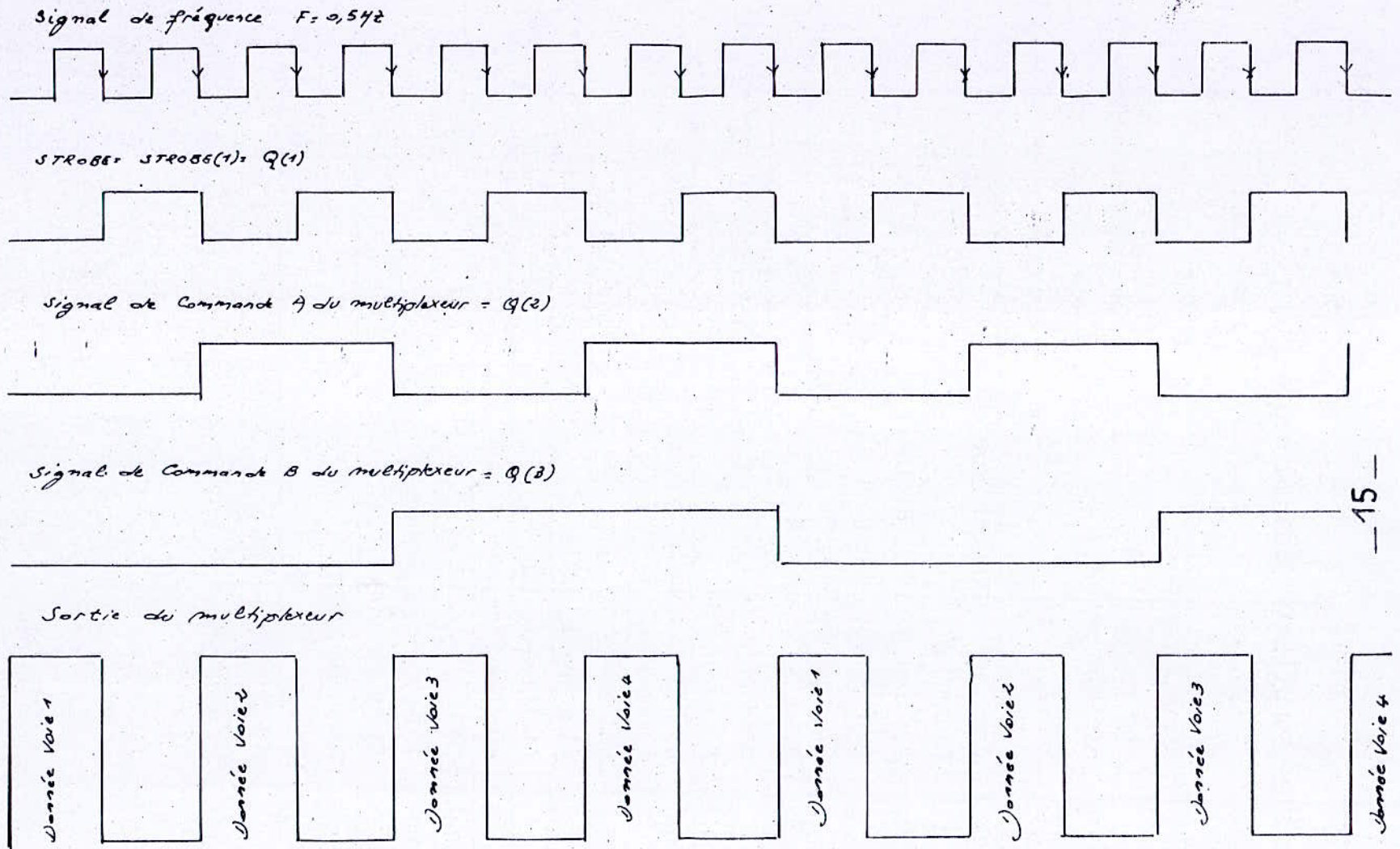


Figure 1: Multiplexage et temporisation

Interprétation des chronogrammes de la figure 1 page 15 :

Dans les conditions énoncées précédemment, la prise des mesures s'effectue toutes les 2 secondes et toujours dans l'ordre voie 1 puis voie 2, voie 3 et voie 4.

De plus nous avons une temporisation de 2 secondes, la temporisation étant définie comme l'intervalle de temps séparant deux séries de quatre mesures (c'est également le temps écoulé entre deux mesures d'une même voie).

A présent, au lieu de $STROBE = STROBE(1) = Q(1)$ nous appliquons $STROBE(2) = STROBE(1) + Q(4)$ à l'entrée $STROBE$ du multiplexeur.

Les signaux de commande A et B du multiplexeur demeurent inchangés $A = Q(2)$, $B = Q(3)$.

Dans ces conditions nous recueillons les chronogrammes suivants figure 2 page 17 :

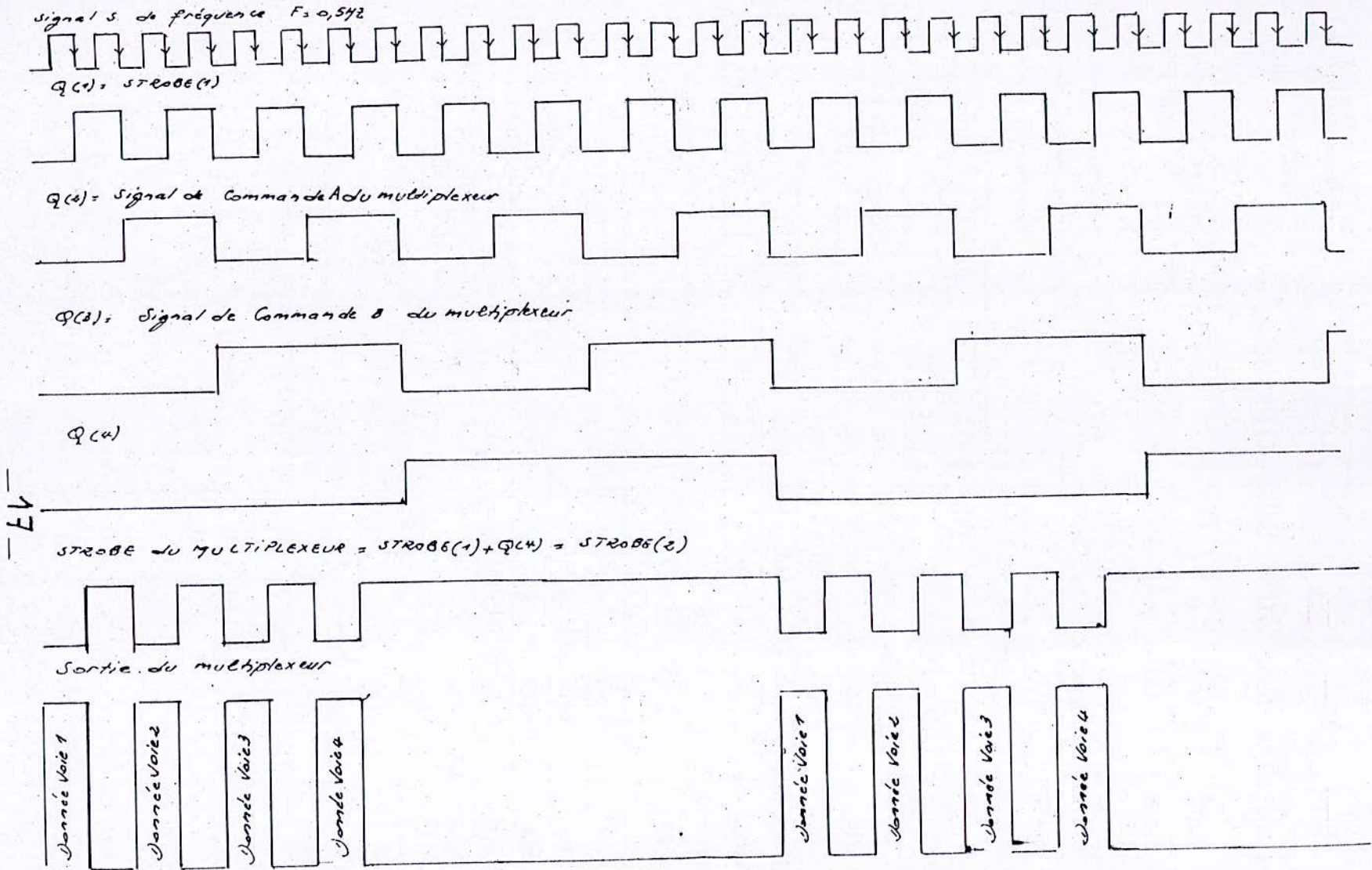


Figure 2 : multiplexage et temporisation.

Interprétation des chronogrammes de la figure 2 page 17 :

La saisie des données s'effectue identiquement au cas précédent, sauf que la temporisation passe de $T=2s$ à $T'=5T$.

Conclusion:

Ainsi le maintien des signaux de commande A et B ($A=Q(2)$; $B=Q(3)$) et l'application de la relation:

$$\text{STROBE}(N) = \text{STROBE}(N-1) + Q(N+2) \text{ où } \text{STROBE}(1) = Q(1)$$

et $N > 1$, permet de faire varier la temporisation suivant la relation:

$$T(N) = T(N-1) + 2^{(N+1)} \cdot T \text{ où } T=2s$$

$$T(1)=T \text{ et } N > 1$$

Le tableau suivant présente les temporisations possibles :

STROBE(N)	Temporisation		
	heures	minutes	secondes
1	00	00	02
2	00	00	17
3	00	00	47
4	00	01	47
5	00	03	49
6	00	07	50
7	00	15	54
8	00	32	01
9	01	04	15
10	02	08	44

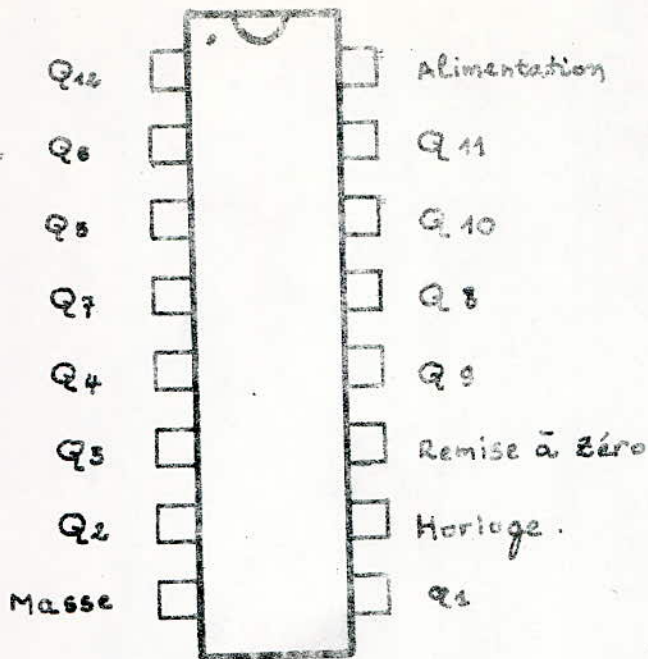


FIGURE 3: Brochage du CD4040

HORLOGE	Remise à zéro	ETATS DES SORTIES
	0	pas de changement
	1	sorties à un niveau bas
	0	INCREMENTATION
	1	sorties à un niveau bas

TABLEAU 2: TABLE de Fonctionnement du CD4040.

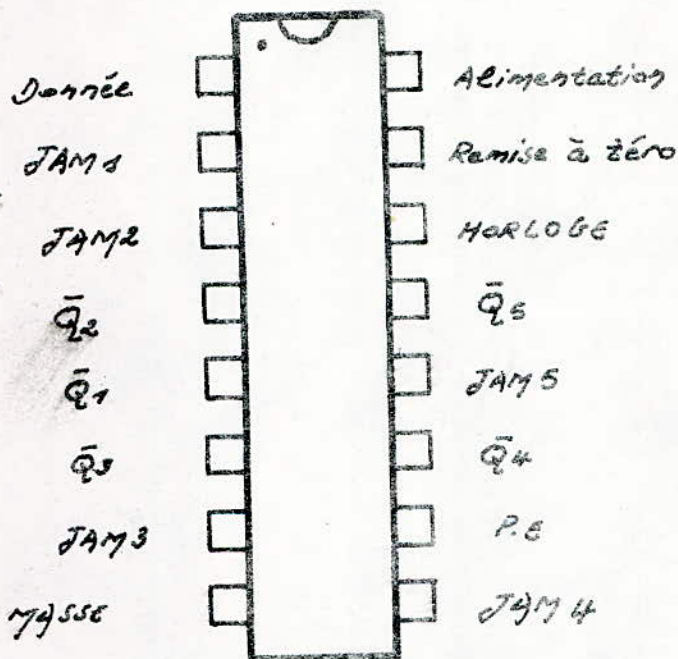


Figure 4: Brochage du CD4018

HORLOGE	RAZ	P.E	JAM	\bar{Q}_n
	0	0	X	\bar{Q}_n
	0	0	X	\bar{Q}_n
X	0	1	0	1
X	1	X	X	
X	0	1	1	0

Tableau 3: TABLE de Fonctionnement du CD4018

Division Par	Connecter "Donnée" A	Commentaire
10	\bar{Q}_5	aucun
8	\bar{Q}_4	aléatoire
6	\bar{Q}_3	externe
4	\bar{Q}_2	nécessaire
2	\bar{Q}_1	
9	$\bar{Q}_5 \cdot \bar{Q}_4$	une porte
7	$\bar{Q}_4 \cdot \bar{Q}_3$	AND
5	$\bar{Q}_3 \cdot \bar{Q}_2$	(ET)
3	$\bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_1$	

TABLE 4: TABLE de Connexion du CD4018 en diviseur par N.

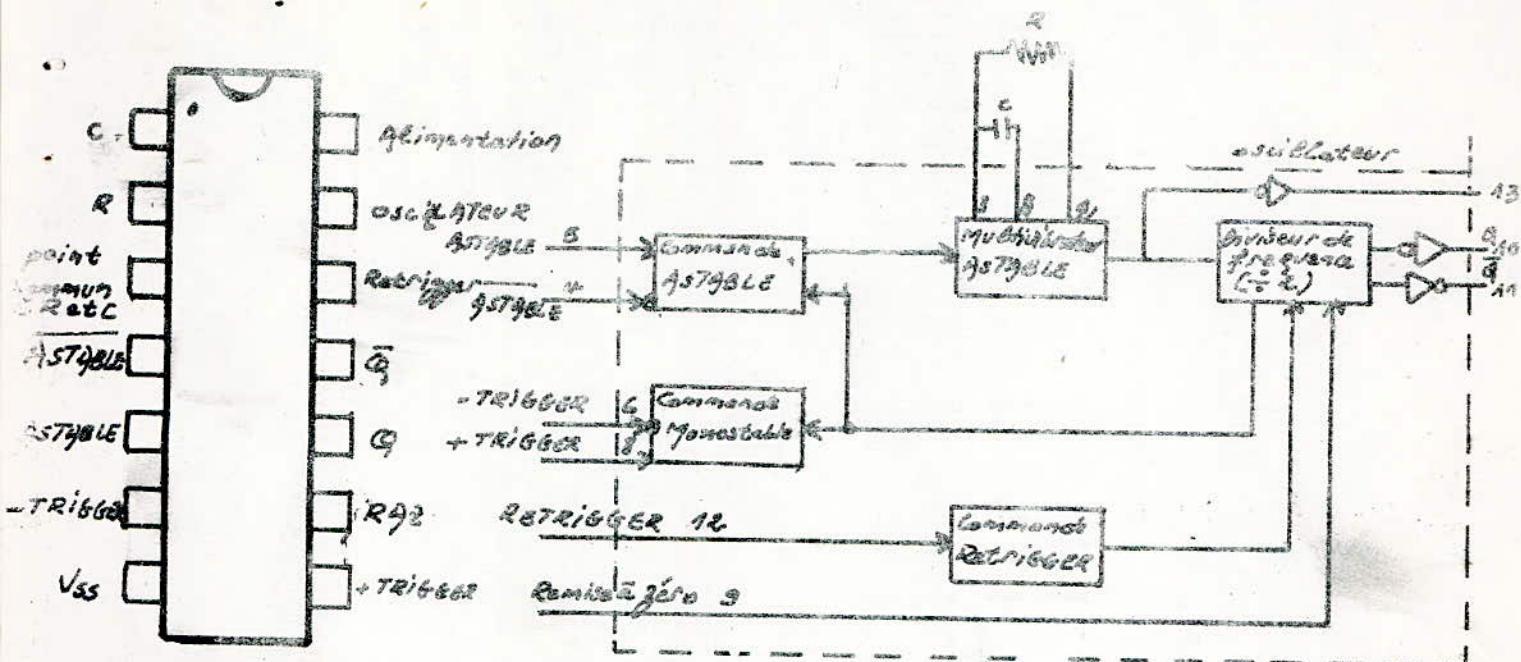
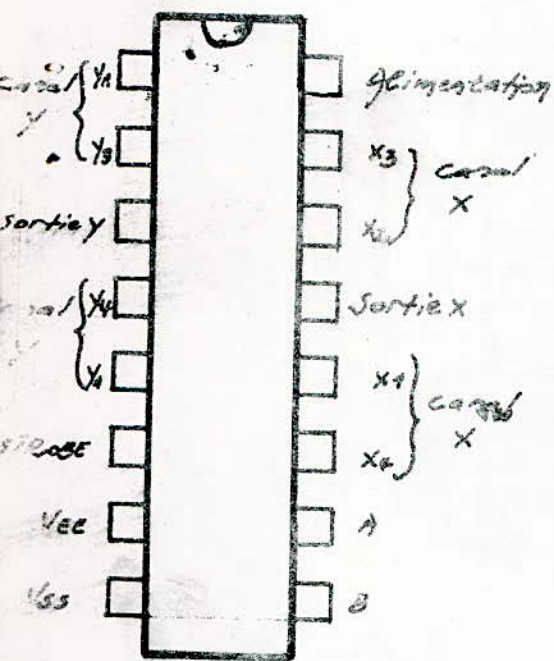


Figure 5: Brochage du CD4047

Figure 6: schéma Bloc du CD4047



STROBE	B	A	Sorties
0	0	0	X ₁ , Y ₁
0	0	1	X ₂ , Y ₂
0	1	0	X ₃ , Y ₃
0	1	1	X ₄ , Y ₄
1	X	X	0, 0

X: état indifférent

TABLEAU 5: table de fonctionnement du CD4052

Figure 7: Brochage du CD4052

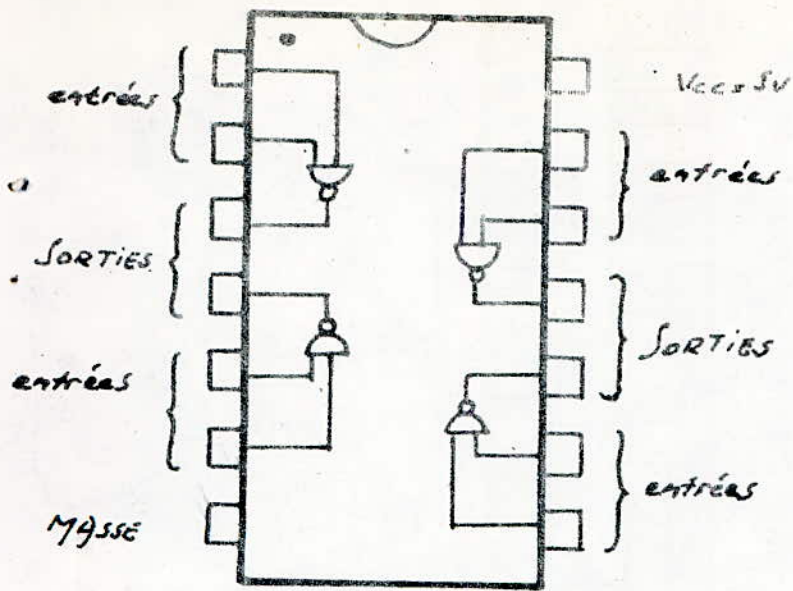


Figure 8 : Brochage du CD4011.

