

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

N° :.....



DOMAINE : Sciences et Technologies
FILIERE : Électronique
OPTION : Electronique du Système Embarqué

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: Kermiche Amina

Elhadi Hassiba

Intitulé

Conception et réalisation des
convertisseurs AC/AC à base du
microcontrôleur PIC16F877A

Soutenu devant le jury composé de:

M.Garah	Université de M'SILA	Président
Dr.Oudira Houcine	Université de M'SILA	Rapporteur
Pr.Mezche Amar	Université de M'SILA	Rapporteur
A.Zorig	Université de M'SILA	Examineur

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciement

A l'issue de cette fin de travail nous adressons nos remerciements premièrement à ALLAH tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données durant toutes ces longues années d'études.

Nos remerciements s'adressent à nos encadreurs

Dr. Hocine OUDIRA et Pr. Amar MEZACHE

pour avoir proposé et dirigé ce travail et pour ses continuels suivis tout le long de la réalisation et la correction de ce mémoire.

Ils nous ont présenté un excellent exemple de la compétence scientifique et disponibilité.

Nous remercions également tous les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Nous tenons à remercier vivement toute personne qui nous a aidé de près ou de loin pour afin ce travail.



Dédicace :

Avant tous, je remercie ALLAH le tout puissant de
m'avoir donné le courage et la patience pour
réaliser ce travail malgré toutes les
Difficultés rencontrées

je dédie ce modeste travail aux être qui me sont les chers,
je cite:

les parents les plus chers au monde, mon père puisse allah
avoir pitié de lui et à ma mere dieu prolonge sa vie.

Mon frère Karim, mes sœurs et leurs maris et
leurs enfants mention spéciale Fatima et Hada.

A tous les amis d'étude surtout ceux d'électronique
Promotion 2019



Dédicace :

Avant tous, je remercie ALLAH le tout puissant de
m'avoir donné le courage et la patience pour
réaliser ce travail malgré toutes les
Difficultés rencontrées

je dédie ce modeste travail aux être qui me sont les chers,
je cite:

les parents les plus chers au monde, mon cœur Mon père
et à ma mère dieu prolonge sa vie.

Mon grand-père et ma grand-mère, Mon frère Abde
kadir, ma sœur Besmala, mes meilleurs amis Douaa,
Samah

A toutes les familles : Kermiche, Brakta

A tous les amis d'étude surtout ceux d'électronique
Promotion 2019

Table des matières

Remerciements.....	i
Dédicace.....	ii
Dédicace.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des abréviations.....	viii
Liste des symboles.....	ix
Liste des tableaux.....	x
Liste des figures.....	xi
Introduction générale.....	01

Chapitre I: Généralités sur le gradateur

I.1 Introduction.....	04
I.2 Caractéristiques des composants électroniques.....	04
I.2.1 Diode de puissance.....	04
I.2.1.1 Principe de Fonctionnement.....	05
I.2.1.2 Caractéristique statique d'une diode.....	05
I.2.2 Thyristor.....	05
I.2.2.1 Principe de Fonctionnement.....	06
I.2.2.2 Caractéristique d'un thyristor.....	06
I.3 Les Gradateurs.....	07
I.3.1 Les Gradateurs monophasés.....	07
I.3.1.1 Gradateur unidirectionnel.....	08
I.3.1.2 Gradateur bidirectionnel.....	12
I.3.1.3 Gradateur marche en interrupteur (On-Off).....	16
I.3.2 Gradateurs triphasés.....	19
I.3.2.1 Principe de fonctionnement.....	19
I.4 Conclusion.....	20

Chapitre II: Microcontrôleur et simulations par Proteus

II.1 Introduction.....	22
II.2 Microcontrôleur.....	22
II.2.1 Qu'est-ce qu'un microcontrôleur (μ C).....	22
II.2.2 Intérêt des microcontrôleurs.....	23
II.2.3 Les caractéristiques du PIC 16F877A.....	24
II.2.4 Description général du PIC 16F877A	26
II.2.5 Architecture externe.....	26
II.2.6 Architecture interne	27
II.2.7 Les timers du pic 16F877A [11].....	28
II.2.7.1 Le timer 0.....	28
II.2.7.2 Le timer 1	30
II.2.7.3 Le timer 2	31
II.2.8 Les interruptions.....	32
II.2.9 Les ports d'entré/sorties.....	32
II.2.10 Chien de garde.....	33
II.2.11 Le convertisseur analogique numérique.....	34
II.3 conception de la carte de commande et de puissance par Proteus.....	34
II.3.1 Partie logicielle (outils de développement utilisés).....	34
II.3.1.1 Langage C « compilateur C ».....	34
II.3.1.2 Le simulateur ISIS de Proteus.....	35
II.3.2 Schéma structurel de la carte par Proteus.....	35
II.3.3 Le fonctionnement.....	36
II.3.4 L'organigramme de fonctionnement.....	36
II.3.5 Simulations par Proteus.....	38
II.3.5.1 Gradateur monophasé bidirectionnel 'Mode#1'	38
II.3.5.2 Gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off) 'Mode#2'	40
II.4 Conclusion.....	42

Chapitre III: Réalisation pratique

III.1 Introduction.....	44
III.2 Réalisation de la carte électronique.....	44
III.2.1 Câblage par Proteus.....	44
III.2.2 Description des parties essentielles de la réalisation.....	47
III.2.2.1 L'alimentation.....	47
III.2.2.2 Circuit de synchronisation et de couplage optique.....	48
III.2.2.3 Transformateur d'impulsions.....	50
III.2.2.4 Afficheur LCD.....	52
III.2.2.5 Afficheur à 7 segments.....	53
III.2.2.6 Registres à décalage.....	55
III.2.2.7 capteur de courant.....	56
III.3 Routage de schéma électrique.....	57
III.4 Les étapes de fabrication du circuit imprimé.....	58
III.4.1 L'impression du typon.....	58
III.4.2 Test du circuit imprimé.....	60
III.5 La mise en place et la soudure des composants.....	60
III.6 Les problèmes rencontrés.....	62
III.7 Résultat expérimentaux.....	62
III.7.1 Signal d'entrée avec le signal de synchronisation.....	62
III.7.2 Signal de la commande du thyristor T1 et T2 pour le mode bidirectionnel.....	63
III.7.3 signal de la commande du thyristor T1 et T2 pour le mode marche en interrupteur (On-Off).....	63
III.7.4 Signal de la sortie pour une charge RL.....	64
III.7.4.1 Gradateur bidirectionnel monophasé.....	65
III.7.4.2 Gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off).....	66
III.7.5 Moteur DC comme une charge à la sortie.....	67
III.8 Conclusion.....	68
Conclusion générale.....	70
Bibliographié.....	71

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Abréviations	Notations
AC	Courant alternatif
DC	Courant continue
D	Diode
A	Anode
K	Cathode
T	Thyristor
R	Résistance
L	Inductance
G	Gâchette du thyristor

Liste des symboles

Notations	Symboles
Tension d'entrée	V, V_e, u, u_e
Tension maximale	V_m
Tension efficace	V_{Leff}
Courant de la gâchette du thyristor	i_G
Courant traversant l'inductance	i_L
Tension traversant l'inductance	V_L
Période	T
Angle d'amorçage du thyristor	α

Liste des tableaux

Tableau III.1 Liste des composants pour la réalisation du convertisseur AC-AC.....44

Liste des figures

Figure I.1 Structure symbolique de la diode	4
Figure I.2 Caractéristique d'une diode	5
Figure I.3 Schéma symbolique du thyristor	6
Figure I.4 Caractéristiques du thyristor (SCR)	7
Figure I.5 Gradateur monophasé à réglage de phase	7
Figure I.6 Gradateur unidirectionnel monophasé	8
Figure I.7 Formes d'ondes à Charge RL	9
Figure I.8 Schéma block d'un Gradateur monophasé unidirectionnel (Simulink-Matlab)	10
Figure I.9 Allures de tension et de courant d'un Gradateur monophasé unidirectionnel (simulink -Matlab)	11
Figure I.10 Gradateur bidirectionnel monophasé	12
Figure I.11 Formes d'ondes de courant et de la tension d'un gradateur bidirectionnel monophasé à charge	13
Figure I.12 Schéma block d'un gradateur bidirectionnel monophasé (Simulink-Matlab)	13
Figure I.13 Allures de tension, de courant et le signal de commande d'un gradateur bidirectionnel monophasé (simulink -Matlab)	14
Figure I.14 Gradateurs bidirectionnels	15
Figure I.15 Schéma block d'un gradateur bidirectionnel monophasé (Simulink-Matlab)	15

Figure I.16 Allures de tension, de courant et le signal de commande d'un gradateur bidirectionnel monophasé (simulink -Matlab).....	16
Figure I.17 Gradateur marche en On-Off	16
Figure I.18 Formes d'ondes du courant et de la tension à charge RL.....	17
Figure I.19 Schéma block d'un gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off)(Simulink-Matlab).....	17
Figure I.20 Allures de tension et de courant d'un gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off)	18
Figure II.1 brochage du PIC 16F877A	26
Figure II.2 Architecture interne du pic 16F877A	28
Figure II.3 Fonctionnement du Timer0.....	29
Figure II.4 Fonctionnement du Timer1	30
Figure II.5 Schéma du Timer 2.....	31
Figure II.6 Les différents PORT de PIC16F877A.....	33
Figure II.7 Schéma fonctionnel analogique numérique.....	34
Figure II.8 Schéma structurel de la carte 'ISIS'	35
Figure II.9 Organigramme de fonctionnement de notre carte de commande	37
Figure II.10 Schéma de simulation par Proteus pour le mode#1	38
Figure II.11 Allures des signaux d'entrée, de synchronisation et de commande pour le mode#1	39
Figure II.12 Allures de tension et de courant de sortie obtenues par simulation Proteus	39

Figure II.13 Schéma de simulation par Proteus pour le mode#2.....	40
Figure II.14 Allures des signaux d'entrée de synchronisation et de commande pour le mode#2.....	41
Figure II.15 Allures de tension et de courant de sortie obtenues par Simulation Proteus	41
Figure III.1 Câblage pour le circuit imprimé par le logiciel Proteus	46
Figure III.2 Montage de l'alimentation 5 V.....	47
Figure III.3 Montage de l'alimentation symétrique +12 V/-12 V.....	47
Figure III.4 Le circuit détecteur de passage par zéro et de couplage optique.....	48
Figure III.5 Allure du signal issu d'amplificateur opérationnel.....	49
Figure III.6 Principe de fonctionnement d'un opto-coupleur	49
Figure III.7 Signal de sortie de l'opto-coupleur.....	50
Figure III.8 Schéma électrique d'un transformateur d'impulsion.....	50
Figure III.9 Les résultats des essais du transformateur d'impulsions	51
Figure III.10 Afficheur LCD avec 2 lignes de 16 caractères.....	52
Figure III.11 Schém fonctionnel.....	52
Figure III.12 Afficheur 7 segments.....	54
Figure III.13 Schéma montrant la désignation de chacun des segments	55
Figure III.14 Afficheur à 7 segments 4digite.....	55
Figure III.15 Registre à décalage à quatre bits	56
Figure III.16 74HC595 Registre à décalage 8 bits.....	56
Figure III.17 capteur de courant ACS 712.....	57

Figure III.18 Schéma routé de notre carte électronique.....	58
Figure III.19 Le typon de la carte	59
Figure III.20 Circuit imprimé de la carte.....	60
Figure III.21 Carte finalisée (côté pistes)	61
Figure III.22 Carte finalisée (côté composants).....	61
Figure III.23 le signal d'entrée,.....	62
Figure III.24 Signal de commande pour le mode bidirectionnel	63
Figure III.25 Signal de commande pour le mode marche en interrupteur (On-Off).....	64
Figure III.26 une inductance en série avec une résistance.....	64
Figure III.27 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($\alpha=30^\circ, \alpha=16,66\%$)	65
Figure III.28 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($\alpha=80^\circ, \alpha=44,44\%$)	65
Figure III.29 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($n=11, m=5$).....	66
Figure III.30 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($n=6, m=10$).....	66
Figure III. 31 L'allure de la tension obtenue aux bornes du moteur DC	67

Introduction Générale

Introduction générale

L'électronique de puissance est un domaine assez récent. Des applications liées à ce domaine sont dues au développement des thyristors puis des transistors spécifiques dits « transistors de puissance » dans les années 1970. L'évolution permanente de ces composants n'a cessé depuis d'apporter de nouvelles possibilités et d'étendre l'influence de ce domaine à pratiquement tout ce qui consomme de l'énergie électrique en basse tension. En réalité, l'électronique de puissance peut être définie par « la partie de l'électronique spécialisée dans le changement de forme des tensions et de courants électriques associés à l'aspect énergétique des circuits électriques ». On l'appelle aussi « conversion statique de l'énergie électrique ». [1]. La recherche dans ce domaine considère plusieurs aspects, notamment les topologies des convertisseurs, les structures et les performances des interrupteurs de puissance et ainsi que les techniques de commande [2].

D'autre part l'évolution de l'électronique de puissance et l'apparition des circuits programmables ont permis d'élaborer des systèmes de commande, en vue de contrôler leurs puissances et permettant ainsi d'avoir des performances répondant au mieux aux besoins industriels. Les signaux de commande, générés moyennant des circuits intégrés ou des montages à base d'amplificateurs opérationnels, pour piloter les convertisseurs statiques, sont aujourd'hui remplacés par des signaux de commande de type numériques fournis par des systèmes programmés, à savoir : Les microordinateurs, microcontrôleurs et les automates programmables.[3]

Ce travail est une description complète des différentes tâches accomplies durant la période de notre projet de fin d'étude. Dans ce mémoire, nous décrivons les principales parties de ce travail qui concerne la réalisation d'une carte à base d'un microcontrôleur de type PIC 16f877A pour une commande numérique dédiée à différents circuits gradateur monophasés à thyristors.

L'objectif principal de ce travail est de réaliser, en respectant un cahier des charges imposé, un nouvel appareil pour les laboratoires d'électronique de puissance et/ou de commande des machines, et ainsi satisfaire le besoin d'un déclencheur pour un convertisseur AC-AC commandé, pour non seulement effectuer de nombreux travaux pratiques, mais également afin de servir de variateur de vitesse pour un moteur à courant alternatif.

• **Organisation du mémoire :**

Le travail de ce mémoire englobe les étapes de réalisation suivantes:

- Utilisation du logiciel Matlab " Simulink" pour simuler le fonctionnement des circuits gradateurs.
- Réalisation du circuit de commande et du circuit de puissance par le logiciel Proteus.
- Conception du code CCS PICC pour les différents modes de fonctionnement des circuits gradateur.
- Obtention des résultats de simulations où des comparaisons avec les signaux de simulations trouvés par le logiciel Matlab " Simulink" sont aussi considérés.
- Réalisation du circuit imprimé du projet utilisant plusieurs tâches dans le laboratoire de l'électronique (utilisation de l'ultraviolet et les produits, perçage, soudure, vérification des court-circuit).
- Implémentation des composants électroniques et la mise en marche du circuit réalisé.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres comme suit:

- Le premier chapitre est consacré à la présentation générale des convertisseurs statiques AC/AC et leurs principes de fonctionnements. Des simulations obtenues par le Simulink du Matlab (schéma block et les allures des tensions et des courants) sont aussi présentés.
- Le deuxième chapitre décrit en détail l'architecture et les caractéristiques du microcontrôleur PIC16F877A qui représente le cœur de notre réalisation. Ce chapitre offre aussi après chaque mode de fonctionnement les résultats de simulation par le logiciel Proteus.
- Le troisième chapitre sera réservé à la réalisation de notre carte tout en présentant les résultats expérimentaux obtenus par l'oscilloscope.

Enfin, on présente une conclusion générale qui résume l'ensemble des tâches réalisées.