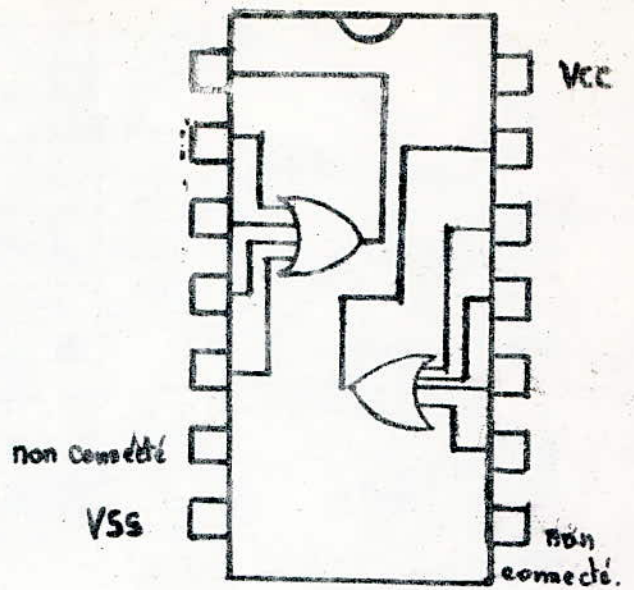
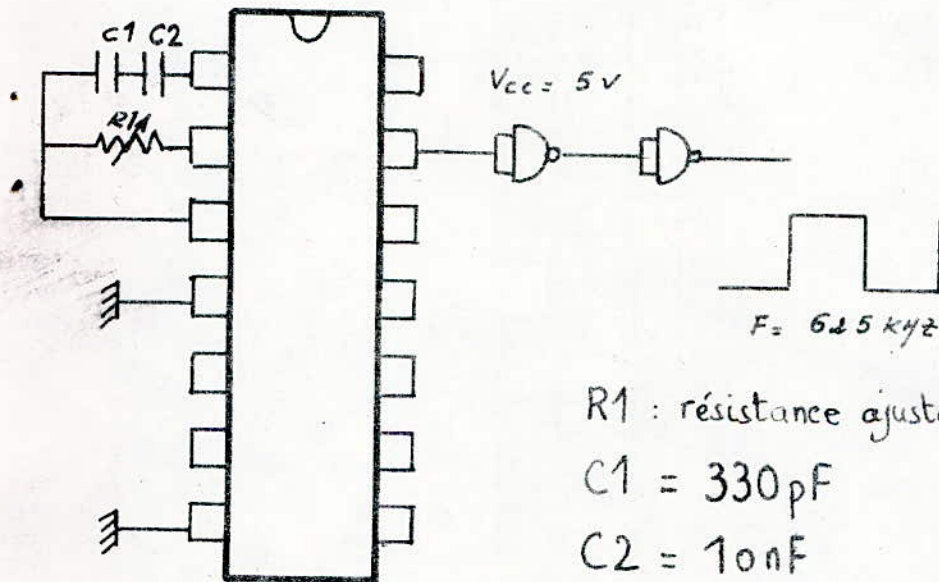


Figure 9 : Brochage de CD4072



R1 : résistance ajustable de $1 \text{ K}\Omega$

C1 = 330 pF

C2 = 10 nF

Figure 10 : génération du signal pilote de fréquence 625 kHz .

Chapitre II : Conversion analogique-numérique

Le système d'acquisition de données comporte une partie chargée du stockage des mesures. Celles-ci doivent s'y présenter sous forme numérique, d'où la nécessité d'une conversion analogique-numérique.

II.1. Présentation des différents éléments utilisés :

— Le convertisseur analogique-numérique RS 427 :

Ce circuit dont le brochage est donné par la figure 11 page 28 présente les caractéristiques suivantes :

- C'est un convertisseur assez rapide : la durée de conversion est de l'ordre de $15 \mu s$.
- Sa résolution est de 8 bits.
- Il utilise la méthode de conversion par approximations successives.
- Il possède une référence interne de 1,5 Volts.
- L'utilisation d'une référence externe est possible.

Dans son application présente, le convertisseur analogique-numérique est polarisé de manière à assurer la conversion de tensions continues comprises dans la gamme 0-5 Volts (figure 12 page 28).

Réglage du convertisseur analogique - numérique RS427 :

Une tension $V_1 = 4,9707$ Volts est appliquée à l'entrée du convertisseur.

Par action sur la résistance R_2 de réglage du gain, celui-ci est ajusté de manière que tous les bits, en sortie du convertisseur, soient à un état haut sauf b_0 , le bit de poids le plus faible, qui doit alterner entre niveau haut et niveau bas.

Ensuite est appliquée une tension $V_2 = 9,8$ mV au lieu de V_1 . On règle alors la résistance R_3 d'ajustage du zéro de façon à ce que tous les bits soient à un état bas sauf b_0 qui doit alterner entre niveau haut et niveau bas.

Les 2 opérations de réglage doivent être répétées afin d'arriver à un bon ajustage et du gain et du zéro.

La table de codage de ce convertisseur est donnée par le tableau 6 page 28.

II.2. La conversion analogique numérique :

Fonctionnement du convertisseur RS427 :

Le fonctionnement de ce convertisseur nécessite l'existence de quatre signaux :

- Un signal d'horloge de fréquence comprise entre 600 et 900 KHz.

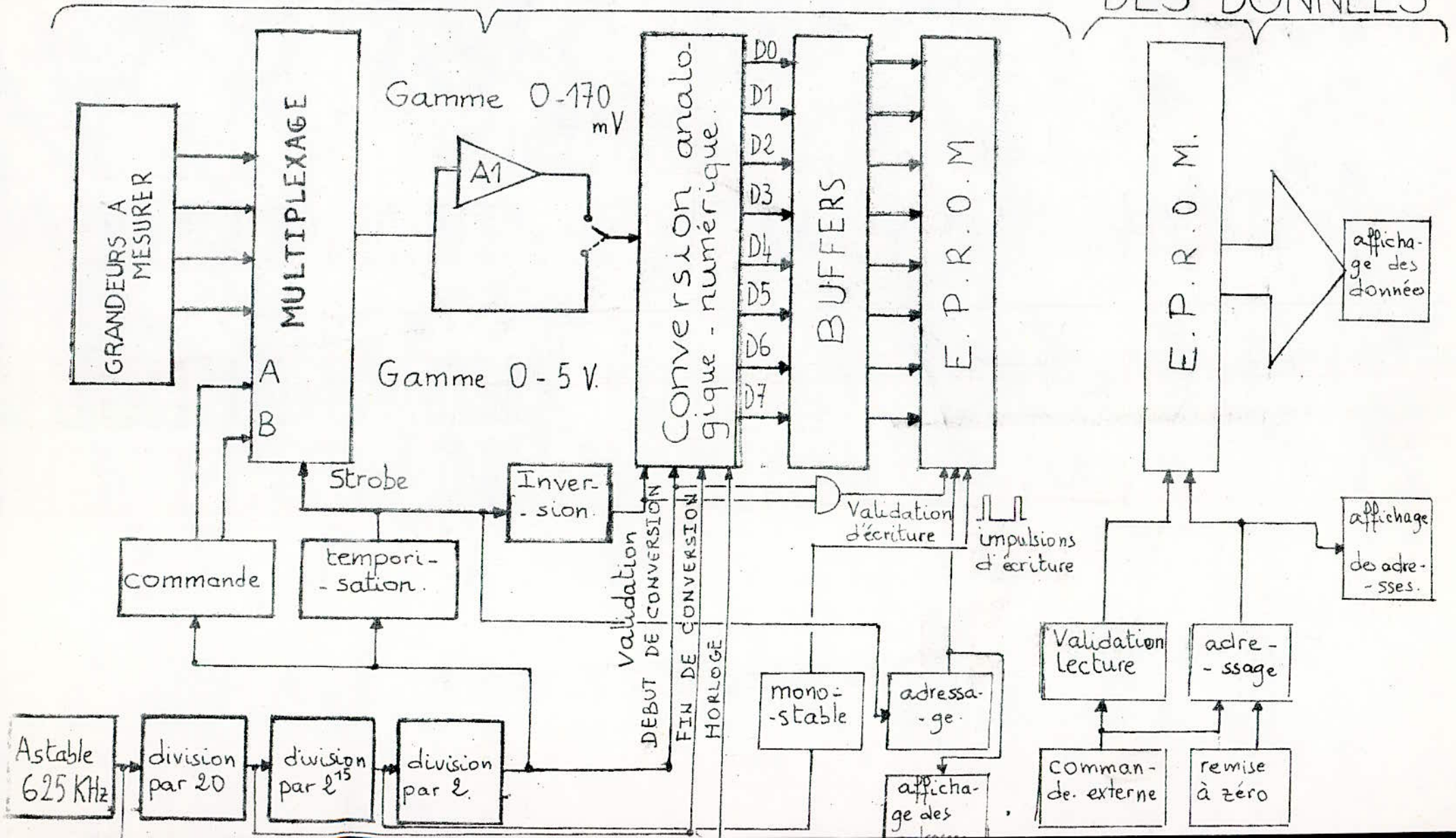
- Un signal de début de conversion, appliqué sous forme d'un front descendant à l'entrée "DEBUT DE CONVERSION" (ou START CONVERSION).
- Un signal de fin de conversion appliqué sous forme d'un front montant à l'entrée "FIN DE CONVERSION" (ou END OF CONVERSION) et ca 10 (dix) périodes d'horloge après l'application du signal de début de conversion.
- Un signal de validation de la conversion : La sortie du convertisseur est validée par un état logique haut à son entrée "VALIDATION CONVERTISSEUR" (ou ENABLE).

Pour effectuer la conversion, sous forme numérique, des données (analogiques) saisies nous avons élaboré le schéma synoptique suivant :

SCHEMA SYNOPTIQUE

ACQUISITION DES DONNEES

RESTITUTION DES DONNEES



L'opération de conversion analogique-numérique se fait suivant les chronogrammes de la figure 13 page 27.

Interprétation des chronogrammes relatifs à la conversion:

Les données sont présentes à la sortie du multiplexeur uniquement lorsque le signal STROBE de celui-ci est à un niveau bas: la conversion étant validée par un niveau haut nous prendrons

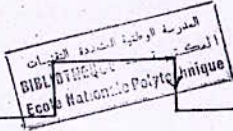
$$\text{VALIDATION CONVERSION} = \overline{\text{STROBE}}$$

afin que la conversion analogique-numérique ne soit effective qu'en présence des données.

Le front descendant du signal S_4 de fréquence $F = 0,5 \text{ Hz}$ appliqué à l'entrée de début de conversion est suivi 10 périodes d'horloge plus tard du front montant du signal S_3 de fréquence $F_3 = \text{Fréquence d'horloge} / 20$, appliqué à l'entrée de fin de conversion.

A ce moment la conversion est achevée et le signal de validation de la conversion, à l'état haut, permet de disposer, à la sortie du convertisseur RS427, des données sous forme numérique.

Début de Conversion $F = 0,542$



STROBE = STROBE(1)

Signal de validation du convertisseur: \overline{STROBE}

Signal de Commande A du multiplexeur:

Signal de Commande B du multiplexeur:

Sortie du multiplexeur

Donnée Voie 1

Donnée Voie 2

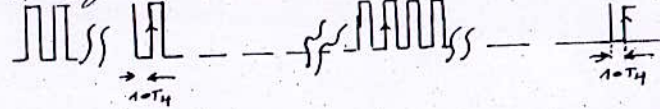
Donnée Voie 3

Donnée Voie 4

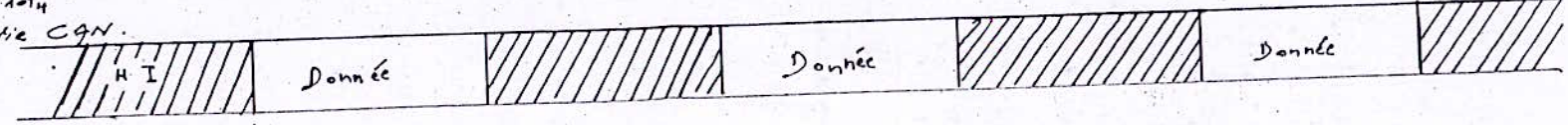
Horloge $F_s = 655 \text{ KHz}$



Signal de fin de Conversion: $31,25 \text{ KHz}$



Sortie CAN



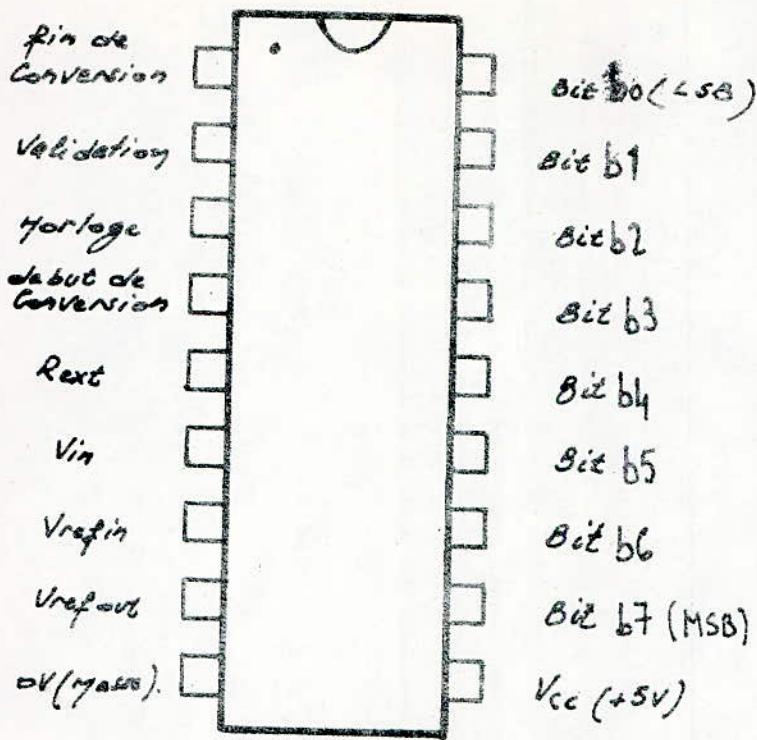


Fig. 11 : Brochage du CAN RS427.

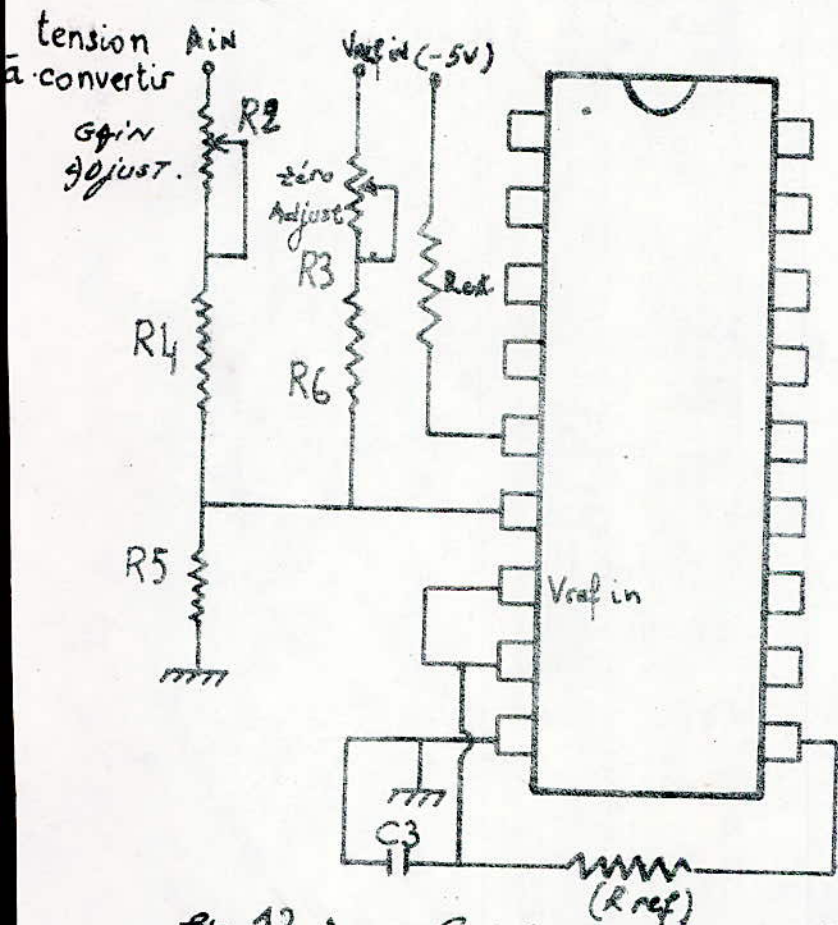


Fig 12 : Conversion de tensions de -5V

entrée (Ain)	Sortie Binaire
FS - 1LSB	11111111
FS - 2LSB	11111110
$\frac{3}{4}$ FS	11000000
$\frac{2}{3}$ FS + 1LSB	10000001
$\frac{1}{3}$ FS	10000000
$\frac{2}{3}$ FS - 1LSB	01111111
$\frac{1}{4}$ FS	01000000
1LSB	00000001
0	00000000

FS = pleine échelle ; 1LSB = $\frac{FS}{255}$

Tableau 6 : TABLE de Codage de la Conversion.

R2 : résistance ajustable de 4,7 K Ω ; R3 : résistance ajustable de 1 M Ω
 R4 = 5,6 K Ω ; R5 = 8,2 K Ω ; R6 = 680 K Ω
 Rext = R7 = 82 K Ω ; Rref = R8 = 390 Ω
 C3 = 1 μ F.

Chapitre III : Stockage des données sur EPROM.

Le stockage des données permettra à l'utilisateur du système d'acquisition de données de sauvegarder les mesures effectuées. Ceci est possible grâce à l'utilisation de mémoires effaçables et reprogrammables (ou EPROM) de type MCM 2716 ou MCM 27A16 de MOTOROLA ou TMS 2516 de TEXAS INSTRUMENTS ou toute les mémoires équivalentes à celles-ci, associées à une logique appropriée.

III.1. Présentation des différents éléments utilisés:

- Les mémoires MCM 2716 : (brochage figure 14 page 39)

Mémoires effaçables et reprogrammables organisées en 2048 mots de 8 bits et requérant une seule tension d'alimentation $V_{CC} = 5V$, les MCM 2716 possèdent différents modes de fonctionnement. Ceux-ci sont présentés par le tableau 7 page 34.

III.2. Utilisation des MCM 2716 en mode programmation:

En mode programmation, donc de mémorisation des données dans notre cas, il est nécessaire de respecter les conditions suivantes:

- Les conditions de fonctionnement statique (tableau 8, page 34).

- Les conditions de fonctionnement dynamique (tableau 9 page 35).

Le diagramme des temps pour la programmation. (figure 15 page 36).

Avant de passer à la programmation il faut maintenir VPP à 25 Volts. La programmation se fait alors suivant les étapes:

a - le bus de données est activé en faisant passer l'entrée \bar{G} d'un état bas VIL à un état haut VIH.

b - La mémoire est adressée.

c - Après un temps de préétablissement des adresses, une impulsion (que nous appellerons "impulsion d'écriture"), d'une durée de 50 ns est appliquée à l'entrée \bar{E}/PROG de la mémoire, provoquant ainsi l'entrée des données dans l'EPROM.

II.2.a. Validation de la mémoire pour la programmation:

L'analyse des chronogrammes relatifs à la conversion analogique-numérique de la figure 13 page 27 nous indique que les données sont présentes aux sorties du convertisseur lorsque se produit la combinaison:

Signal S_4 de fréquence 0,5 Hz est à un niveau haut.

STROBE du multiplexeur est à un niveau bas.

Sur la base de cette indication nous déterminons l'expression du signal de validation, \bar{G} pour la programmation :

$$\bar{G} = S_4 \cdot \overline{\text{STROBE}}$$

III.2. b. Adressage de la mémoire pour la programmation:

L'adressage de l'EPROM, MCM 2716 est effectué, lors de la programmation, par l'incrémentation d'un compteur CD 4040 actif au front descendant et attaqué par le signal STROBE du multiplexeur, le passage de ce signal d'un état haut à un état bas étant significatif de l'arrivée d'une nouvelle donnée. Les MCM 2716 ayant une capacité de 2048 mots nécessite la présence de onze fils d'adresses. Ceux-ci seront connectés aux onze premières sorties du compteur d'adressage.

Initialisation du compteur d'adresses:

Lors de la phase d'acquisition, il est nécessaire de s'assurer qu'à la mise sous tension du système d'acquisition, l'adressage débute par l'adresse 0.

Cette condition est respectée grâce à la connexion du circuit de la figure 16 page 38 à l'entrée de remise à zéro du compteur chargé de l'adressage.

A la mise sous tension, le condensateur C_4 étant initialement déchargé, la sortie de la porte NAND est à un niveau haut d'où la remise à zéro de compteur.

La charge du condensateur C_4 à travers la résistance R_9 avec une constante de temps $\tau = R_9 \cdot C_4 = 82 \text{ ms}$ provoque le basculement de la sortie de la porte NAND à un état bas. Celui-ci sera maintenu pendant toute l'acquisition et le circuit de remise à zéro n'a alors plus d'influence sur la suite du fonctionnement du système d'acquisition de données (figure 17 page 38).

III.2.c. Génération des impulsions d'écriture :

La génération des impulsions d'écriture est assurée par un monostable de période $T = 50 \text{ ms}$, commandé par un signal S_3 de fréquence 1 Hz (figure 18 page 38).

Les chronogrammes de la figure 19 page 37 présentent la succession des opérations nécessaires à la mémorisation des données.

III.3. Saturation du système d'acquisition :

Il est évident que la durée de fonctionnement du système d'acquisition correspond au temps de remplissage de la mémoire devant contenir les données.

. Cette durée de remplissage ou durée de saturation du système d'acquisition est tributaire de la capacité des mémoires et de la temporisation utilisée et est donnée par la relation :

$$D = \left(\frac{\text{Capacité de la mémoire}}{4} - 1 \right) \cdot T(N) + \frac{7}{4} \cdot M \cdot T$$

où $T(N)$ = temporisation utilisée (en s); $T = 2s$;

M = capacité de la mémoire = 2048.

Ainsi correspondra à chaque temporisation, une durée de fonctionnement maximale du système d'acquisition, (Tableau ci-dessous).

Temporisation			Durée de remplissage			
heuro	minutes	secondes	Jours	Heures	Minutes	secondes
00	00	02	00	02	08	55
00	00	17	00	04	17	31
00	00	47	00	08	33	07
00	01	47	00	17	04	07
00	03	49	01	10	23	09
00	07	50	02	20	35	40
00	15	54	05	17	17	44
00	32	01	11	10	33	21
01	04	15	22	21	05	00
02	08	44	45	18	15	34

MODE	Numéro des broches					
	9, 11, 13, ..., 17	12	18	20	21	24
Lecture	sortie des données	VSS	VIL	VIL	VCC	VCC
Sorties déconnectées	haute impédance	VSS	X	VIH	VCC	VCC
Basse consommation	haute impédance	VSS	VIH	X	VCC	VCC
PROGRAMMATION	Entrée des données	VSS	(1)	VIH	VIHP	VCC
Inhibition de la programmation	Haute impédance	VSS	VIL	VIH	VIHP	VCC
VÉRIFICATION de la programmation	Sortie des données	VSS	VIL	VIL	VIHP	VCC

X: État indifférent.

(1): Impulsion d'écriture.

Tableau 7 : Modes de fonctionnement de la mémoire MCM 2716.

PARAMETRE	Unité	Symbole	Min	Nom	Max
Tension d'alimentation	Volts	VCC	4,75	5,00	5,25
		VPP	24	25	26
Tension d'entrée à l'état haut pour les données	Volts	VIH	2,2	-	VCC+1
Tension d'entrée à l'état bas pour les données	Volts	VIL	-0,1	-	0,8

Tableau 8 : Conditions de fonctionnement statique en mode programmation.

Caractéristiques	Symbole	Min.	Max.	Unité
Temps de préétablissement des adresses	t_{AVEN}	2,0	-	10^{-6} s
Validation de la sortie à l'état haut de l'impulsion de programmation	t_{OVEN}	2,0	-	μ s
Temps de préétablissement des données	t_{DVEN}	2,0	-	μ s
Temps de maintien des adresses	t_{OLAK}	2,0	-	μ s
Temps de maintien des données	t_{OLAZ}	2,0	-	μ s
Temps de maintien de validation des données sorties	t_{OLAL}	2,0	-	μ s
Temps de validation des sorties en haute impédance	t_{OHIZ}	0	120	ns
Largeur de l'impulsion de programmation	t_{OHPL}	65	55	ms
Temps de montée de l'impulsion de programmation	t_{pr}	5	-	ns
Temps de descente de l'impulsion d'écriture	t_{pf}	5	-	ns

Tableau 3 : Conditions de fonctionnement dynamique des mémoires MEM 2716 en mode programmation.

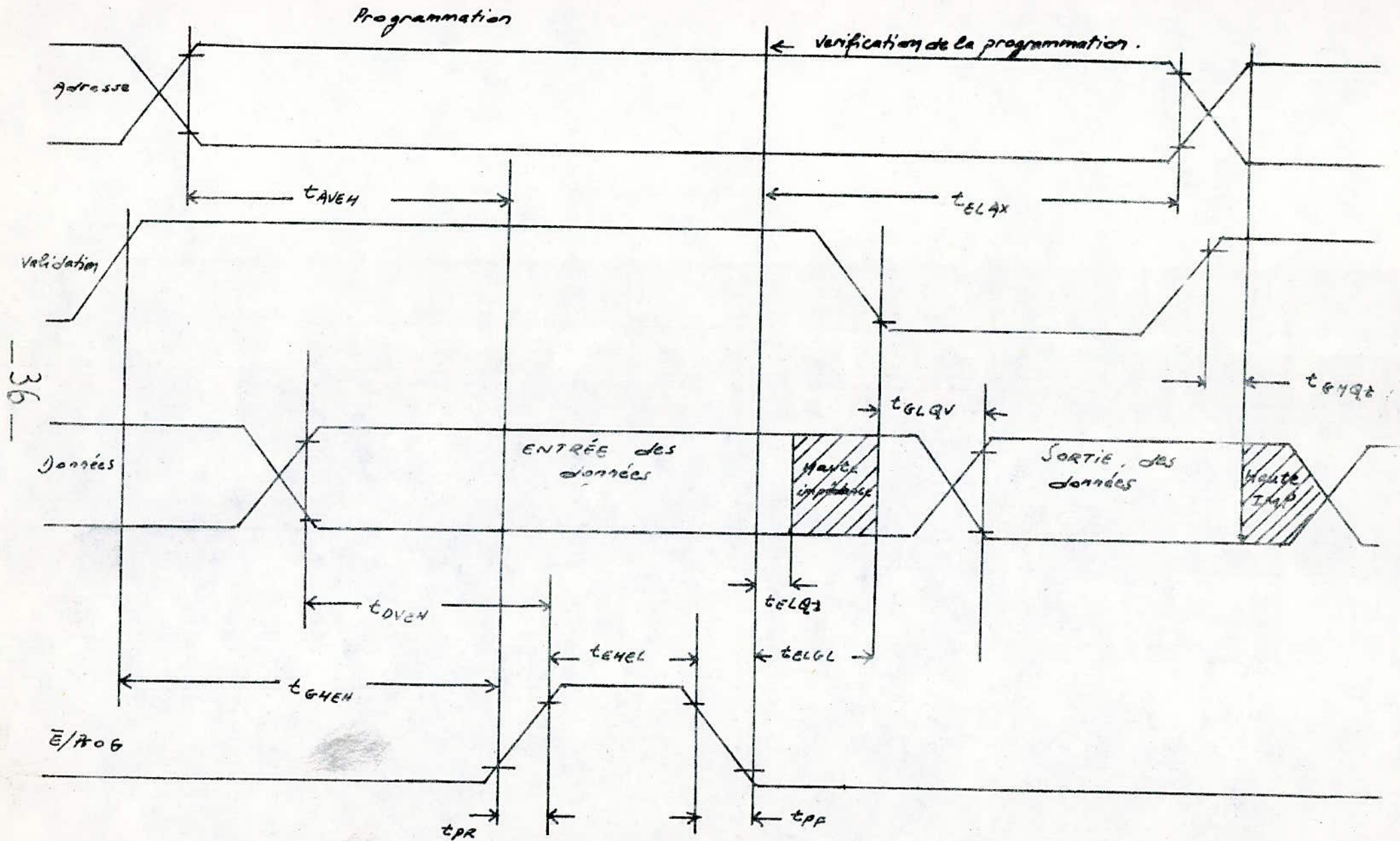


Figure 15 : Diagramme des temps pour la programmation.

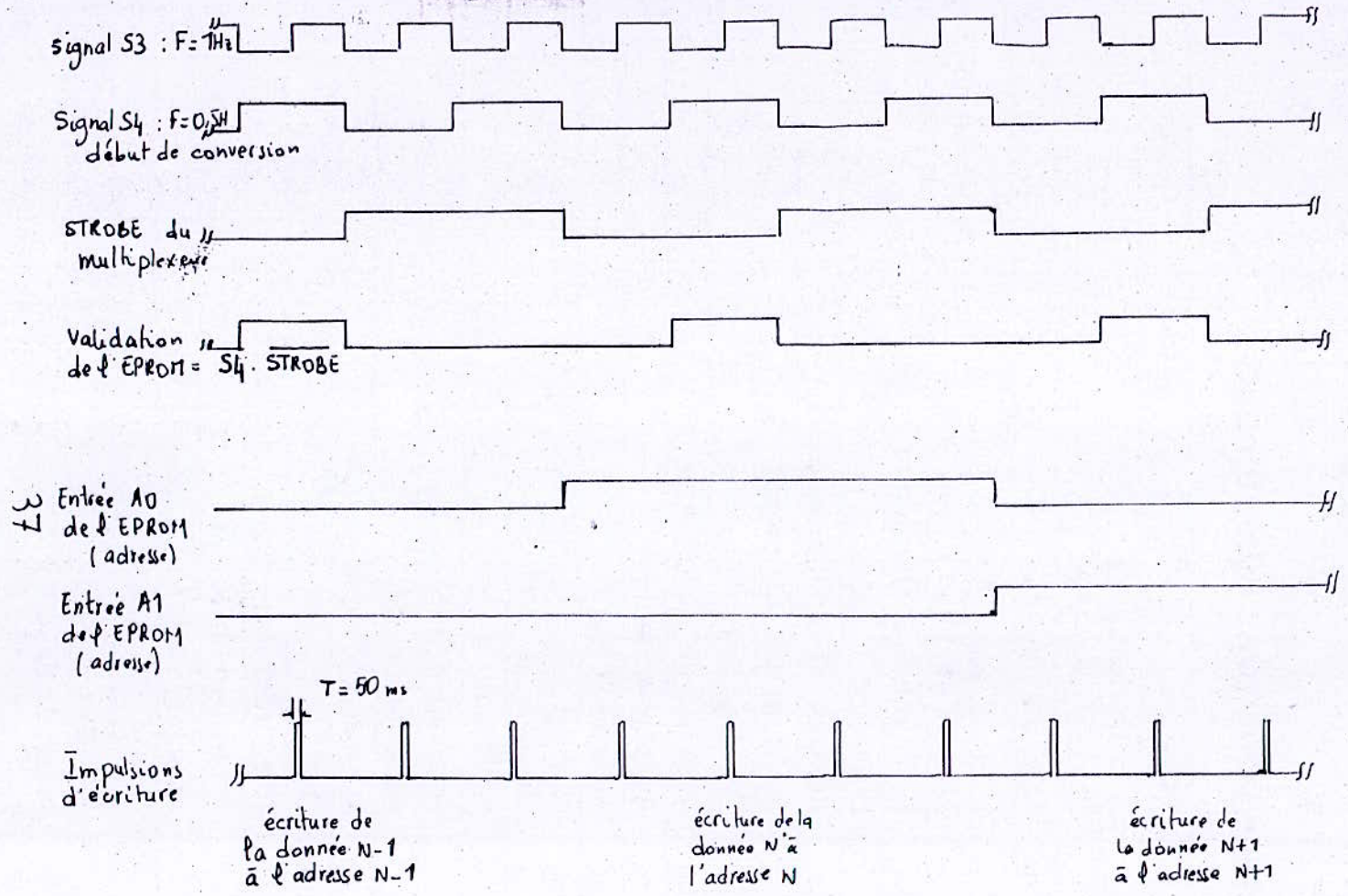


Figure 19: Chronogrammes relatifs à la mémorisation des données.

$C4 = 1 \mu F$
 $R9 = 82 \text{ K}\Omega$

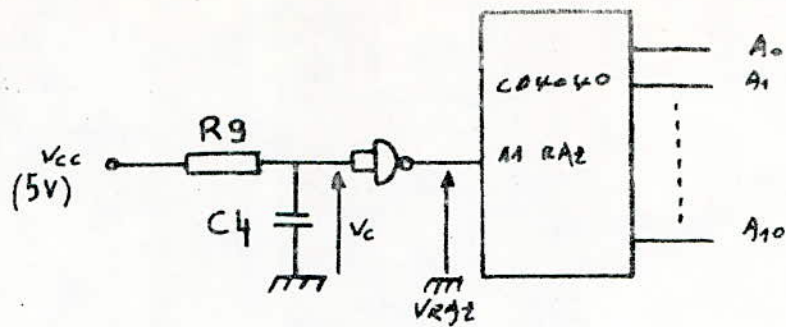


Figure 16 : circuit de remise à zéro du Compteur d'adresses en mode programmation.

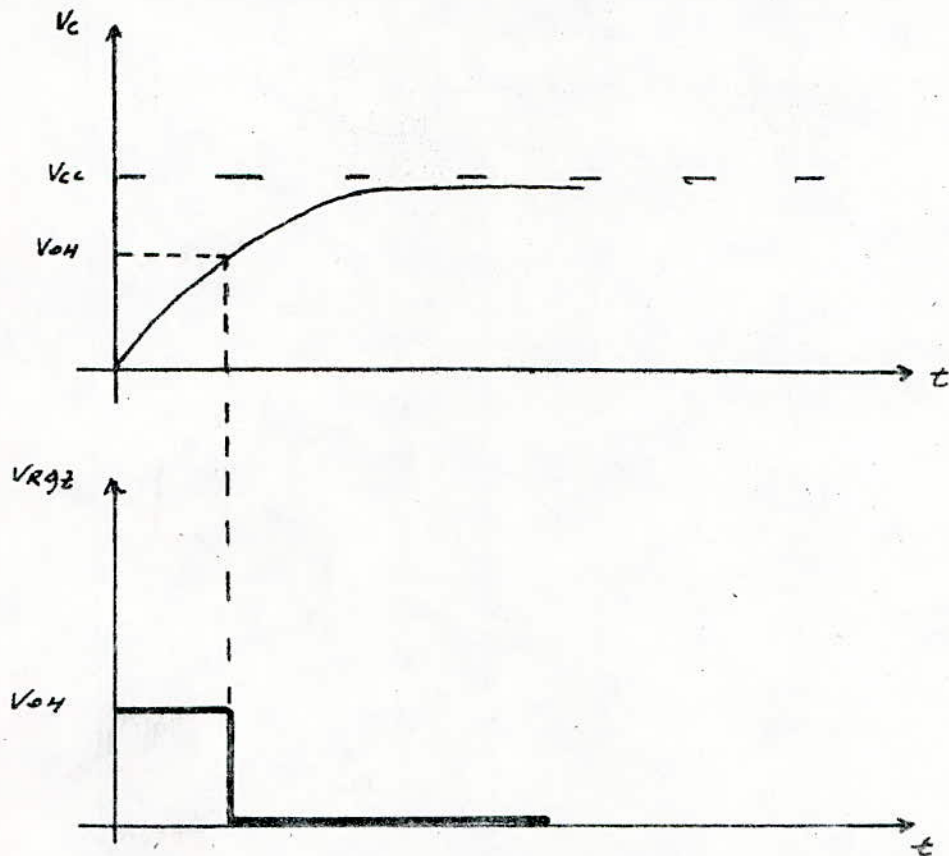
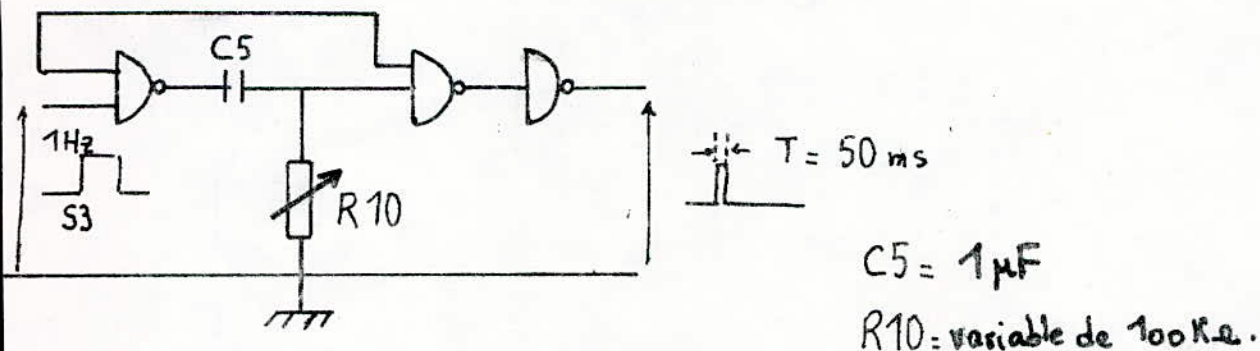


Figure 17 : diagrammes de la remise à zéro du Compteur d'adresses en mode programmation.



$C5 = 1 \mu F$
 $R10$: variable de $100 \text{ K}\Omega$.

Figure 18 : monostable délivrant les impulsions d'écriture.

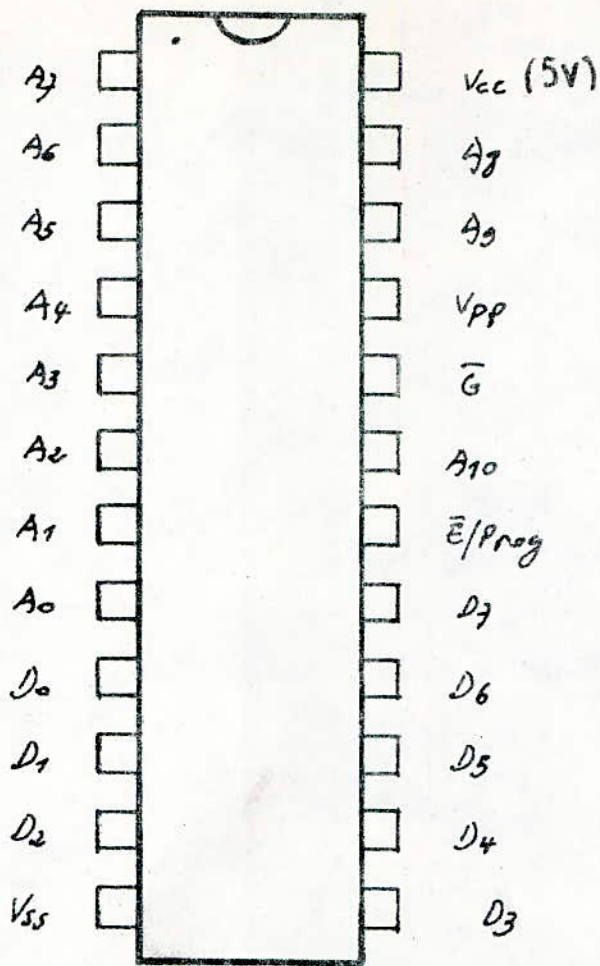


Figure 14: Brochage de L'EPROM MC 8716

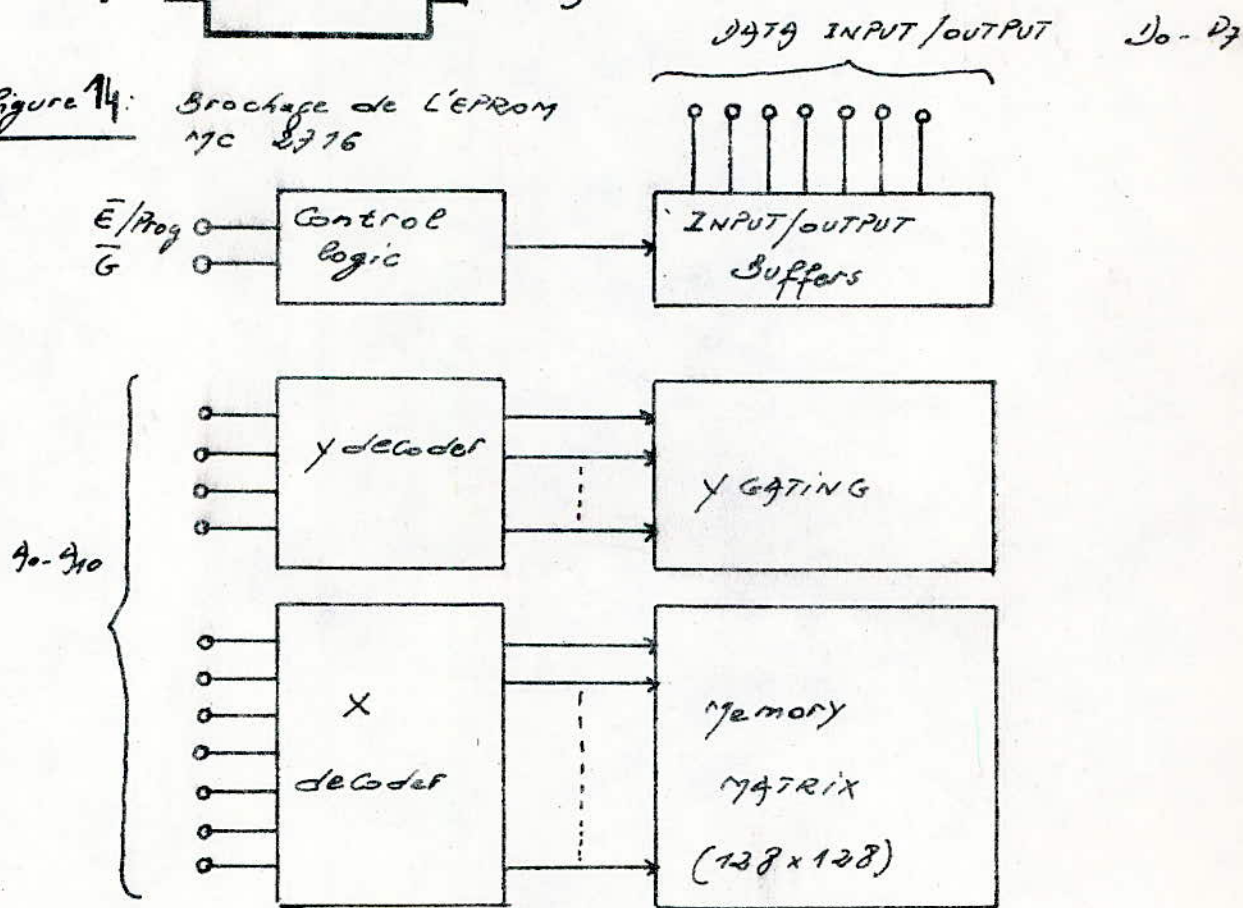


Figure 14a: schéma synoptique de la 8716.

Chapitre IV : Restitution des mesures stockées en mémoire.

L'acquisition des données terminée, il est nécessaire que l'utilisateur du système d'acquisition puisse récupérer les mesures effectuées, afin de les traiter.