Chapitre I

**GENERALITES
SUR LE
GRADATEUR**

I.1 Introduction

Les gradateurs assurent la conversion alternatif-alternatif. Ils permettent, à partir d'un ensemble des tensions alternatives fixes, d'obtenir des tensions alternatives variables [4].

Dans ce premier chapitre, nous exposons un rappel théorique concernant les convertisseurs alternatif-alternatif. En premier lieu, une brève description des composants de puissance les plus employés dans le gradateur est présentée. Puis, nous passons en revue les montages les plus célèbres dans les applications dédiées aux gradateurs monophasés commandés et non commandés et leurs performances pour des charges inductives.

Enfin, la simulation en Matlab des différents circuits de gradateurs est présentée.

I.2 Caractéristiques des composants électroniques

Un gradateur est un convertisseur statique qui permet de contrôler la puissance électrique absorbée par un récepteur en régime alternatif. Alors la puissance peut être contrôlée par les composants de puissance utilisés.

On peut grouper les composants utilisés dans les convertisseurs statiques AC-AC en deux catégories :

- Les diodes de puissance.
- Les thyristors (Silicon-Controlled Rectified : SCR).

I.2.1 Diode de puissance

La diode est un élément non commandé, constitué d'une jonction PN, de semi-conducteur, à deux électrodes. Son symbole est donné par la figure I.1 [5].

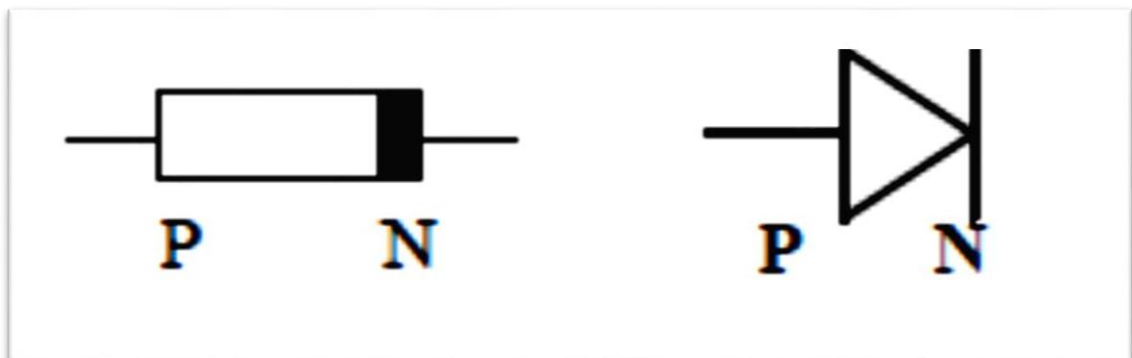


Figure I.1 Structure symbolique de la diode.

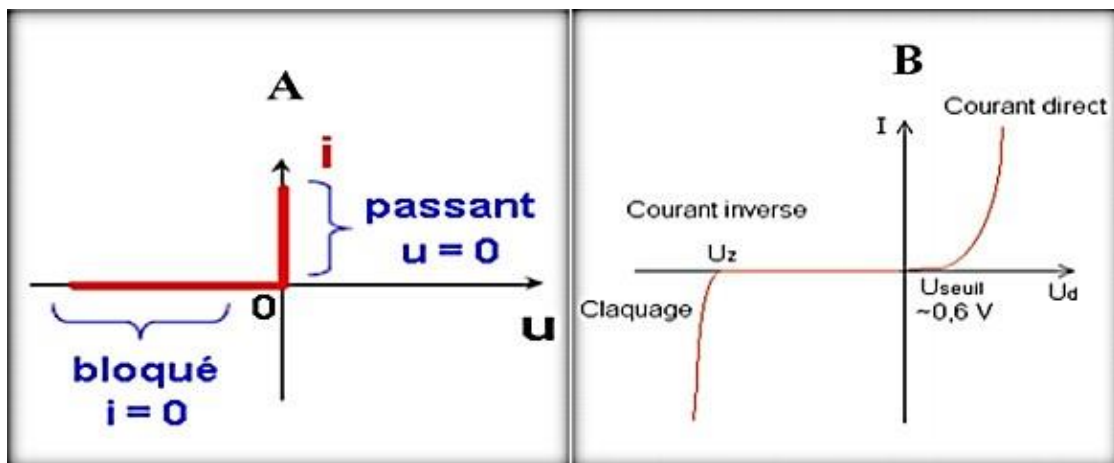
Une diode est un dipôle unidirectionnel, c'est à dire que le courant ne peut passer que dans un seul sens. À fin d'étudier le fonctionnement des montages, nous supposons que les diodes sont idéales. Leur caractéristique statique courant-tension est alors:

- Lorsque $u > 0$ la diode est passante.
- Lorsque $u < 0$ la diode est bloquée.

I.2.1.1 Principe de Fonctionnement

Une diode conduit le courant dans le sens anode (A) - cathode (K), tandis qu'elle est bloquée dans l'autre sens. Dans le cas d'une caractéristique parfaite, on suppose que la chute de tension entre (A) et (K) est nulle dans le sens de la conduction et que le courant est nul dans le sens du blocage [6]. Comme le montre la figure I.2.

I.2.1.2 Caractéristique statique d'une diode



a. Caractéristique idéale

b. Caractéristique

réelle. **Figure I.2** Caractéristique d'une diode [6].

I.2.2 Thyristor

Un thyristor comporte trois bornes : l'anode A et la cathode K, entre lesquelles, il joue le rôle d'interrupteur, et la gâchette G qui forme avec la cathode l'accès de commande. La figure I.3 donne le schéma symbolique du thyristor et montre les trois segments de sa caractéristique [7].

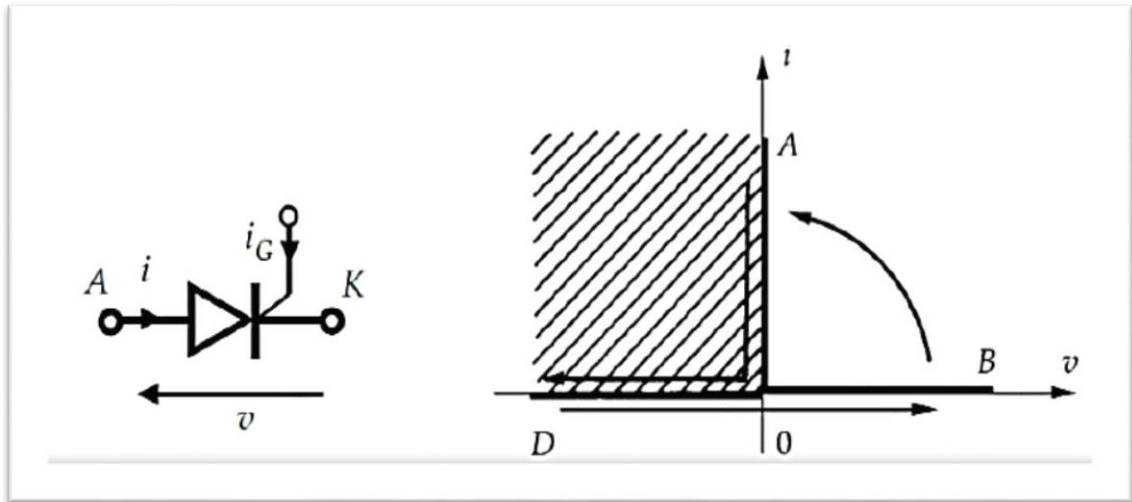


Figure I.3 Schéma symbolique du thyristor [7].

I.2.2.1 Principe de Fonctionnement

En l'absence du signal de commande (c'est-à-dire le courant i_G nul), le composant, bloqué lorsque la tension v est négative (branche OD), le reste si devient positive (branche OB).

Lorsque la tension v est positive, on peut passer de OB à OA en envoyant un courant de commande i_G positif. La fermeture de l'interrupteur s'effectue donc par injection d'un courant de commande comme pour le transistor. Mais, dès que le courant i dépasse une certaine valeur appelée « courant d'accrochage », le composant se verrouille à l'état passant et on peut supprimer la commande sans entraîner un retour sur la branche OB .