Pour remplir cette condition, nous avons mis en place une logique assurant la restitution des données et dont le schéma synoptique est présenté par la figure 20 page 43.

IV.1. Utilisation des mémoires MCM 2716 en mode lecture:

En mode lecture, donc de restitution des données, l'utilisation des EPROMs MCM 2716 (et des mémoires équivalentes) doit se faire en respect avec les conditions suivantes :

- respecter les conditions statiques de fonctionnement (tableau 10 page 44).
- respecter les conditions dynamiques de fonctionnement (tableau 11 page 44).
- respecter les diagrammes de lecture (figure 22 page 45)..

Ceux-ci montrent que la lecture en mémoire s'effectue en deux étapes :

Première étape: adressage de la mémoire.

Deuxième étape: activation du bus de données et sortie de celles-ci.

IV.1. a. Adressage de la mémoire en mode lecture:

L'adressage de la mémoire, lors de la lecture, est assuré par l'incrémentation d'un compteur 12 états (CD4040). L'avance de celui-ci s'effectue grâce à la commande externe constituée par l'interrupteur IP1 (figure 21 page 46).

La fermeture de IP1 provoque la charge du condensateur C6 et, celui-ci étant relié à l'entrée du compteur d'adresses, y impose un état haut.

L'ouverture de l'interrupteur a pour conséquence la décharge, à travers la résistance R11, du condensateur C6, et par suite, l'application d'un front descendant à l'entrée du compteur, qui y est sensible et avance d'une unité.

La disposition décrite ci-dessus permet donc à l'utilisateur de commander l'avance du compteur d'adresses.

Initialisation du compteur d'adresses:

Contrairement à la remise à zéro du compteur d'adresses en mode programmation, qui se fait d'une manière automatique à la mise en marche du système d'acquisition, celle du compteur d'adresses en mode lecture (ou restitution) se fera de l'extérieur grâce à l'action sur un bouton poussoir BP relié d'une part à +5V et d'autre part à l'entrée de remise à 0 du compteur CD4040 (figure 21 page 46).

IV.1.b. Activation du bus de données et commande de la lecture en mémoire:

L'entrée \bar{G} de validation de l'EPROM est reliée à l'entrée du compteur d'adresses (figure 21 page 46).

Fonctionnement :

Initialement l'interrupteur IP1 (que nous nommerons également "commande externe") est ouvert et le bouton poussoir BP également. Dans ce cas nous avons :

$\bar{G} = 0$ et adresse = 0 c'est à dire lecture ou sortie de la donnée contenue dans l'adresse 0 de la mémoire. En fermant la commande externe, nous forçons l'entrée du compteur et celle de validation de l'EPROM à un état haut grâce à la charge du condensateur C6. Alors $\bar{G} = 1$ adresse = 0 et les sorties de la mémoire sont en haute impédance.

L'ouverture de l'interrupteur IP1 provoque la décharge de C6 et l'avance du compteur d'adresses avec passage de \bar{G} à 0, ce qui a pour conséquence la sortie du contenu de l'adresse 01.

La répétition de l'opération de fermeture puis ouverture de l'interrupteur de commande permet ainsi la lecture du contenu de chaque adresse de la mémoire.

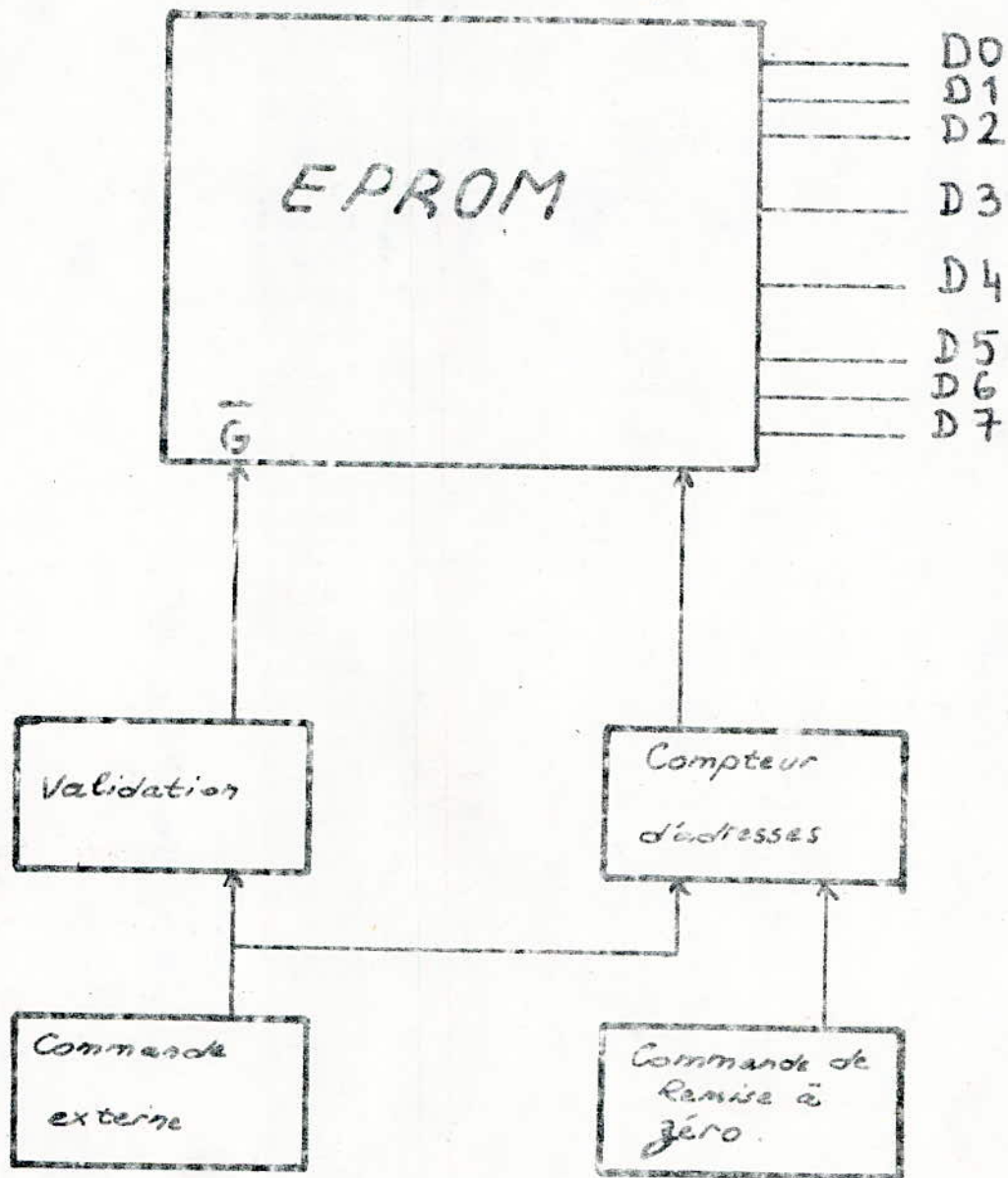


Figure 20 : Schéma synoptique de la restitution des données.

Paramètre	Symbole	Min.	Nom.	MAX	Unité
Tension d'alimentation	VCC	4,75	5,00	5,25	V
	VPP	VCC-0,6	5,00	VCC+0,6	V
Tension d'entrée à l'état haut pour les données	V _{IH}	2,0	-	VCC+1	V
Tension d'entrée à l'état bas pour les données	V _{IL}	-0,1	-	0,8	V

Tableau 10 : Conditions de fonctionnement statique en mode lecture.

CARACTERISTIQUE	Symbole	Min	Max	Unité
Adresse validée à sortie des données	t _{AVQV}	-	450	ns
Sortie validée à sortie des données	t _{GLQV}	-	120	ns
Sorties non validées à sortie en haute impédance	t _{GHQZ}	0	100	ns

Tableau 11 : Conditions de fonctionnement dynamique des mémoires MCM 2716 en mode lecture.

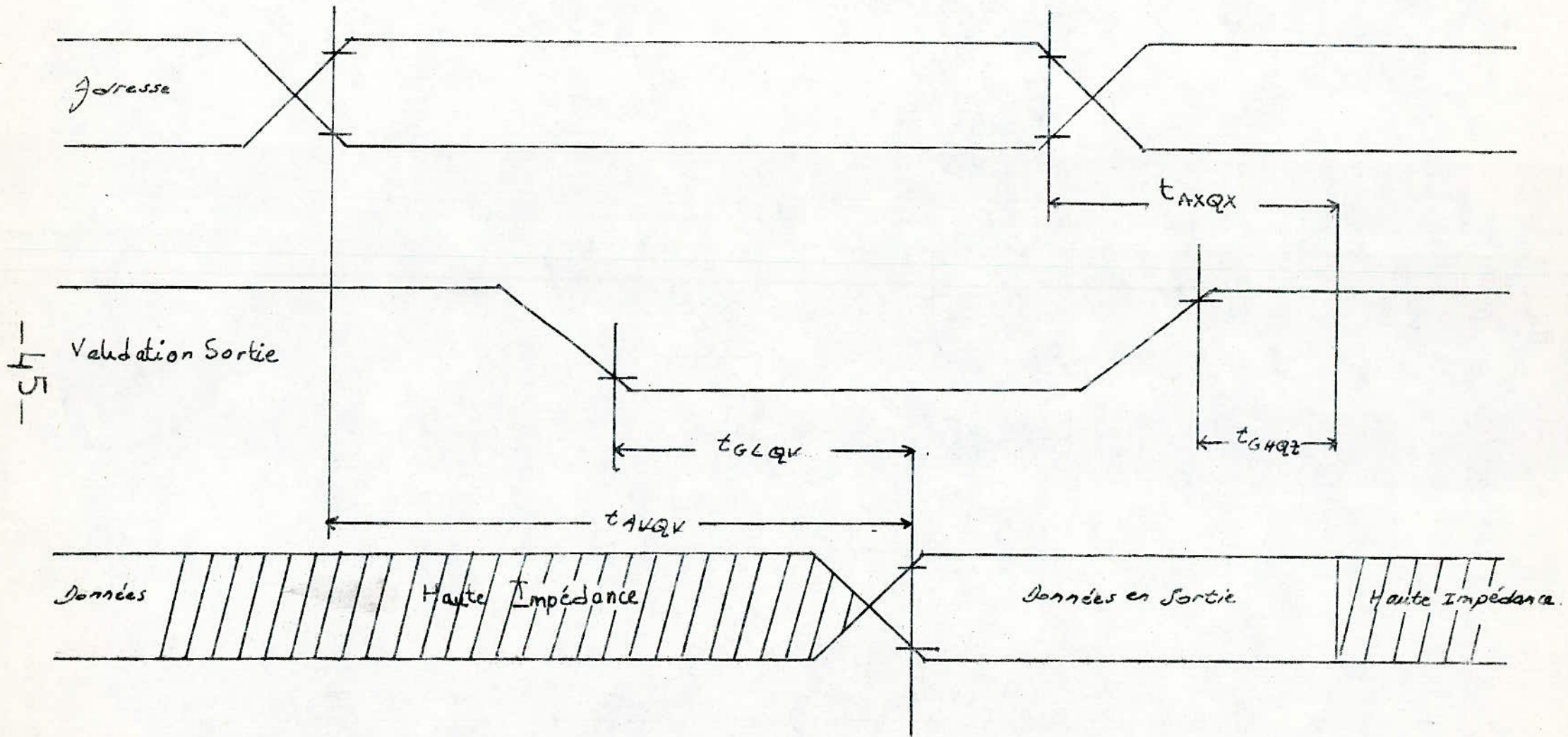
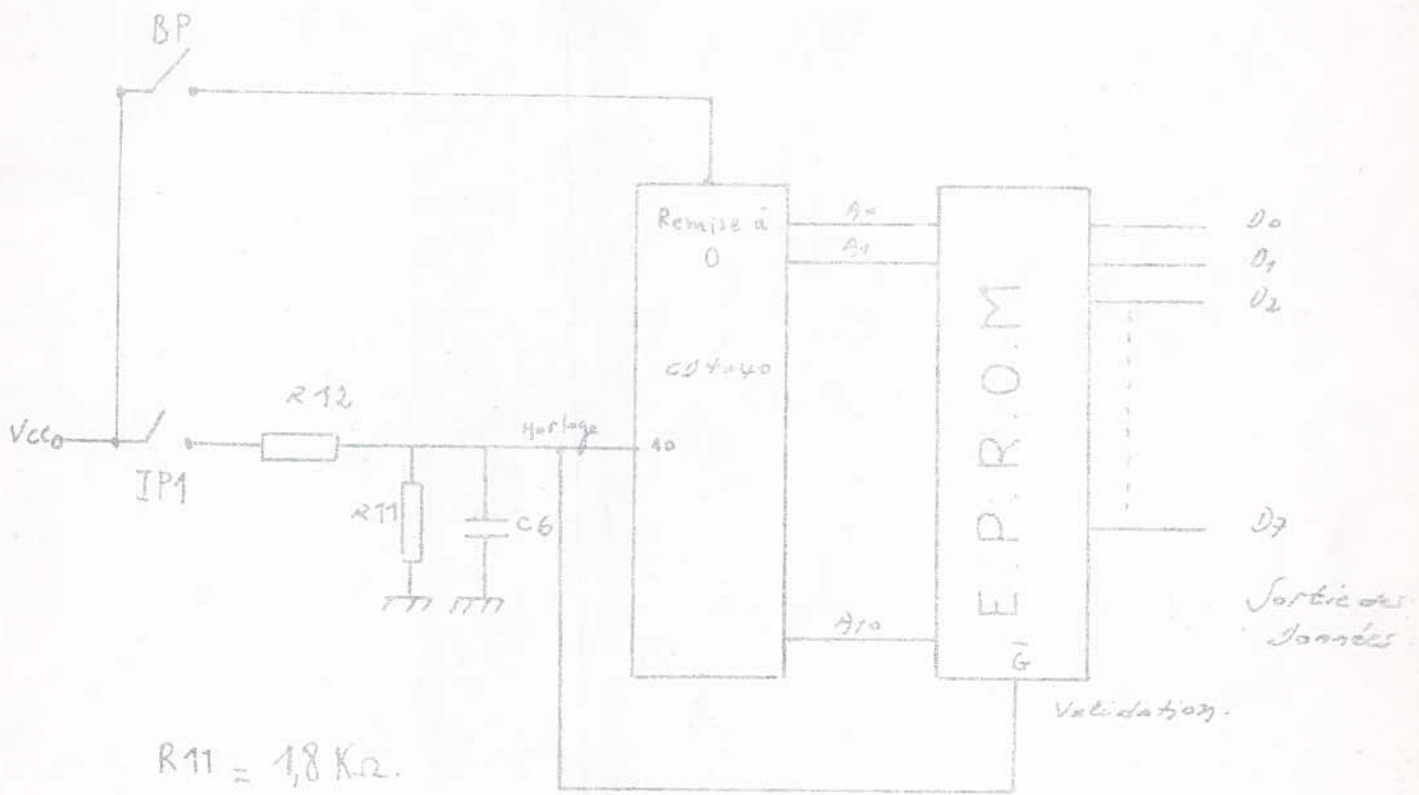


Figure 22 : Diagramme de lecture.



$$R_{11} = 1,8 \text{ K}\Omega.$$

$$R_{12} = 1 \text{ K}\Omega.$$

$$C_6 = 0,15 \mu\text{F}.$$

Figure 21 : Adresse et validation de la mémoire en mode lecture.

Chapitre V : Affichage des adresses et des données.

L'utilisateur du système d'acquisition de données doit pouvoir connaître le nombre de mesures effectuées et, lors de la restitution, la valeur de la donnée correspondant à chaque mesure.

L'affichage des adresses et des mesures est donc indispensable afin que le système d'acquisition puisse communiquer avec l'extérieur.

V.1. Affichage des adresses :

V.1.a. Présentation des différents éléments utilisés :

- Le compteur CD4026 : (brochage figure 23 page 50)

Ce circuit est un compteur décimal avec un décodeur vers 7 segments, permettant ainsi d'attaquer des afficheurs sept segments.

L'application d'un niveau logique haut à l'entrée "REMISE A ZERO" provoque la remise à zéro du comptage.

Le compteur réagit au front montant du signal d'horloge qui lui est appliqué, lorsque l'entrée "HORLOGE INHIBIT" est à un niveau logique bas. Par contre la mise à 1 (logique) de cette dernière entraîne l'inhibition du compteur.

La sortie "RETENUE" change d'état toutes les 10 (dix) impulsions et est utilisée afin d'attaquer un autre compteur CD4026 placé en cascade.

- L'afficheur 7 segments à anode commune TIL 312 :

Le brochage de ce type d'afficheurs est présenté fig. 24 page 50.

Remarque :

Il aurait été préférable d'utiliser des afficheurs à cathode commune mais devant l'indisponibilité de ce type d'afficheurs nous avons été amenés à pallier à cette indisponibilité par l'utilisation des afficheurs 7 segments à anode commune cités précédemment, précédés d'inverseurs fournis par le circuit CD 4009.

V.1.b. L'affichage des adresses :

Le schéma du circuit permettant l'affichage des adresses est donné par la figure 25 page 51.

En phase de programmation l'incrémentation du compteur d'adresses et son initialisation sont assurés respectivement grâce au signal STROBE du multiplexeur et au signal de remise à zéro généré par le circuit d'initialisation.

En phase de restitution, l'incrémentation et l'initialisation du compteur d'adresses se font grâce à 2 commandes externes : l'interrupteur IP1 d'avance de l'adressage et le bouton poussoir de remise à zéro.

Ainsi l'affichage connaît deux phases distinctes :

Phase de programmation :

Le premier CD 4026 sera attaqué par le signal $\overline{\text{STROBE}}$ du multiplexeur et son entrée de remise à zéro est reliée à l'entrée d'initialisation du compteur d'adresses en mode programmation.

Phase de restitution :

Le premier CD 4026 sera attaqué par la commande externe (interrupteur IP1 d'avance du compteur d'adresses en mode restitution) et son entrée de remise à 0 sera reliée à l'entrée d'initialisation du compteur d'adresses en mode restitution.

En définitive l'entrée "HORLOGE" du premier CD4026 et les entrées de remise à 0 de tous les CD4026 sont respectivement reliées soit au STROBE et à l'entrée de remise à zéro du compteur d'adresses lorsque le système d'acquisition doit fonctionner en mode programmation soit à la commande externe (interrupteur IP1) d'avance du compteur d'adresses et à l'entrée de remise à zéro de celui-ci lorsque le système d'acquisition doit travailler en mode restitution.

Ces conditions sont respectées grâce à l'utilisation d'un commutateur du type SW243CD connecté suivant la figure 26 page 51.

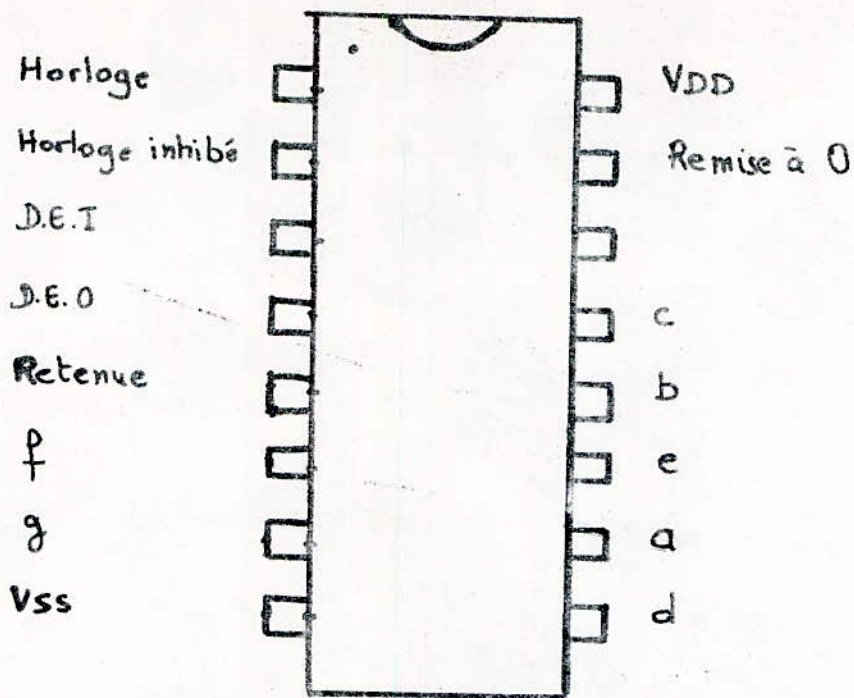


Figure 23 : Brochage du circuit CD4026.

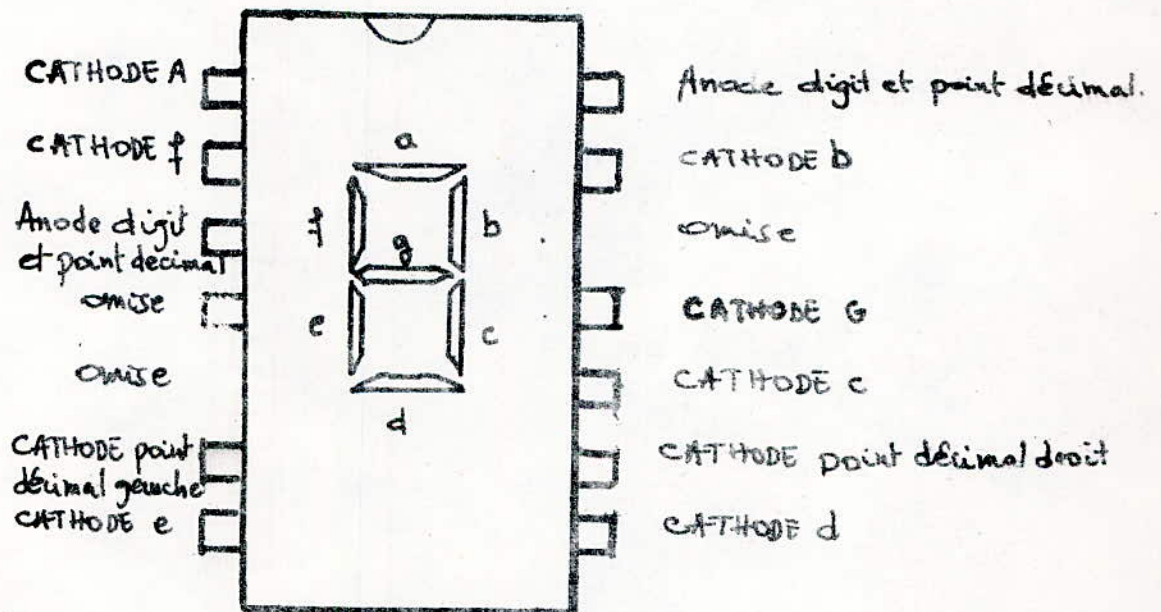
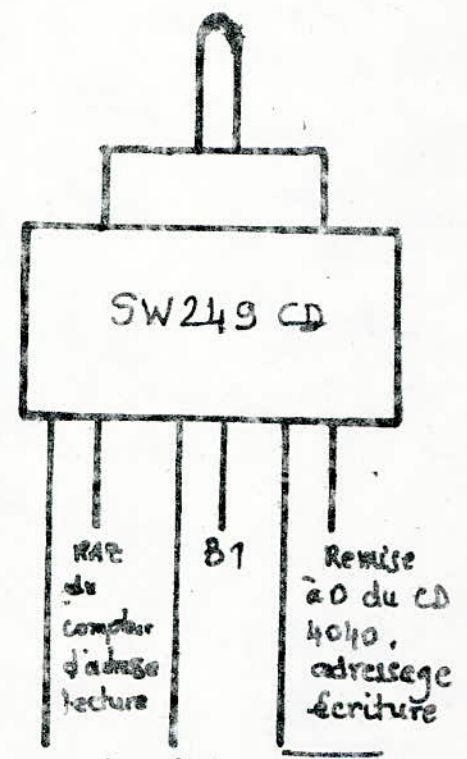
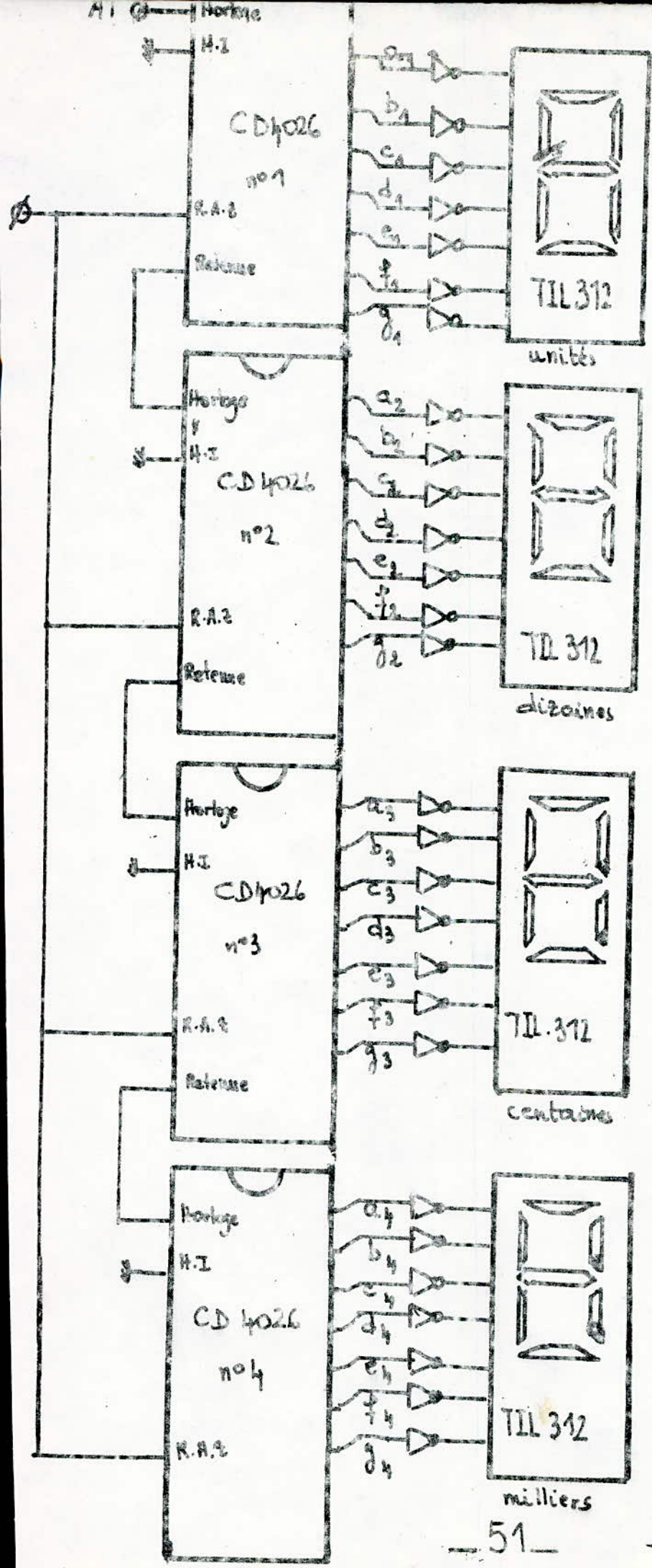


Figure 24 : Brochage du TIL 312.



Commande A1 STROBE
 externe
 d'avance de
 compteur d'adresse
 pour la restitution.

Figure 26 : commutation
 programmation -
 lecture.

Figure 25 : AFFICHAGE
 DES ADRESSES.

V.2. Affichage des données :

À l'acquisition des données terminée, il sera possible de lire le contenu de la mémoire les contenant grâce à la mise en place d'une logique de restitution (chapitre IV) et à l'utilisation d'afficheurs, du type TIL 311.

V.2.a. Présentation des afficheurs TIL 311:

Ces afficheurs dont le brochage est présenté à la figure 27 a page 53 sont munis de diodes binaire vers hexadécimal (schéma bloc figure 27 page 53).

Il possède une entrée STROBE AFFICHEUR permettant la remise à zéro par un niveau haut et une entrée "extinction" permettant d'éteindre l'afficheur par l'application d'un niveau haut.

V.2.b L'affichage des mesures :

L'affichage des mesures se fait suivant la figure 28 page 53: les données D0, D1, ..., D7 sont appliquées aux 2 afficheurs TIL 311.

L'entrée "EXTINCTION" est relié à l'entrée \bar{G} de validation de l'EPROM en mode restitution afin que l'allumage des afficheurs survienne uniquement lorsqu'une donnée est présente.

Multipliée par un facteur de calibre, la valeur hexadécimale affichée indique la valeur de la donnée introduite.

Pour le calibre 0-5 V :

$$\text{Donnée (Volts)} = \frac{\text{Valeur affichée convertie dans la base décimale} \cdot 5}{255}$$

Pour le calibre 0-170 mV :

$$\text{Donnée (mV)} = \frac{\text{Valeur affichée convertie dans la base décimale} \cdot 170}{255}$$

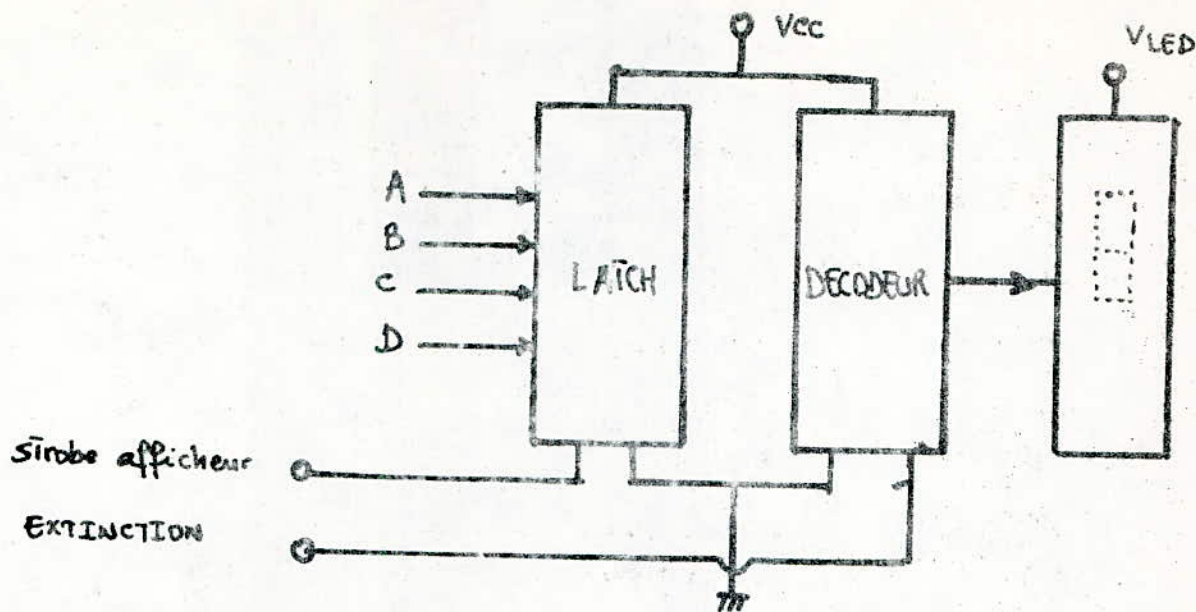


Figure 27 : Schéma bloc du TIL 311.

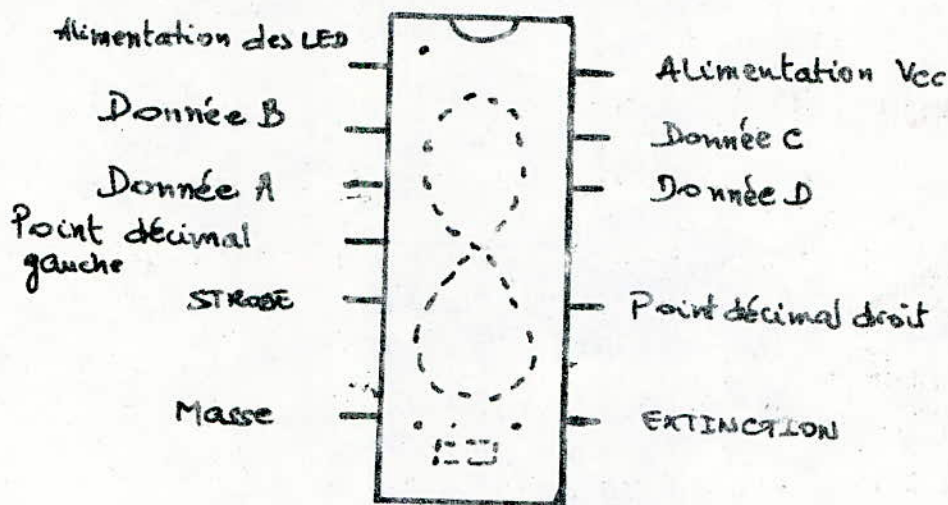


Figure 27a : Brochage du TIL 311.

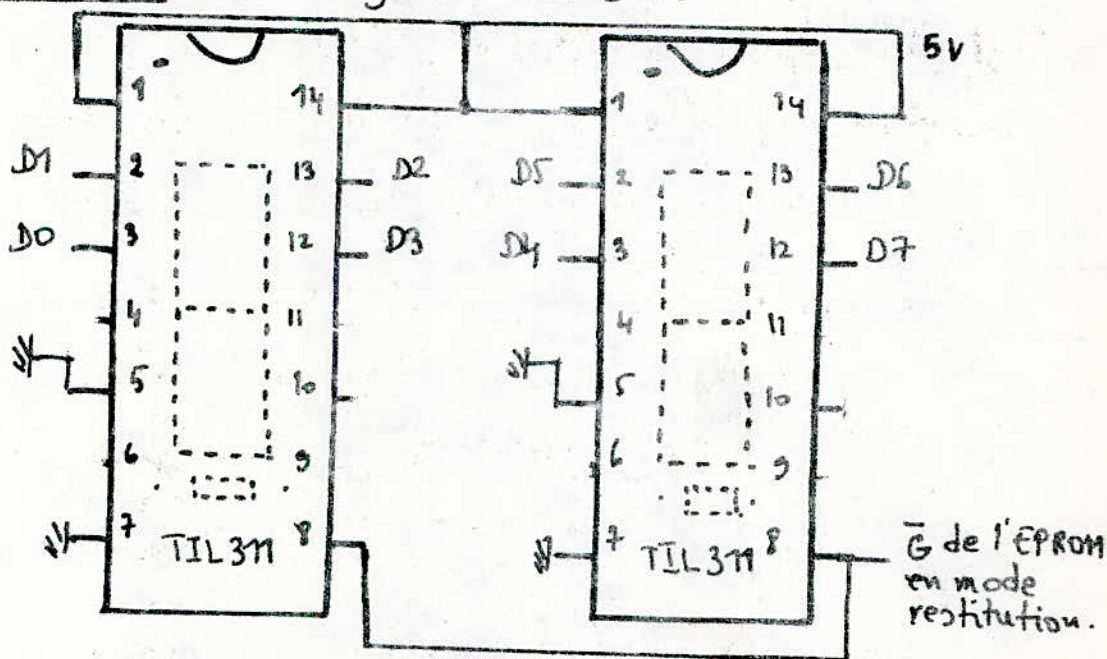


Figure 28 : L'affichage des mesures

CHAPITRE VI : Détermination de la précision du système d'acquisition de données.

Une mesure ne pouvant jamais être exacte, il est au moins nécessaire de connaître le degré de confiance que nous pouvons lui accorder, c'est à dire :

— Connaître l'intervalle de confiance (limites entre lesquelles la valeur vraie devrait se trouver).

— Connaître la probabilité que la valeur vraie (ou la notion mathématique correspondante) y soit située, la certitude absolue étant impossible à obtenir.

Il est évident qu'une mesure sera d'autant meilleure que l'intervalle de confiance est plus étroit et que la probabilité que la mesure y soit située est plus grande.

Les causes qui influent sur le résultat d'une mesure physique exécutée du mieux possible, sont très nombreuses et indépendantes, en partie, les unes des autres (température, humidité, tolérance des composants, vieillissement, ... etc).

L'expérience montre que la répétition des résultats numériques est assez bien représentée par la loi limite de LAPLACE - GAUSS dite loi normale, d'équation :

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \quad \text{où } x = \frac{x - x_m}{\sigma} \text{ est appelée}$$

variable réduite.

x : résultat d'une mesure.

x_m : moyenne arithmétique d'un nombre infini de mesures d'une même donnée.

$x - x_m$: écart par rapport à la moyenne.

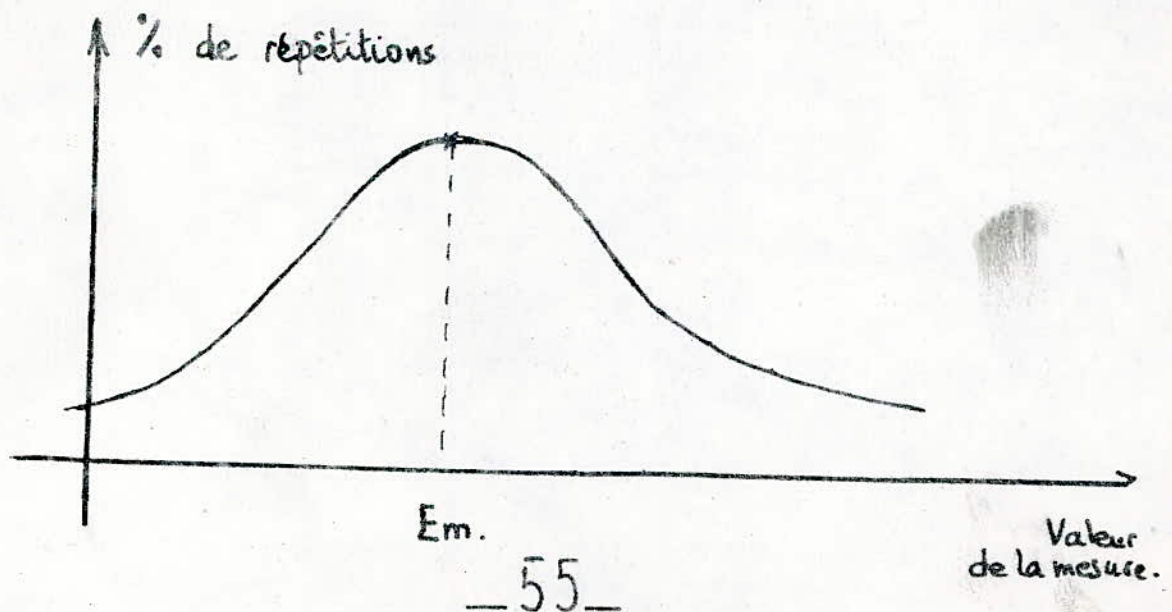
σ : écart quadratique moyen.

VI.1. Définition et propriétés d'une loi normale:

La loi normale est une loi limite, c'est à dire valable pour un échantillon de taille infinie. Les résultats s'en écartent d'autant plus que la taille de l'échantillon est plus faible.

Néanmoins la concordance est excellente pour la taille 100.

En abscisses, portons le résultat x_i de mesure, en ordonnées le nombre de répétitions des x_i (ou mieux le pourcentage d'apparition des x_i).



L'abscisse du maximum représente l'espérance mathématique E_m , correspondant, à la limite, au seul point de vue de l'élimination des erreurs aléatoires, la valeur vraie de la mesure.

Dans le cas d'un échantillon limité, E_m peut être remplacé par la moyenne arithmétique x_m (ou \bar{x}) des mesures débarrassées de toutes les erreurs prévisibles (erreurs accidentelles, ...).

VI.2. Détermination de la qualité:

Pour une même donnée, la mesure est répétée une certaine de fois. Soit V la variance arithmétique des carrés des écarts :
$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$
 où $n =$ taille de l'échantillon

d'où l'écart quadratique moyen σ : $\sigma = \sqrt{V}$

Appliquée à la courbe de GAUSS, la notion d'écart quadratique moyen permet alors d'affirmer que :

68,7 % des mesures x_i s'écartent de \bar{x} de moins de 1σ .

95,4 % des mesures x_i s'écartent de \bar{x} de moins de 2σ .

99,7 % des mesures x_i s'écartent de \bar{x} de moins de 3σ .

L'écart quadratique moyen caractérise en fait l'écart maximum observé dans une série de mesures (c'est à dire

un échantillon), pour une probabilité donnée.

L'écart quadratique moyen caractérise la précision de cette série de mesures et est à la base de la détermination de la classe des appareils de mesure.

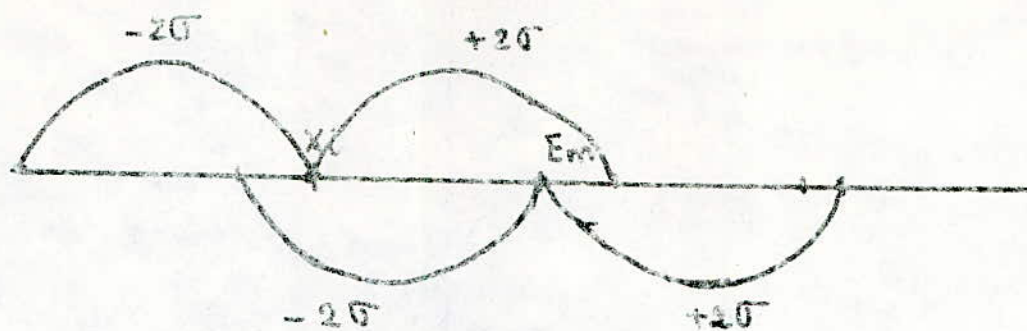
VI.2.a. Procédure de détermination, par les constructeurs d'appareils de mesure, de la classe de précision :

La classe de précision d'un appareil de mesure exprime la plus ou moins grande aptitude de l'appareil à approcher la valeur vraie de la grandeur qui lui est appliquée, indépendamment des perturbations qu'il peut provoquer par ailleurs, dans le circuit.

La base de la procédure de détermination de la classe est la connaissance, au moyen d'un grand nombre de mesures, de l'écart quadratique moyen σ .

Les constructeurs choisissent ensuite arbitrairement la probabilité de 95,4%, ce qui revient à garantir que dans 95,4% des cas, l'indication X_i de l'appareil tombera dans une fourchette de $\pm 2\sigma$ autour de E_m et par conséquent que E_m devra se trouver dans une fourchette $\pm 2\sigma$ de X_i .

A partir de la valeur 2σ calculée expérimentalement, le constructeur détermine la classe de précision qu'il communique à l'utilisateur. Elle est exprimée en % sous-entendus.