Le retour à l'état bloquant ne peut s'opérer que de manière spontanée par passage de la branche OA à la branche OD . Le point de fonctionnement doit ensuite se maintenir sur cette branche pendant un temps suffisant, appelé temps de désamorçage, pour que le thyristor reste bloqué quand la tension redevient positive [8].

I.2.2.2 Caractéristiques d'un thyristor

Un thyristor est un dispositif à quatre couches PNPN. Il est constitué de trois diodes en série de sens tels qu'ils empêchent toute conduction. La caractéristique inverse est identique à celle de la diode (figure I.4) [8].

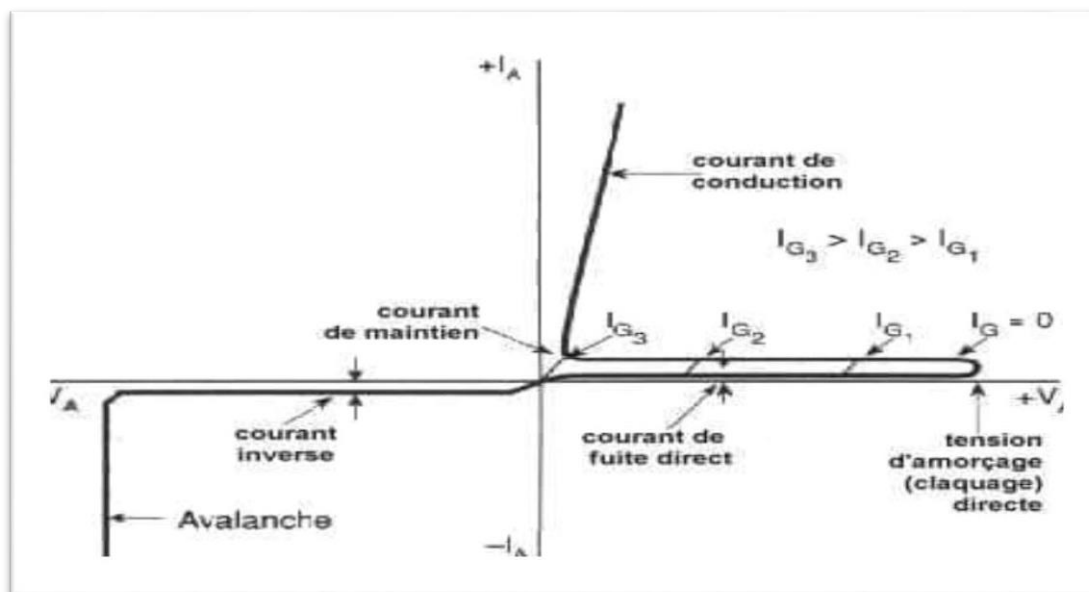


Figure I.4 Caractéristiques du thyristor (SCR) [9].

I.3 Gradateurs

Les gradateurs peuvent assurer la commande et le réglage du courant débité par une source alternative dans une charge aussi alternative, avec valeur efficace contrôlée sans changement de fréquence. La variation de cette valeur efficace se fait par découpage de la tension à l'aide d'un interrupteur de puissance.

I.3.1 Gradateurs monophasés

Le gradateur monophasé à réglage de phase est constitué de deux thyristors montés en tête-bêche comme l'indique le schéma de la figure I.5. [10].

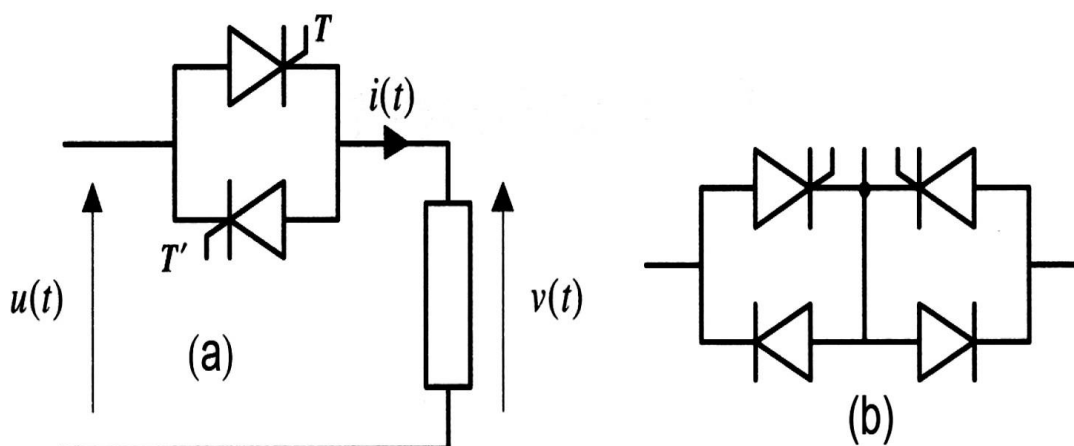


Figure I.5 Gradateur monophasé à réglage de phase.

I.3.1.1 Gradateur unidirectionnel

Durant la première demi-période, la puissance débitée par la source est contrôlée en agissant sur l'angle d'amorçage de T_1 , (figure. I.6).

- L'existence de D_1 permet de limiter le taux de commande pour que la valeur efficace de V_L varie entre 70.7% et 100%.
- La tension de sortie V_L contient la composante continue (i.e., elle a une valeur moyenne), (figure. I.7).

Le circuit est alimenté par une tension alternative donnée par :

$$V_e = V_m \sin(\omega t) \dots\dots(I.1)$$

a) Schéma de principe:

La structure de principe de ce type du gradateur est représentée dans la figure I.6.

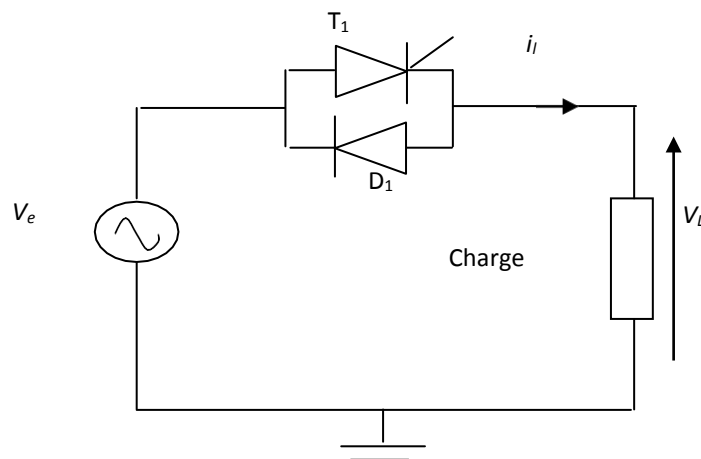


Figure I. 6 Gradateur unidirectionnel monophasé [11].

b) Allures de courant et la tension :

Les formes d'ondes de tension et de courant du circuit sont représentées par la figure I.7.

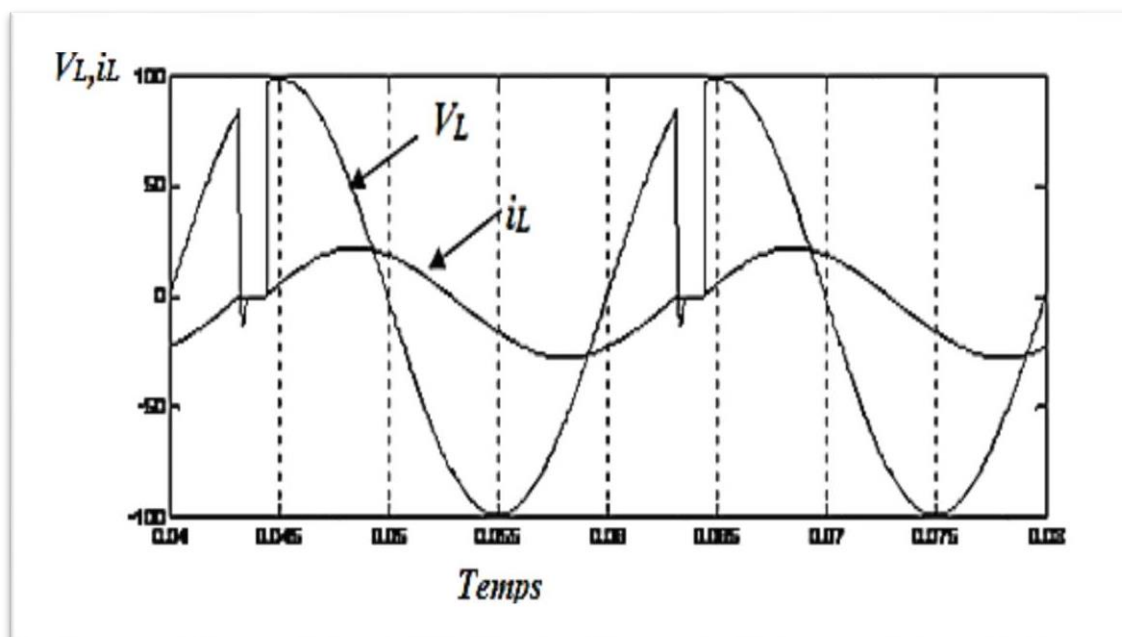


Figure I.7 Formes de tension et de courant d'un gradateur unidirectionnel débite une charge inductive [11].

Dans ce cas l'inductance retarde la variation du courant, alors le courant reste présent même après la fin de l'alternance et ici on dit le thyristor reste à l'état passant. jusqu'à l'annulation du courant.

c) Simulations par Matlab :

Pour obtenir les courbes de tension et de courant caractéristiques d'un gradateur unidirectionnel monophasé, on réalise le schéma blocks de la figure I.8.

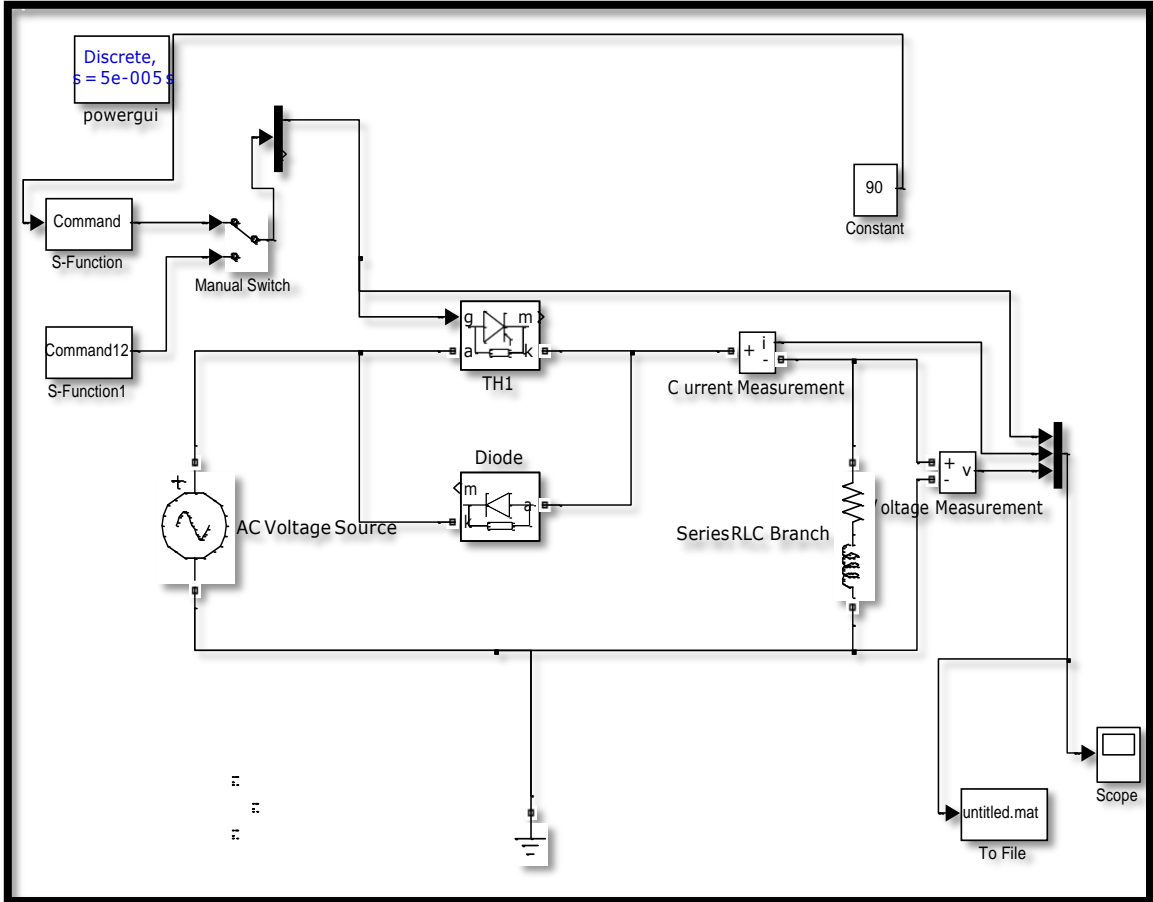


Figure I.8 Schéma block d'un Gradateur monophasé unidirectionnel (Simulink-Matlab).

Les résultats de simulation de cette commande qui montre les formes d'ondes de tension et de courant sont présentés par la figure I.9 .

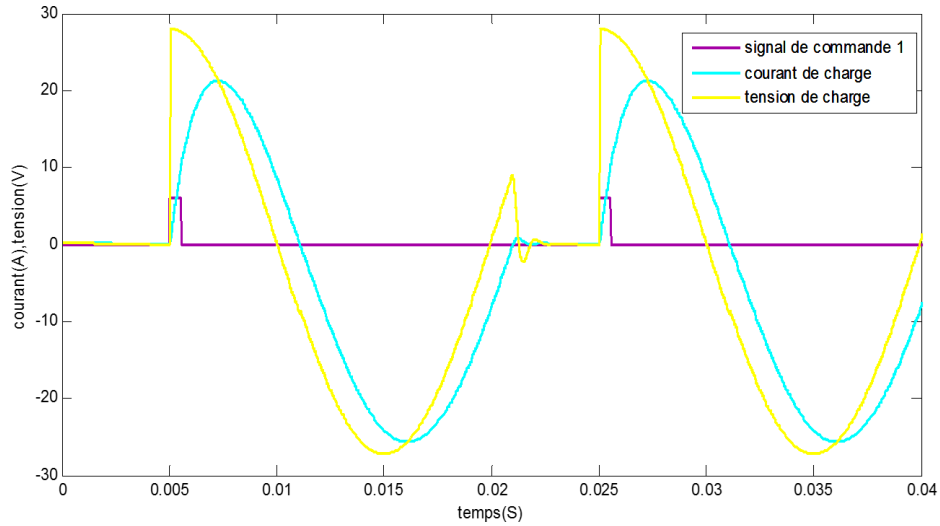


Figure I.9 Allures de tension et de courant d'un Gradateur monophasé unidirectionnel (simulink -Matlab).

On observe que la forme de tension aux bornes de la charge c'est le même que la tension d'entrée quand le thyristor est amorcé par le signal de commande a traversé la gâchette dans l'alternance positive.

d) La valeur efficace de la tension de sortie :

$$V_{Leff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{2\pi} 2V_{eff}^2 \sin^2 \theta d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} 2V_{eff}^2 \sin^2 \theta d\theta \right]}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(2\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)} \dots\dots\dots(I.2)$$

I.3.1.2 Gradateur bidirectionnel

La puissance débitée par la source est contrôlée par T1 en agissant sur l'angle d'amorçage durant la première demi-période. Durant la deuxième demi-période, l'angle d'amorçage de T2 fait commander la puissance débitée vers la charge. L'angle d'amorçage varie de 0 jusqu'à π .

a) Schéma de principe :

Soit le montage suivant du Gradateurs monophasé on mode bidirectionnel qui alimente une charge inductive (RL).