- Détermination de la précision dans la gamme 0-5V :

Pour les tensions comprises dans la gamme 0-5V et par pas de 0,25V, nous prenons un échantillon de mesures de taille $n = 100$.

Cette opération nous permettra ainsi, pour chaque tension appliquée, de déterminer l'écart entre le maximum et le minimum de chaque série de mesures.

Soit $E_{c \max}$ l'écart maximum observé sur l'ensemble des échantillons prélevés. Alors $\pm 20 = \pm 2 E_{c \max}$

d'où la classe de précision du système d'acquisition pour la gamme 0-5V: $C = 40 E_{c \max} (\%)$

Les mesures effectuées en suivant la procédure décrite précédemment ont permis de trouver que $E_{c \max} = 0,04 \text{ V}$

et donc $C = 1,6$ dans la gamme 0-5V.

- Détermination de la précision dans la gamme 0-10mV :

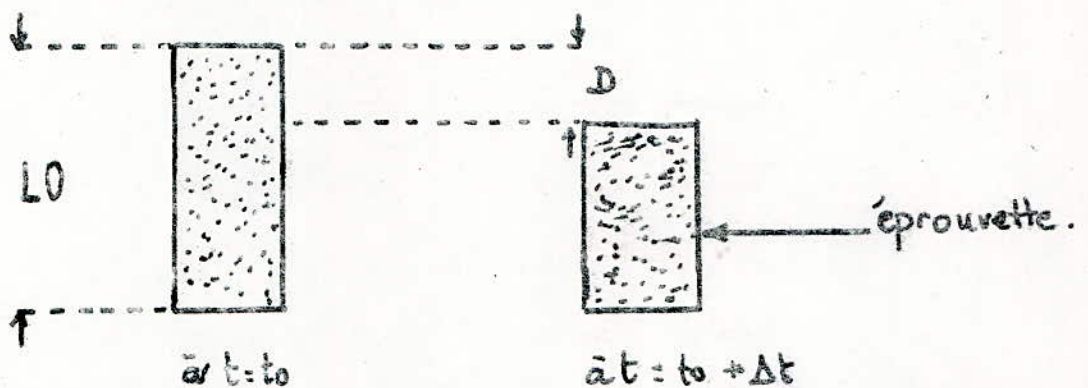
En suivant la même démarche que pour la gamme 0-5V, mais avec des pas de 10mV on détermine $E_{c \max} = 4 \text{ mV}$

et donc $C = 4,7$ dans la gamme 0-10mV.

Chapitre VII : Application à la mesure du retrait des matériaux de construction.

VII.1. Définition du retrait des matériaux de construction:

Le retrait est un phénomène provoqué par la diminution de volume suite à l'évaporation de l'eau entre les particules constituant le matériau. Il s'exprime, en général en $\mu\text{m/m}$.



$$\text{Retrait} = D \quad \text{ou aussi} \quad \text{Retrait} = D/L_0 \quad (\text{en } \mu\text{m/m})$$

Ce phénomène correspondant à un déplacement, nous avons utilisé des capteurs de déplacements linéaires de la série LR à transformateur différentiel.

VII.2. Capteurs de déplacements linéaires série LR à transformateur différentiel: (schéma figure 29 page 63):

Le capteur est constitué par un enroulement primaire et 2 enroulements secondaires identiques connectés en opposition, à l'intérieur desquels se

. déplace un noyau magnétique à haute perméabilité. Le primaire est alimenté par un courant alternatif (2000 Hz) de valeur efficace constante. Les forces électromotrices (f.e.m) d'induction développées dans chaque secondaire sont en opposition de phase. Leur amplitude respective dépend du couplage magnétique entre primaires et secondaires, donc de la position du noyau. Lorsque celui-ci occupe une position médiane, les tensions induites dans les secondaires sont égales et opposées. Leur résultante correspond au zéro électrique du capteur. Le déplacement du noyau modifie l'induction dans un secondaire par rapport à l'autre.

La tension de sortie a une amplitude égale à la différence entre les 2 f.e.m induites aux deux secondaires, et sa phase est sensiblement en quadrature avec celle du courant appliqué au primaire. La valeur et le sens du déplacement sont ainsi déterminés par l'amplitude et la phase du signal de sortie.

Utilisation des capteurs de déplacement :

Les capteurs ne comportent pas d'électronique : ils doivent être associés au module GDL (figure 30 page 63) qui assure :

- l'alimentation en courant à partir d'un oscillateur 2 KHz de grande stabilité et d'un amplificateur de courant.

- La mise en forme du signal de mesure, par redressement au moyen d'un démodulateur synchrone utilisant le signal de l'oscillateur comme référence. Après filtrage, le signal est disponible sous forme d'une tension ou d'un courant (2 sorties différentes) proportionnel au déplacement mesuré. Le 0 électrique peut être ajusté et la tension de sortie peut être décalée par

rapport au 0.

VII.3. Mesure du retrait :

L'analyse de documents (projets de fin d'études de Génie civil) et la consultation de spécialistes des matériaux ont permis de déduire que, sur des éprouvettes de $L_0 = 16 \text{ cm}$ (comme celles utilisées) un retrait de $0,5 \text{ mm}$ est un maximum.

Le zéro et le gain du GDL associé aux capteurs de déplacements seront réglés de manière à faire correspondre une variation de 170 mV à un retrait de $0,5 \text{ mm}$.

Afin d'avoir une bonne résolution, il est nécessaire de faire correspondre à la gamme $0-170 \text{ mV}$ appliquée à l'entrée du système d'acquisition, la gamme $0-5 \text{ V}$ au niveau du convertisseur. Ceci est possible grâce à l'utilisation d'un amplificateur de gain $G_v = 5 \cdot 10^3 / 170 = 29,41$ entre le multiplexeur et le convertisseur.

Cette disposition permettra d'avoir une résolution de $0,7 \text{ mV}$ qui correspond à un déplacement de $2 \mu\text{m}$.

VII.3.a. Présentation de l'amplificateur OP 07 (brochage figure 31 page 63) :

C'est un amplificateur opérationnel qui présente les caractéristiques :

- très faible tension de décalage $10 \mu\text{V}$
- Bonne stabilité en température $0,2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- très faible bruit.
- Large gamme de tension d'entrée $\pm 14 \text{ V}$

- Compensation interne en fréquence.
- Alimentation de $\pm 3\text{ V}$ à $\pm 18\text{ V}$.

Le schéma de la figure 32 page 63 présente la connexion de l'amplificateur. Le gain est ajusté grâce à la résistance R .

VII-3-b Procédure de mesure du retrait:

Pour une compression X du capteur, on règle le zéro du GDL de façon à associer à cette compression une tension de 170 mV . On décomprime ensuite le capteur de $0,5\text{ mm}$ par rapport à X ; le gain doit être réglé de manière à faire correspondre à cette nouvelle position 0 V . L'opération de réglage est répétée jusqu'à obtention d'un bon réglage et du zéro et du gain.

Lors de la mesure du retrait, qui s'effectue suivant la figure 33 page 64

il faudra donner aux capteurs une compression initiale X .

La restitution des données permettra de tracer la courbe donnant longueur de l'éprouvette en fonction du temps et qui aura l'allure:

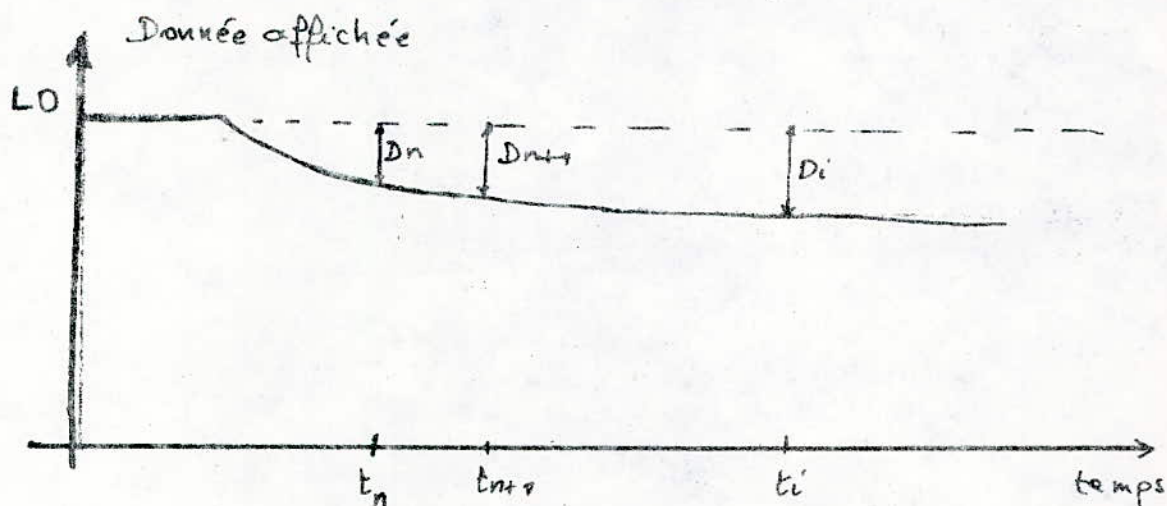




Figure 29 : Capteurs de déplacements rectilignes à transformateur différentiel.

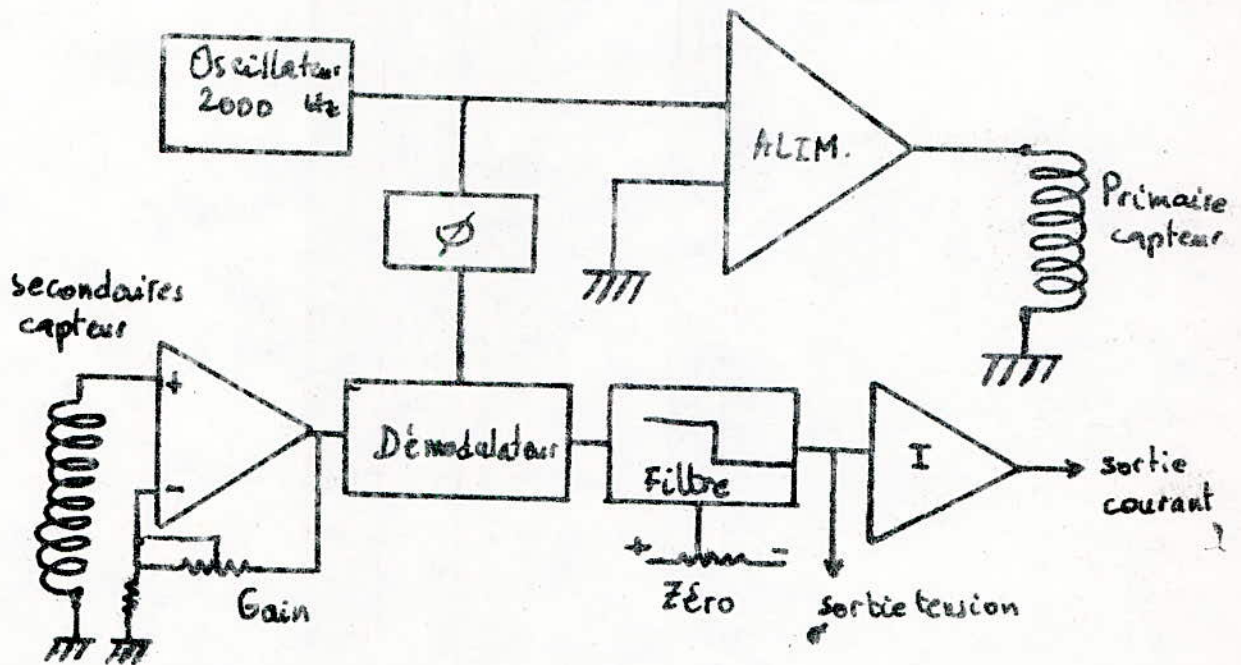


Figure : 30 : GDL, générateur démodulateur.

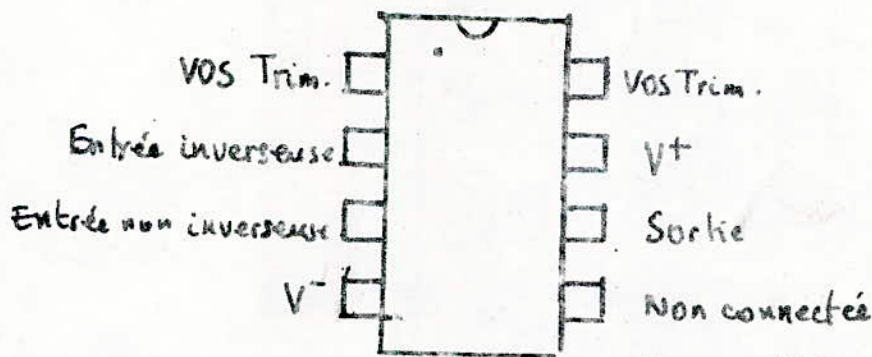


Figure: 31: Brochage de l'OP 07.

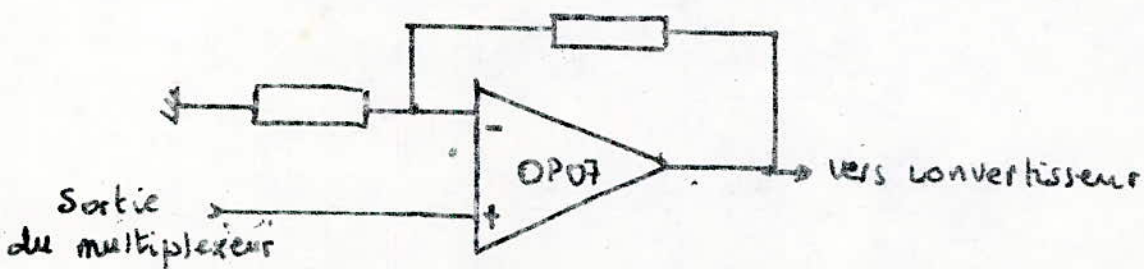


Figure 32 : Amplification du signal d'entrée

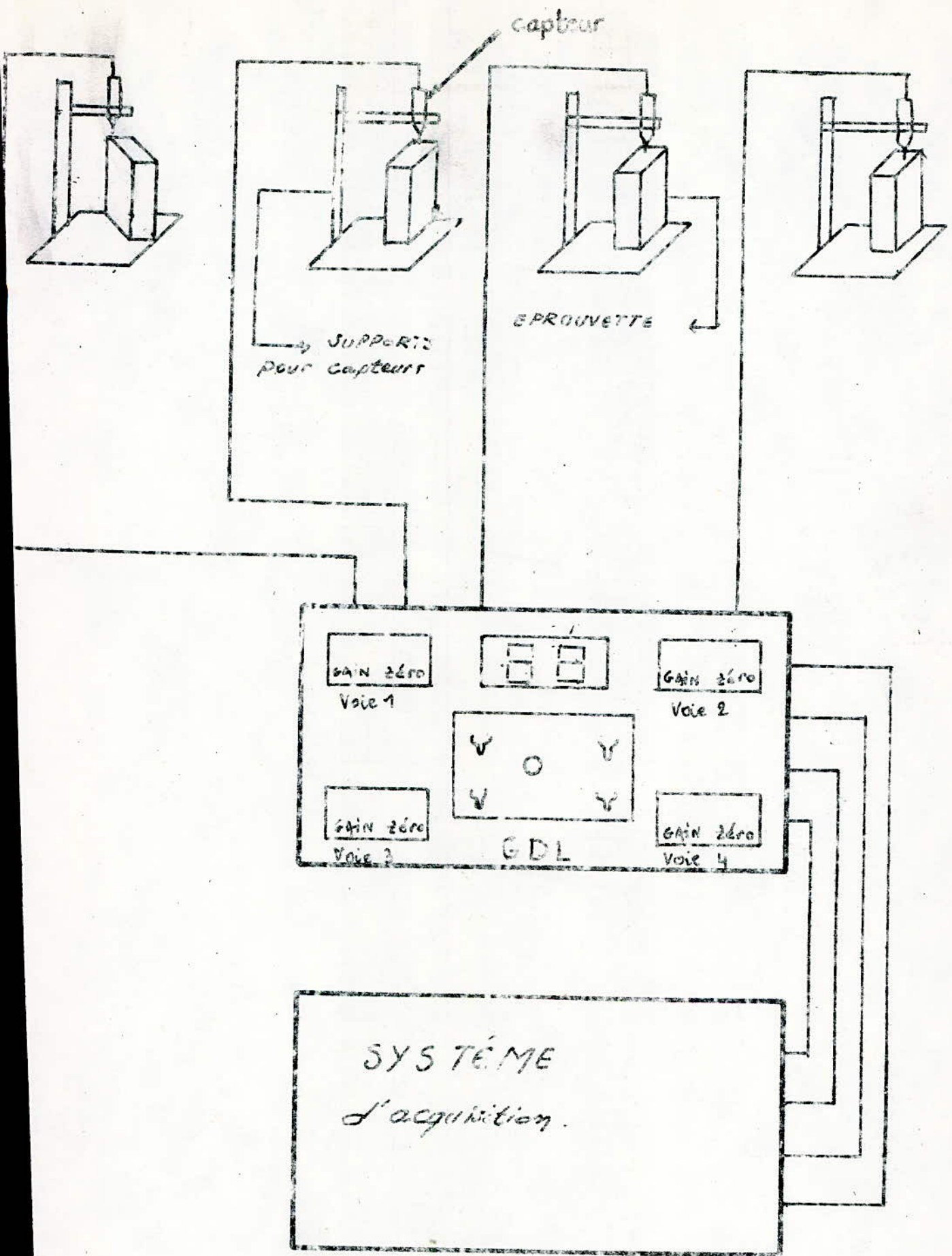


Figure 33: Mesure du retrait

Chapitre VIII : Alimentation stabilisée et mode d'emploi du système d'acquisition de données :

Le système d'acquisition de données nécessite, pour son fonctionnement, l'existence des tensions :

- +5V pour alimenter les circuits logiques et les afficheurs.
- +15V pour alimenter l'amplificateur OP.07 pour l'utilisation des systèmes d'acquisition dans la gamme 0-170 mV.
- 25V qui sont appliqués à VPP de l'ÉKORT en mode programmation.
- -5V pour le fonctionnement du convertisseur RS427.

Pour obtenir ces différentes tensions, nous avons élaboré le schéma de la figure 34 page 68.

Un transformateur à secondaires multiples délivre, à partir du secteur, des tensions alternatives de 4V et 24V par rapport au point 5.

Ces tensions sont redressées (par les ponts PD1 et PD2 de type 11081) puis filtrées par les capacités C7 et C8.

Les tensions continues VC7 et VC8 attaquent des régulateurs de tension de type 7805, 7815, 7905 polarisés de manière à obtenir les tensions +5V, -5V, +15V, +25V par rapport au point 5 qui constituera le potentiel de référence VSS de notre système.

Trois commutateurs du type SW 249 CD et connectés suivant la figure 35 page 68 permettent :

- d'appliquer la tension +5V au circuit de programmation ou au circuit de restitution suivant le mode de travail désiré.
- d'appliquer les tensions +25V, +15V, -5V uniquement lorsqu'on choisit de travailler en mode programmation.
- d'appliquer à l'entrée du circuit de comptage des adresses, soit l'entrée du complexe d'adresses en mode programmation soit celle du compteur d'adresses en mode restitution.
- d'appliquer à l'entrée de remise à 0 du circuit de comptage des adresses soit le signal de remise à 0 du compteur d'adresses en mode programmation soit le signal d'initialisation en mode restitution.

VIII.1 Mode d'emploi en mode programmation :

Il faut respecter, scrupuleusement, l'ordre des opérations suivantes :

- a - placer l'EPROM sur le support marqué "programmation".
- b - Régler la temporisation désirée.
- c - Mettre le commutateur COM1 sur la position "écriture".
- d - Mettre le commutateur COM2 sur la position "écriture".
- e - Mettre le commutateur COM3 sur la position "écriture".

Attention : Même si les opérations a, b, c et d ne sont pas remplies dans cet ordre l'opération (e) doit impérativement être la dernière.

VIII.2. Mode d'emploi en mode restitution :

Il faut respecter les conditions :

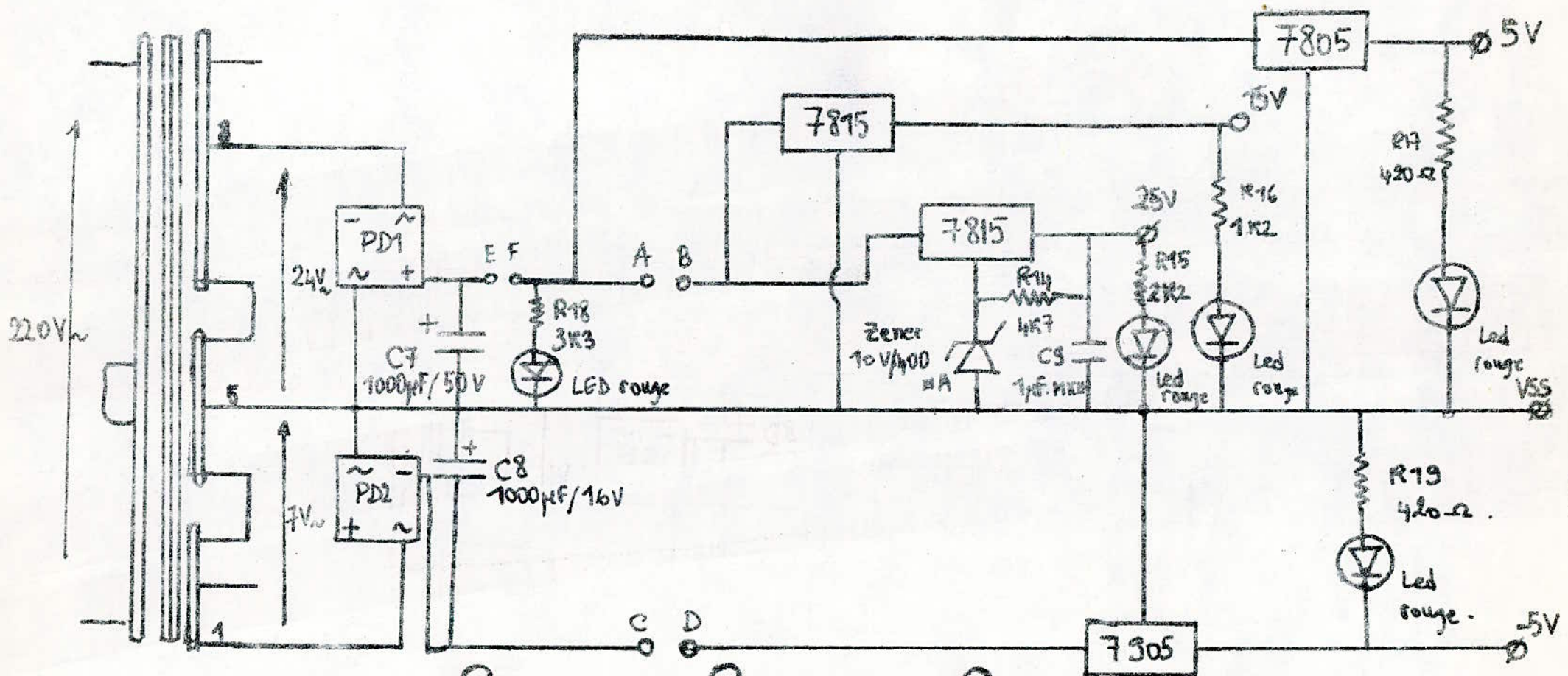
- a - Placer l'EPROM sur le support marqué "RESTITUTION".

b - Mettre le commutateur COM 1 sur la position "lecture".

c - Mettre le commutateur COM 2 sur la position "lecture".

d - Mettre le commutateur COM 3 sur la position "lecture".

A partir d'ici le système d'acquisition, en phase de restitution, est en marche.



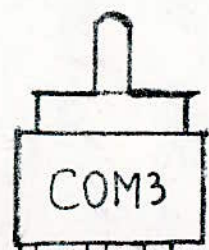
C D

RAZ
écriture



RAZ
CD4026

RAZ
lecture
5V
Carte
écriture



5V
Carte
lecture

6

Annexe 1 : Rappels sur les mémoires.

Comme leur nom l'indique, les mémoires servent à mémoriser de l'information et comme ce sont des circuits logiques, cette information est stockée en binaire.

Technologie bipolaire et technologie MOS :

Les deux principales différences entre ces deux types de mémoires sont :

- le temps d'accès.
- le niveau d'intégration.

Les mémoires bipolaires sont très rapides (temps d'accès de 50 à 90 ns) mais consomment beaucoup (de 90 à 400 mW par boîtier).

Les mémoires MOS sont lentes mais consomment moins et possèdent un haut niveau d'intégration, pouvant aller jusqu'à 16 K par boîtier.

Les EPROM :

Ce genre de mémoires est largement utilisé tant au niveau amateur que professionnel. Cela est certainement dû à leurs énormes avantages :

- On peut les programmer électriquement de manière relativement simple.

- Etant effaçables, de telles mémoires autorisent toutes les erreurs de programmation.

Avantages des EPROM:

Les EPROM présente les avantages suivants:

- Le faible coût.
- La facilité de programmation.
- La facilité d'effacement.
- La forte capacité.

malgré ces avantages, on distingue quelques défauts:

- la durée de rétention de l'information est limitée à 10 ans (et elle diminue avec la température).
- La relative lenteur : environ 200 ns.

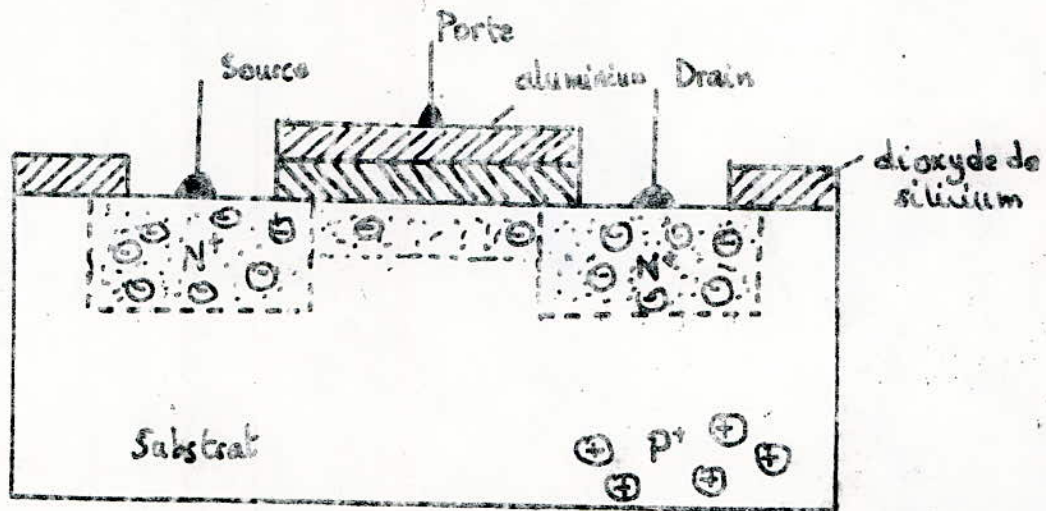
A.1.3. Physique des EPROM:

Fonctionnement de la cellule mémoire à transistor MOS:

I. Etude d'un transistor MOS:

Les cellules des mémoires reprogrammables (REEPROM) sont des transistors MOS à grille isolée. Ce transistor MOS (ou FAMOS, de "FLOAT AVALANCHE INJECTION MOS") est un élément dont la grille est flottante, c'est à dire à grille isolée.

Etant donné que les cellules des mémoires reprogrammables utilisées sont de type 1T1R, nous nous limiterons à l'étude d'un transistor MOS à canal N :



En appliquant une tension entre la porte (gate) et la source de façon à rendre la première positive par rapport à la seconde, la porte se trouve positive par rapport à la plaquette de silicium P (substrat). Par conséquent, les charges mobiles positives (trous) de silicium P sont repoussées vers l'intérieur de la plaquette alors que les charges mobiles négatives (électrons) de la source sont attirés en surface, plus précisément sur la surface de la plaquette relative à la couche de dioxyde de silicium située sous la porte.

Il se forme une couche de charges mobiles négatives établissant une liaison entre la source et le drain, qui constitue le canal N.

Ce canal N possède une certaine résistance, que l'on peut réduire en augmentant la tension appliquée à la porte.

Le transistor MOS reste bloqué tant que la tension V_{GS} entre porte et source est inférieure à la tension de seuil V_S (tension nécessaire pour rendre le transistor conducteur). Lorsque $V_{GS} = V_S$ le canal commence à joindre les deux électrodes.

Pour V_{GS} supérieur à V_S le canal se renforce et conduit.

Le problème important consiste à réduire la tension de seuil V_S (cette tension est de l'ordre de 3 à 5V) qui est trop élevée pour permettre une compatibilité TTL qui ont un V_S de l'ordre de 0,7V.

La plupart des développements apportés au transistor MOS-FET ont pour but de réduire cette tension de seuil V_S et tous les efforts furent axés sur de nouvelles technologies, plus précisément sur la recherche de nouveaux matériaux isolants à constante diélectrique supérieure. Ainsi trouvons nous deux technologies utilisant :

a - Structure au nitruure de silicium :

Ce procédé mis au point par la GI (General Instruments) porte le nom de M.T.N-S (Metal Thick Nitrite silicium ou métal épais de nitruure de silicium).

Le diélectrique compris entre la porte et le substrat utilise du nitruure de silicium disposé en "sandwich" avec le dioxyde de silicium. Cette structure confère au circuit les améliorations suivantes :

- Une tension de seuil abaissée à 2V.
- la vitesse est multipliée par deux.

La couche d'oxyde doit être suffisamment épaisse pour éviter la diffusion des charges dans la couche Si_3N_4 et suffisamment mince pour profiter des avantages du nitrure de silicium par rapport au dioxyde de silicium.

b. Structure à gate au silicium:

Faisant suite à la première structure, FAIRCHILD a mis au point une nouvelle technologie dite "MOS à gate au silicium".

Dans cette structure, l'électrode de commande ou gate n'est plus en aluminium mais en silicium fortement dopé (figure A) et enrobé dans de l'oxyde de silicium aussi parfaitement isolant que possible.

Cette structure est à la base des cellules à mémoires reprogrammables

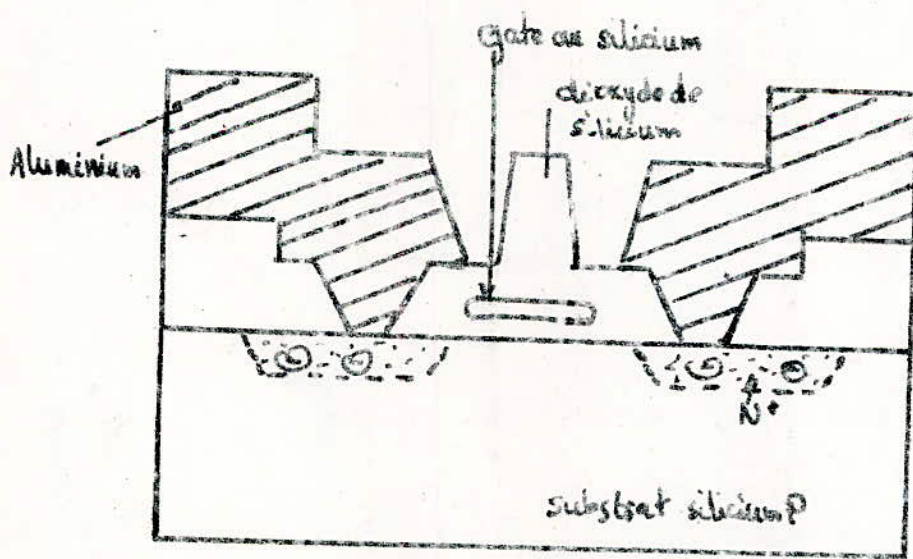
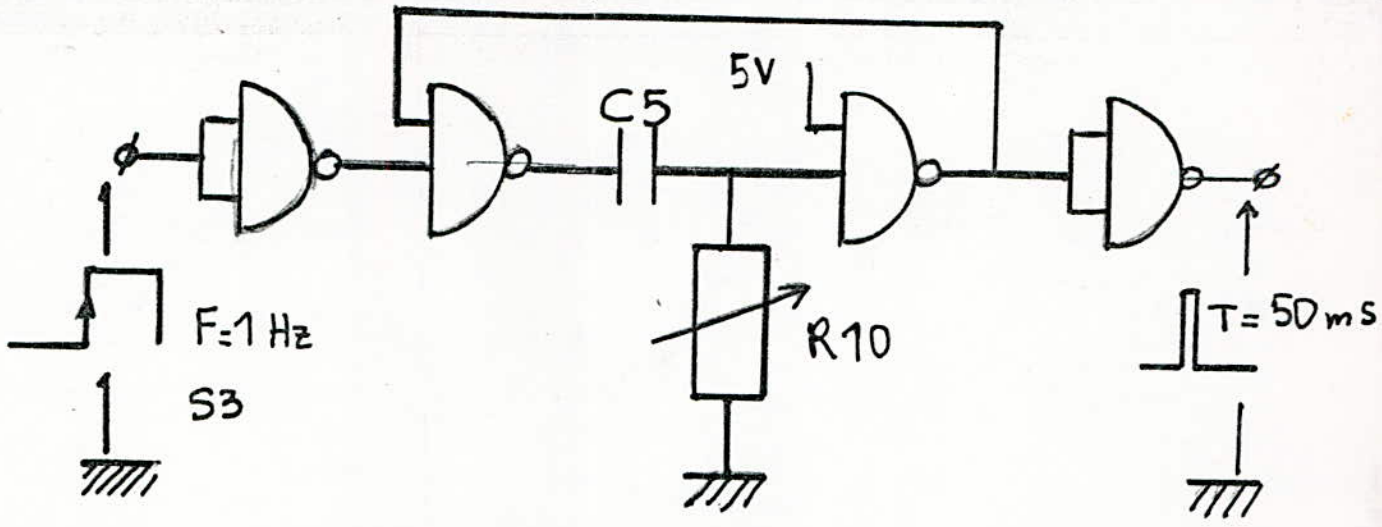


Figure A

ERRATUM: Page 38.



$C5 = 1 \mu F$; $R10 = \text{variable de } 700 K\Omega$.

Figure 18: Monostable délivrant les impulsions d'écriture.

Fiche de mesure pour la
determination de la classe de précision
dans la gamme 0-5 V.

Tension appliquée	code correspondant	Numéro de la mesure	code affiché
4,75 V	F2	10	F1
		11	F1
		12	F0
		13	F0
		14	F1
		15	F0
		16	F0
		17	F1
		18	F1
		4,50 V	E5
101	E4		
102	E5		
103	E4		
104	E4		
105	E5		
106	E5		
107	E5		
108	E4		

4,00 V
 3,50 V
 3,00 V
 2,50 V
 2,00 V

CC
 B3
 99
 80
 66
 - 2 -

180 CD
 181 CD
 182 CD
 183 CD
 184 CD
 185 CD
 270 B3
 271 B3
 272 B3
 273 B3
 274 B2
 275 B3
 351 9A
 352 99
 353 99
 354 9A
 355 99
 440 80
 441 81
 442 81
 443 80
 444 80
 520 68
 521 68
 522 68
 523 68

1,50 V
1,00 V
0,50 V
00 V

4D
33
1A
00

610
611
612
613
614
615
690
691
692
693
694
695
696
760
761
762
763
764
765
766
767
820
821
822

4D
4D
4D
4D
4D
4D
35
36
36
36
36
36
36
1C
1D
1C
1C
1D
1D
1C
1D
00
00
00

Fiche de mesure pour la détermination de la classe de précision dans la gamme - 0 - 170 mV.

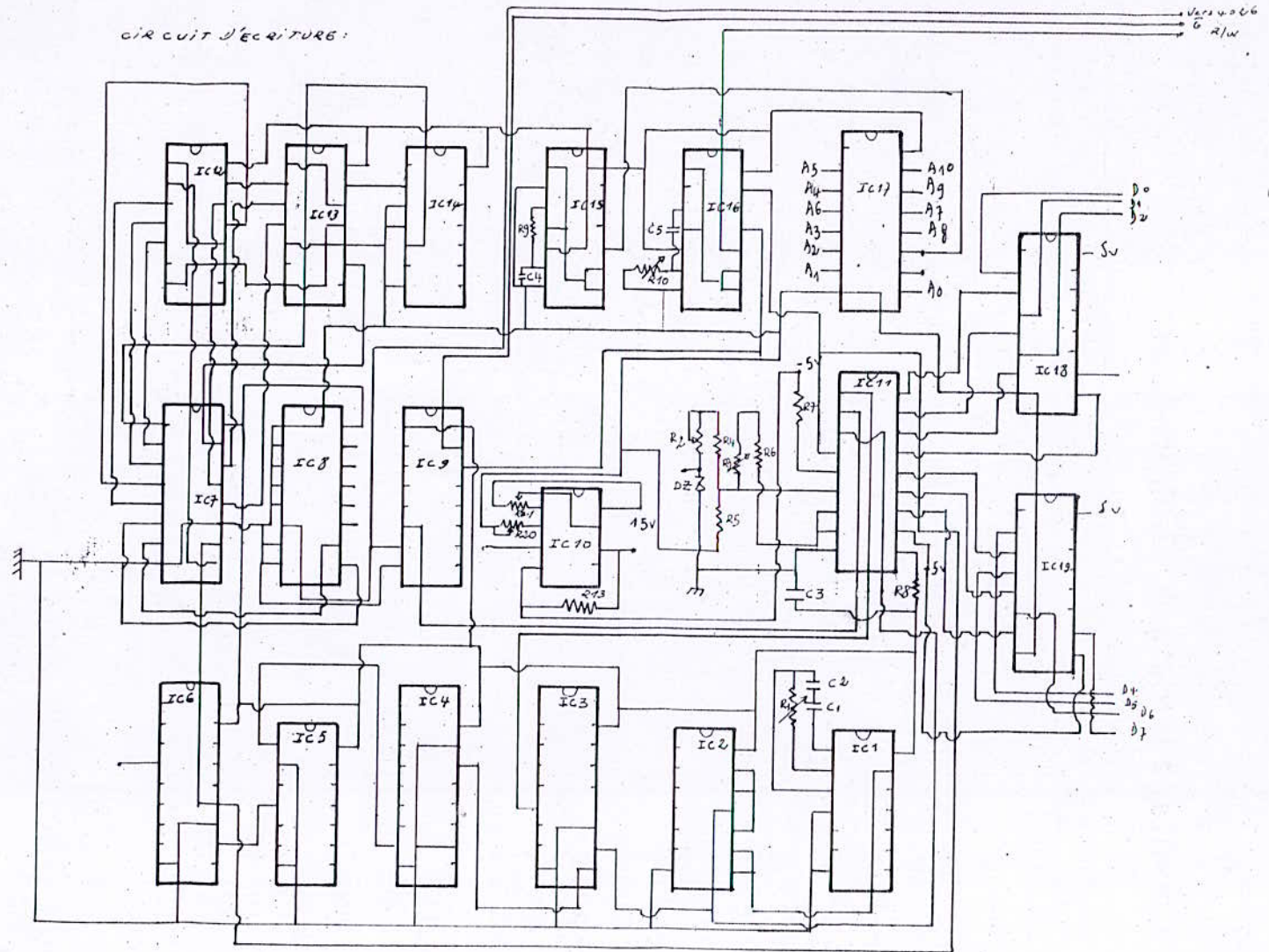
Tension appliquée	code correspondant	Numéro de la mesure	code affiché
06 mV	09	10	07
		11	07
		12	07
		13	06
		14	07
12 mV	12	110	13
		111	08
		112	07
		113	09
		114	0F
18 mV	1b	230	26
		231	27
		232	1F
		233	1F
		234	1F
24 mV	24	360	29
		361	2F
		362	25
		363	2E
		364	29
		365	30
		⋮	⋮

Tableau d'équivalence entre
donnée affichée et retrait des matériaux.

$$\text{Retrait} = \frac{170 - \text{Tension affichée en mV}}{340}$$

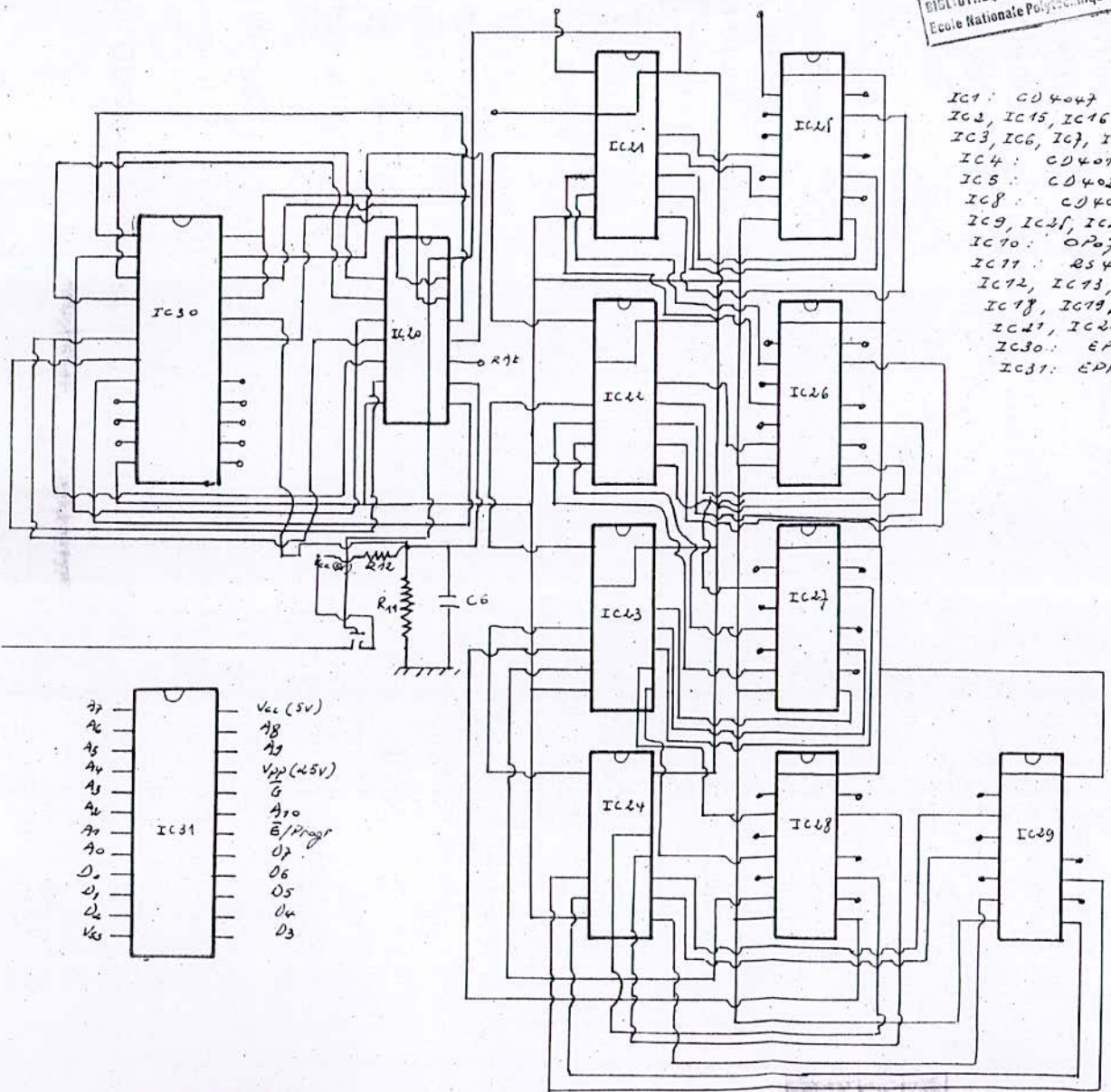
Code affiché	Tension correspondante en mV	retrait correspondant (mm)
FF	170	00
FC	168	0,0059
F3	162	0,0235
EA	156	0,0472
E1	150	0,0588
⋮	⋮	⋮
A2	108	0,1647
99	102	0,1824
90	96	0,2000
⋮	⋮	⋮
6C	72	0,2882
63	66	0,3059
5A	60	0,3235
⋮	⋮	⋮
48	48	0,3588
3F	42	0,3765
36	36	0,3941
2d	30	0,4118
24	24	0,4294
⋮	⋮	⋮