Le circuit est alimenté par une tension alternative donnée par : $V_e = V_m \sin(\omega t)$.

A cause de l'effet inductif, la conduction se poursuit après la fin de l'alternance jusqu'à t_1 . Le fonctionnement est à peu près le même que précédemment pendant la deuxième alternance.

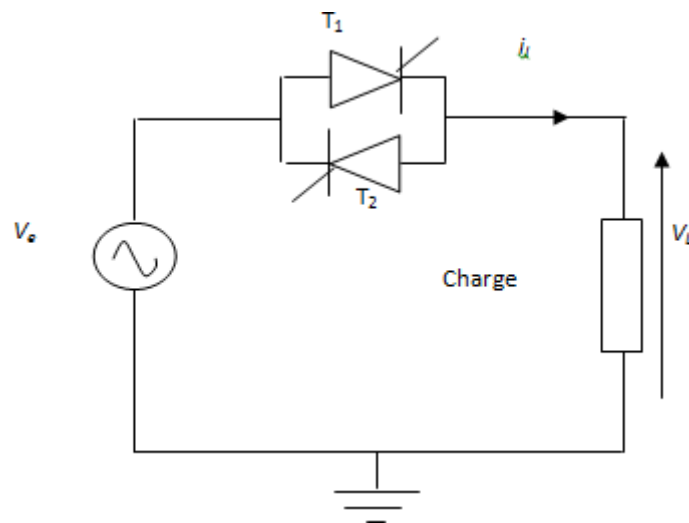


Figure I.10 Gradateur bidirectionnel monophasé [11].

b) Allures de tension et de courant :

Les formes d'ondes peuvent être tracées comme montré par la figure I. 11.

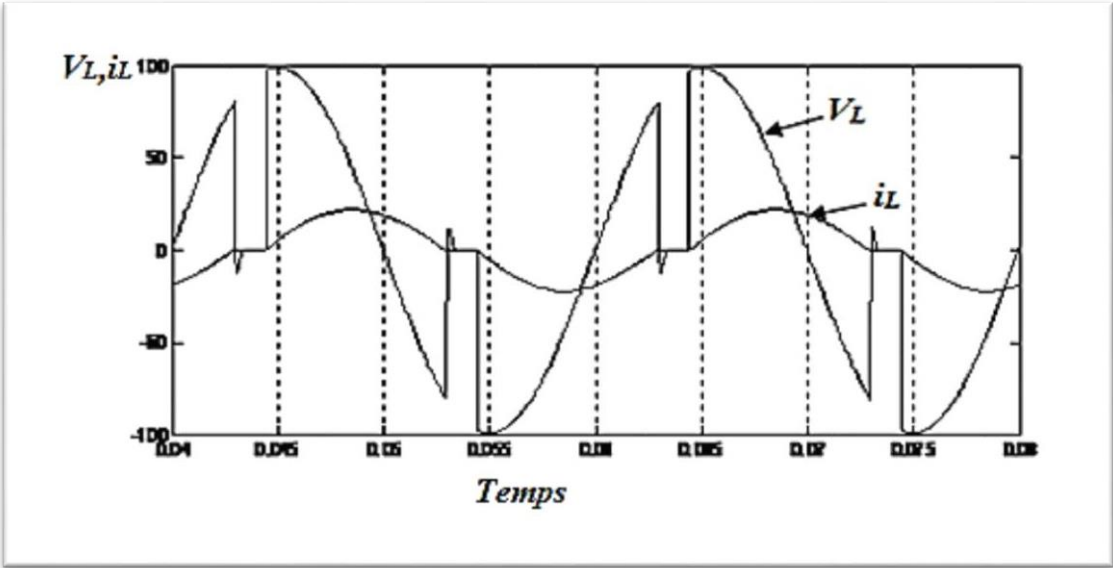


Figure I.11 Formes d'ondes du courant et de la tension d'un gradateur bidirectionnel monophasé à charge RL [11].

c) Simulations par Matlab :

La figure I.11 représente le schéma block d'un gradateur monophasé bidirectionnel, par la simulation de ce montage on peut obtenir les courbes de la figure I.12 .

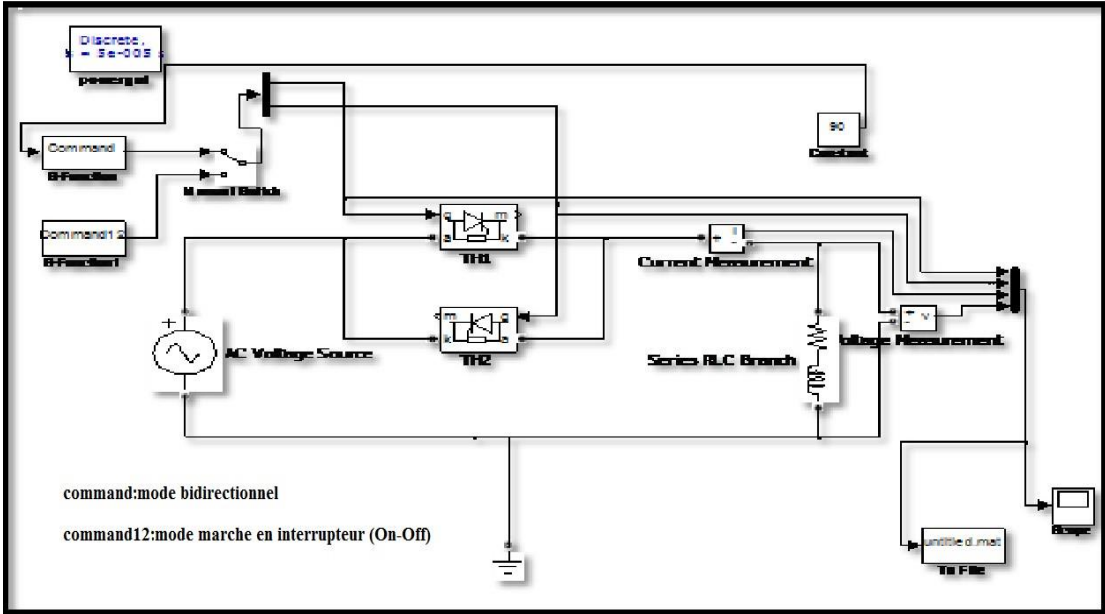


Figure I.12 Schéma block d'un gradateur bidirectionnel monophasé (Simulink-Matlab).

Le résultat de simulation est représenté par la figure I.13, qui montre les formes d'ondes de tension, de courant et le signal de commande des deux thyristors.

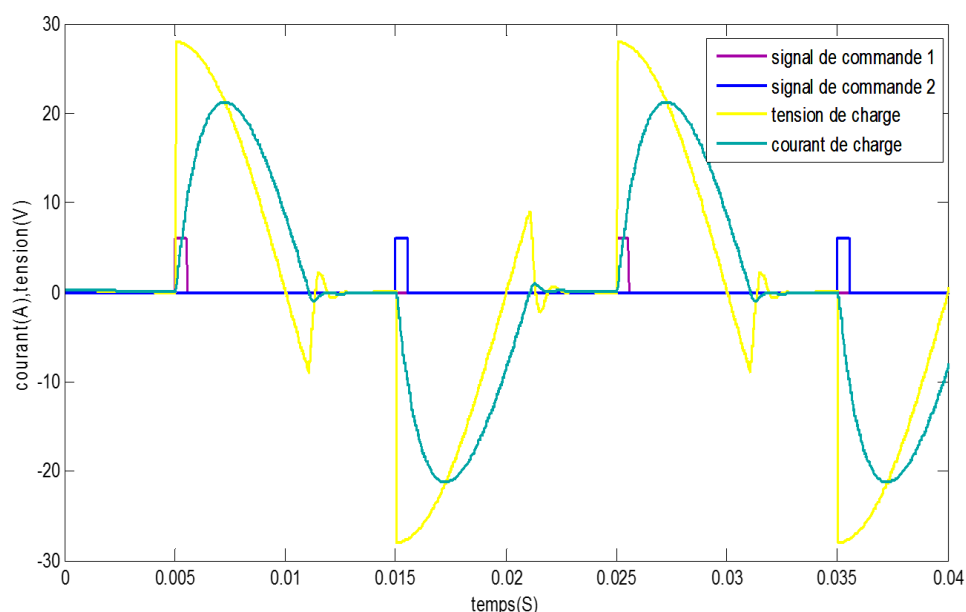


Figure I.13 Allures de tension, de courant et le signal de commande d'un gradateur bidirectionnel monophasé (simulink -Matlab).

Le gradateur permet d'obtenir, aux bornes de la charge qui est symbolisée, une tension périodique mais pas complètement sinusoïdale comme la tension d'entrée, elle sera sous forme de portion de sinusoïde. La valeur efficace de la tension alternative aux bornes de la charge peut être réglée en agissant sur le retard angulaire de l'impulsion de commande de chaque thyristor.

d) La valeur moyenne de la tension de sortie :

- Pour une charge purement résistive, V_{Leff} s'écrit comme

$$\begin{aligned}
 V_{Leff} &= \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2V_{eff}^2 \sin \theta d\theta} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)} \dots\dots(I.3)
 \end{aligned}$$

-On peut avoir plusieurs circuits gradateurs monophasé bidirectionnel comme montre la figure I.14.

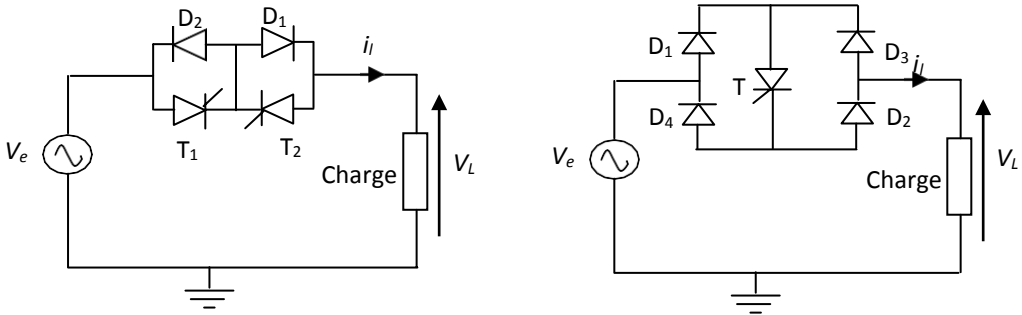


Figure I.14 Gradateurs bidirectionnels.

e) Simulations par Matlab :

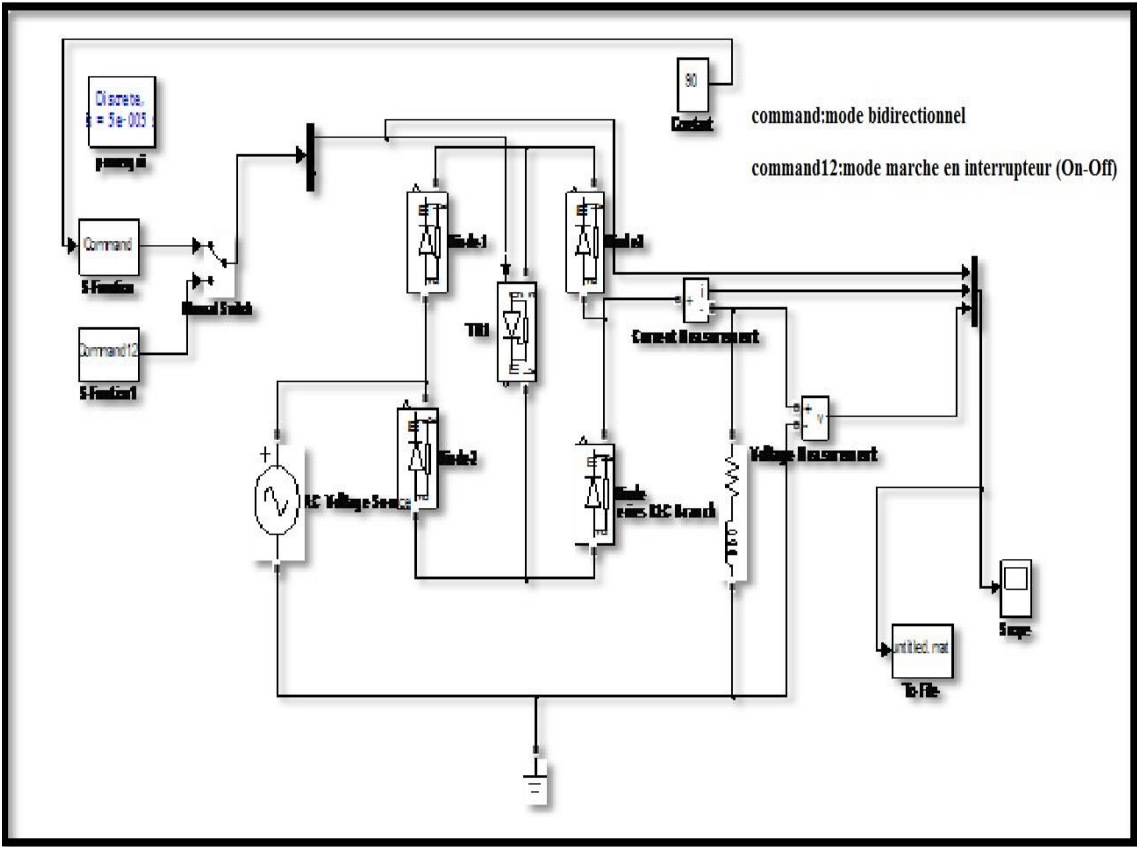


Figure I.15 Schéma block d'un gradateur bidirectionnel monophasé (Simulink-Matlab).

Les formes d'ondes de tension, de courant et le signal de commande sont représentées par la figure I.16.

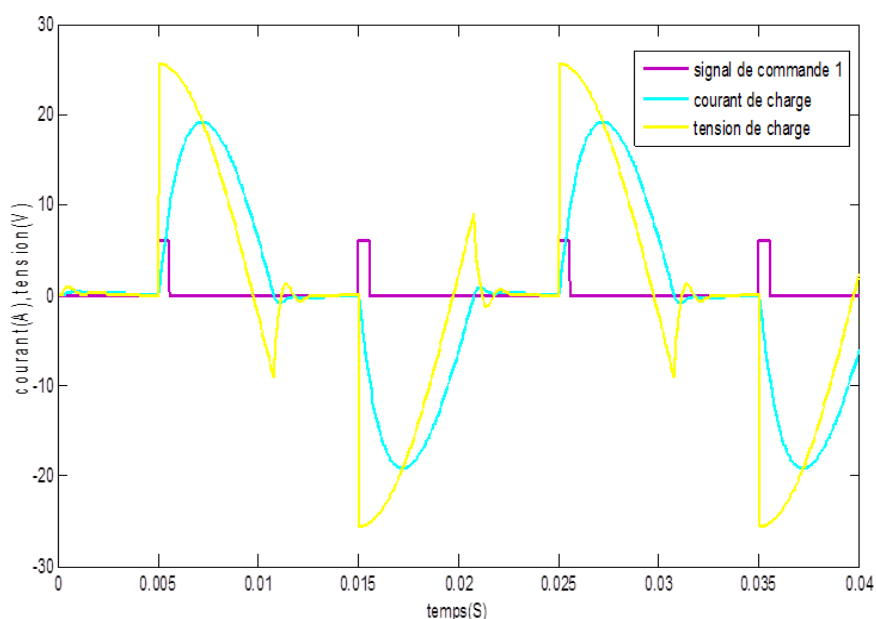


Figure I.16 Allures de tension, de courant et le signal de commande d'un gradateur bidirectionnel monophasé (simulink -Matlab).

I.3.1.3 Gradateur marche en interrupteur (On-Off)

Le montage gradateur est montré dans la figure I.17. Les deux thyristors T_1 et T_2 permettent d'établir ou de couper la liaison source-récepteur. T_1 et T_2 connectent V_e et la charge pendant $t_n = nT$ (pendant n cycles de l'alimentation) et coupe la liaison entre V_e et la charge pendant $t_m = mT$ (m cycle de V_e).