CIRCUIT D'ECRIURE :



- CIRCUIT de Lecture -

المكتبة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHÈQUE — E.N.P.
Ecole Nationale Polytechnique



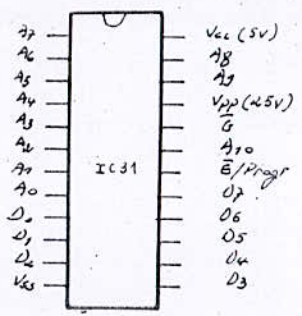
- IC1 : CD4047
- IC2, IC15, IC16 : CD4044
- IC3, IC6, IC7, IC17, IC20 : CD4040
- IC4 : CD4018
- IC5 : CD4024
- IC8 : CD4052
- IC9, IC21, IC26, IC27, IC28, IC29 : CD4009
- IC10 : OP07
- IC11 : RS447
- IC12, IC13, IC14 : CD4072
- IC18, IC19 : CD4050
- IC21, IC22, IC23, IC24 : CD4026
- IC30 : EPROM MCM2716 en mode lecture
- IC31 : EPROM MCM2716 en mode ecriture

- R1 : AJUSTABLE de 1KΩ
- R2 : AJUSTABLE de 4,7KΩ
- R3 : AJUSTABLE de 1MΩ
- R4 : 5,6KΩ
- R5 : 3,2KΩ
- R6 : 680KΩ
- R7 : 82KΩ
- R8 : 3,90Ω
- R9 : 82KΩ
- R10 : AJUSTABLE de 100KΩ
- R11 : 1,8KΩ
- R12 : 1KΩ
- R13 : 1,8MΩ
- R20 : AJUSTABLE de 100KΩ
- R21 : AJUSTABLE de 1MΩ

- C1 : 330PF
- C2 : 100PF
- C3 : 1UF
- C4 : 1UF
- C5 : 1UF
- C6 : 0,15UF

DR : Zener de 5,1V

AFICHEURS : TEL 344, TEL 340



Fonctionnement de la cellule mémoire :

Le principe de la mémorisation consiste à charger électriquement ou non cette grille (gate) selon que l'on souhaite mémoriser un "zéro" ou un "un".

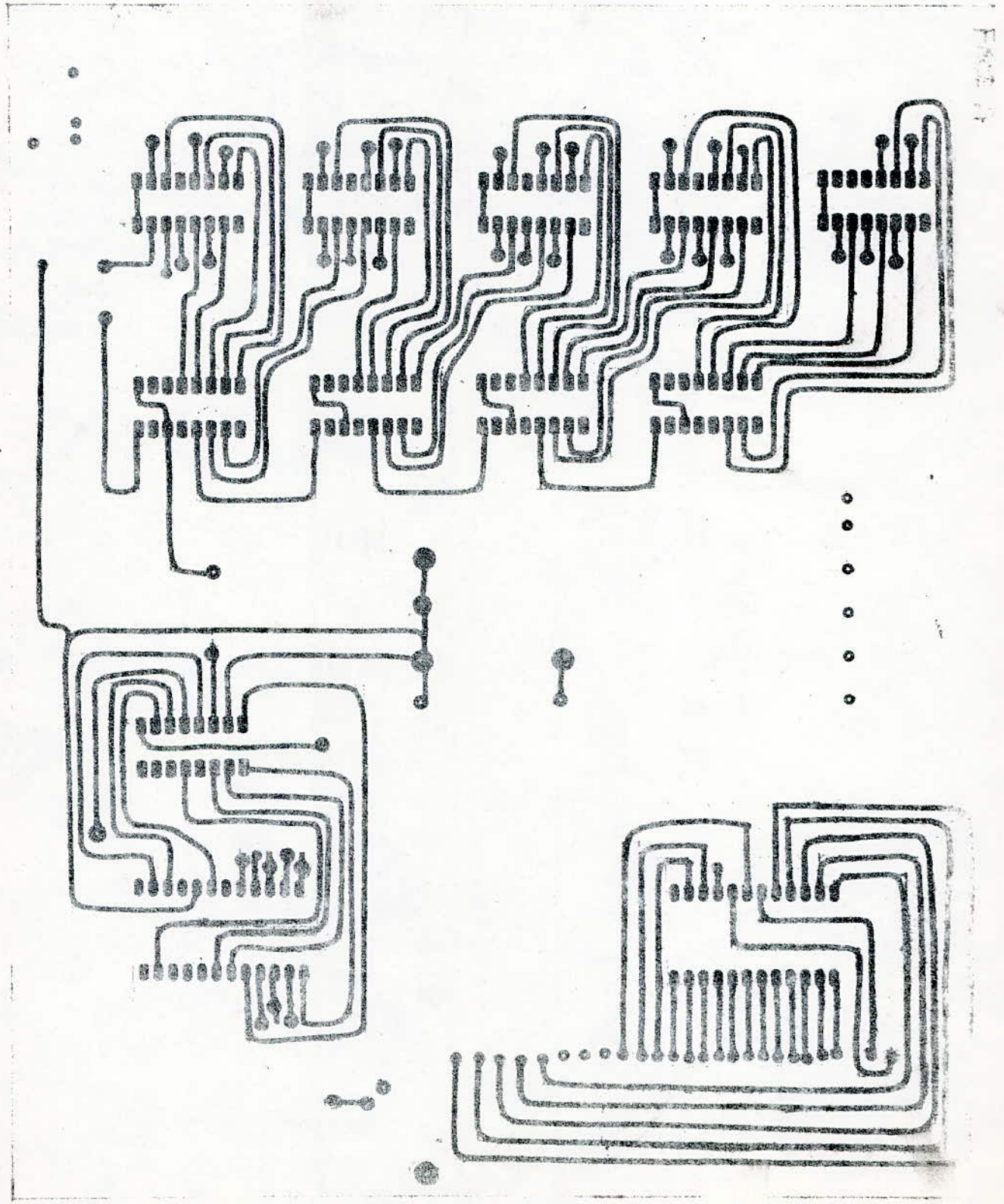
Pour charger cette grille, il faut évidemment amener des charges électriques dessus: cela se fait au moyen d'une tension relativement élevée située dans les environs de 25V, qui permet aux trous de franchir l'isolant et cela sans le détruire.

Les trous accumulés sur la grille créent dans le silicium, une zone de conduction entre le drain et la source.

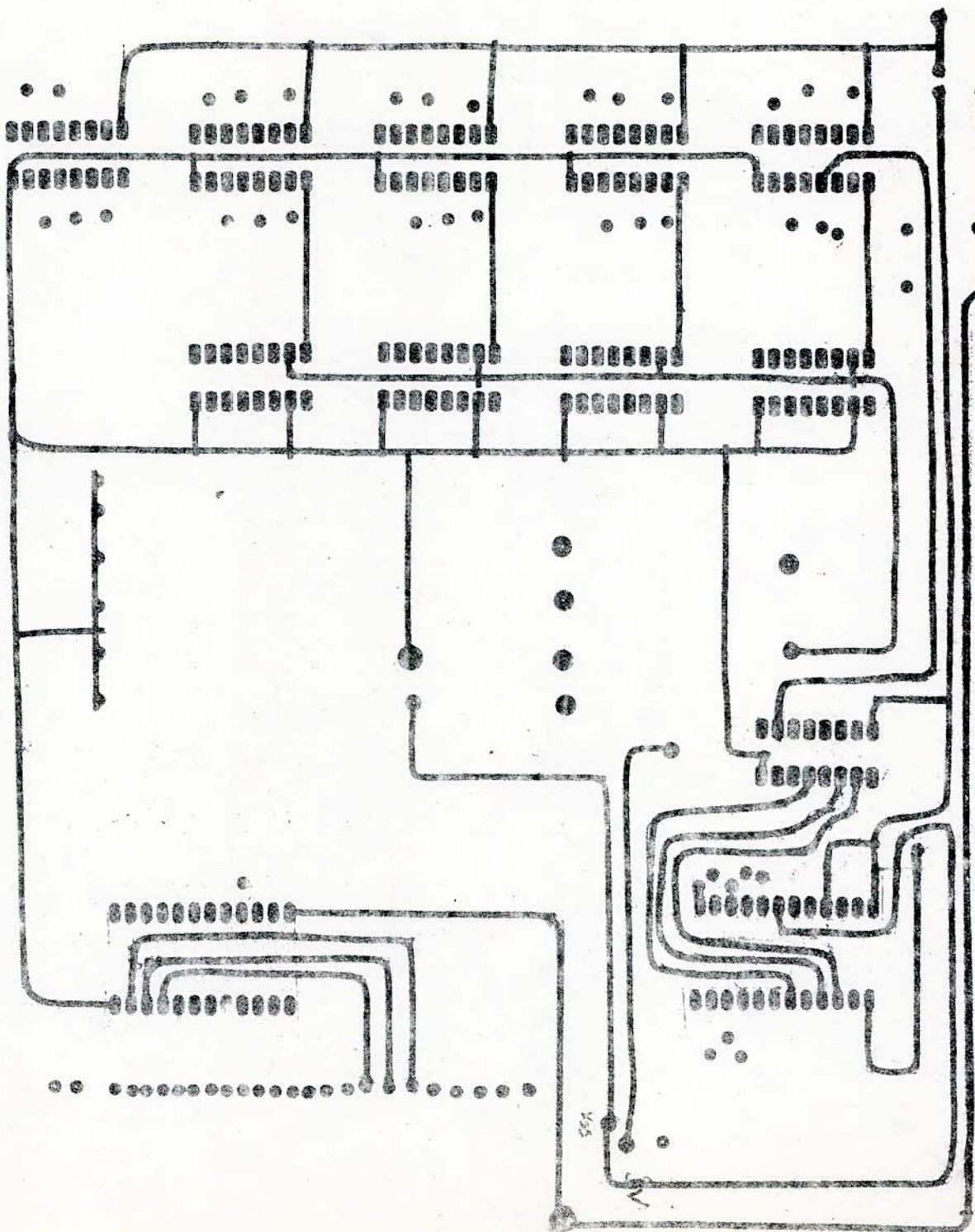
La présence ou l'absence de charges sur la grille provoque ou ne provoque pas une conduction et permet de caractériser un état haut "1", un état bas "0".

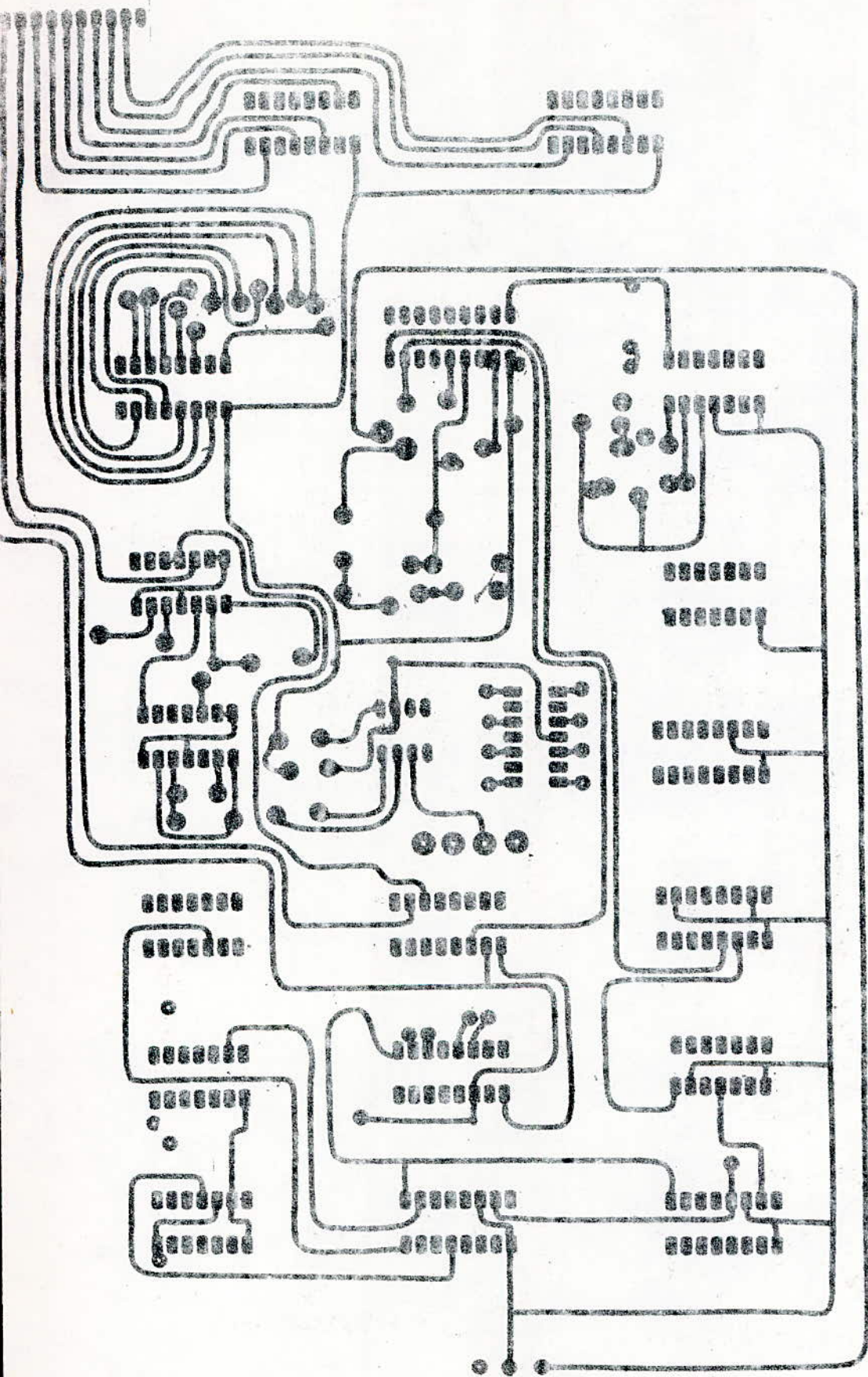
La charge acquise sur la grille sera conservée très longtemps car celle-ci est isolée électriquement de l'extérieur. Ce qui permet de constituer une mémoire morte reprogrammable.

Pour effacer une telle mémoire il faut réaliser l'opération inverse, qui consiste à éliminer les charges accumulés sur la grille isolée. Il suffit pour cela d'exposer la mémoire aux rayons UV. Ainsi l'énergie communiquée aux trous leur permet de franchir à nouveau l'isolant sans le détruire.

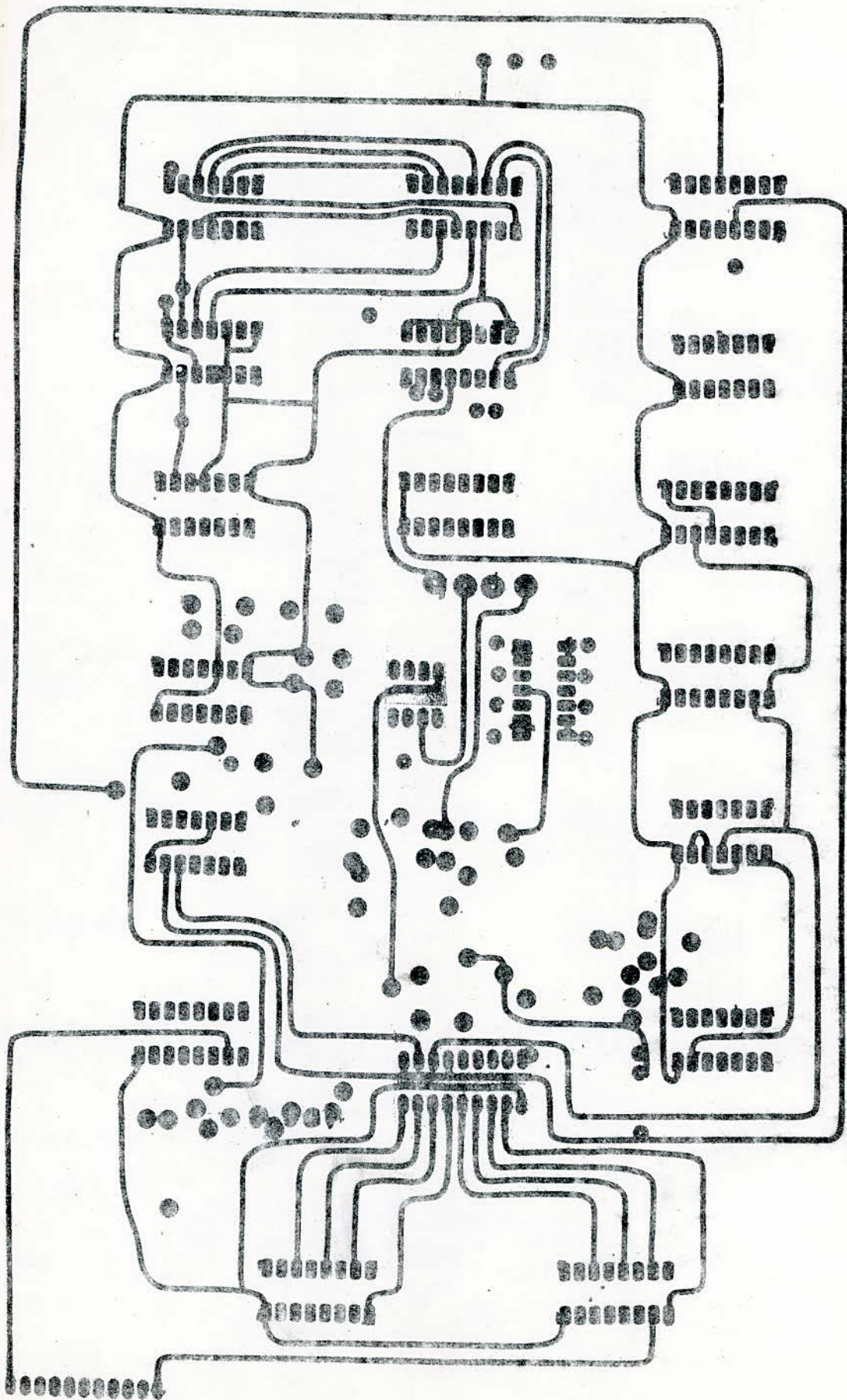


Face B





CGPT-CC-7701



Bibliographie :

- ACQUISITION ET NUMERISATION D'UNE IMAGE DE CAMERA VIDEO EN LIGNE SUR CALCULATEUR - [Projet de fin d'études de M^r BOUDRAA et M^r HAOUCHINE, promotion Juin 1980 de l'école nationale polytechnique].
- Thermomètre numérique 96 voies pour thermocouples - [Projet de fin d'études de M^r BERTIDI et M^r BOURFACHE, promotion Juin 1984 de l'école nationale Polytechnique d'ALGER].
- Programmation des EPROMS 2708, 2716 et 2732 monodimension à l'aide du TEKTRONIX 802 A - [Projet de fin d'études de M^r BEMOUAREF et M^r KHORISSI].
- Béton de sable ; Sable des dunes - [Projet de fin d'études de Mlle CHELOHOM et Mlle LOUATE, promotion Juin 1985 de l'école nationale polytechnique d'ALGER, département de Génie civil].
- RCA COS/MOS Integrated circuits.
- The complete MOTOROLA microcomputer data library.
- Active and passive components . (Ssi composants).