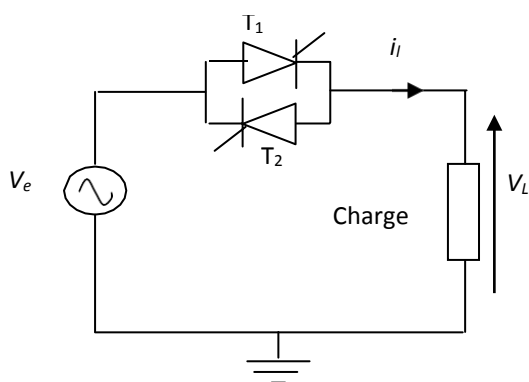


Figure I.17 Gradateur marche en On-Off.

a) Allures de tension et de courant:

Les formes d'ondes de tension et de courant du circuit sont représentées par la figure I.18.

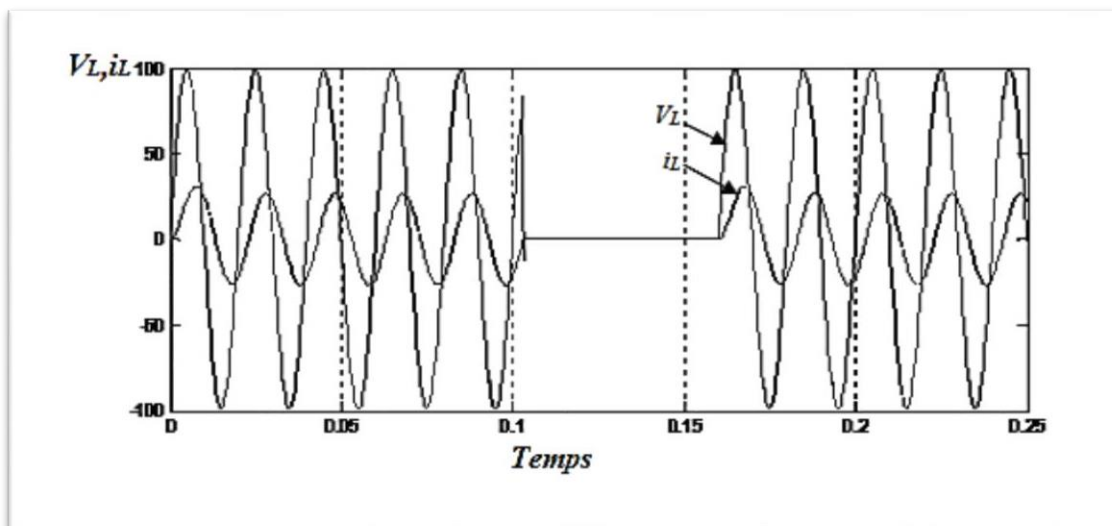


Figure I.18 Formes d'ondes du courant et de la tension à charge RL [11].

b) Simulations par Matlab :

La figure I.19 représente le schéma block d'un gradateur monophasé marche On-Off

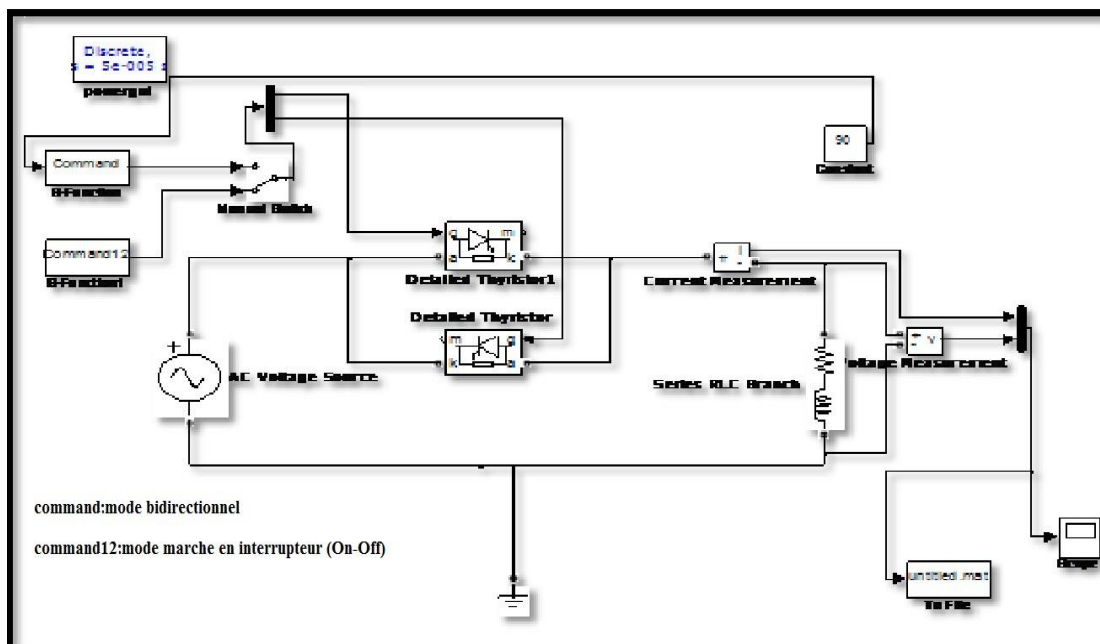


Figure I.19 Schéma block d'un gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off) (Simulink-Matlab).

Les résultats de simulation de cette commande qui montre les formes d'ondes de tension et courant sont présentés par la figure I.20.

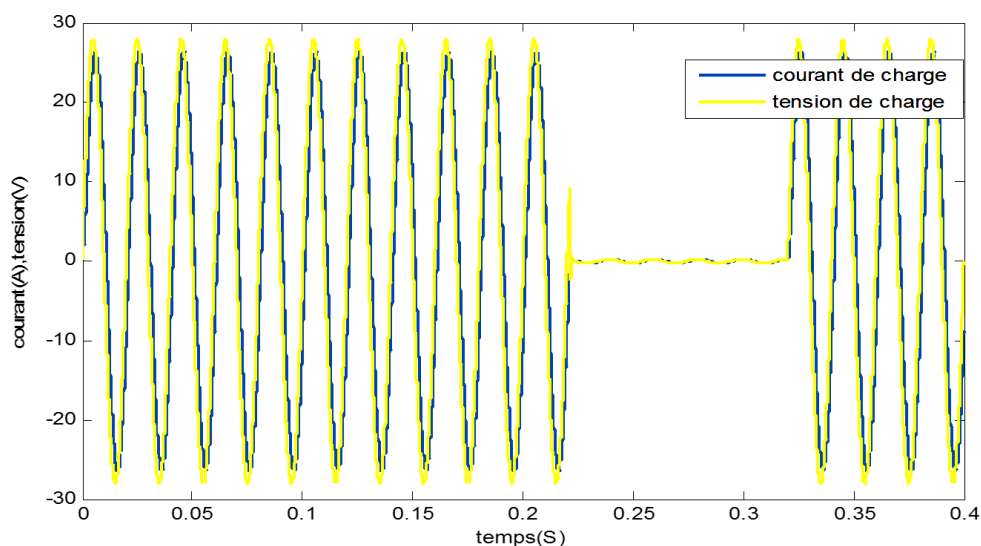


Figure I.20 Allures de tension et de courant d'un gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off).

Ce type de commande est appliqué pour les entraînements à vitesses variables des moteurs AC à grand couple ainsi que les fours à grande température.

c) La valeur moyenne de la tension de sortie :

Pour $V_e = V_m \sin(\omega t)$ avec $V_m = \sqrt{2}V_{eff}$, la tension efficace de VL peut être calculée comme suit :

$$\begin{aligned}
 V_{Leff} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi(n+m)} \int_0^{2\pi n} 2V_{eff}^2 \sin^2 \theta d\theta} \\
 &= \sqrt{\frac{n2V_{eff}^2}{2\pi(n+m)} \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos 2\theta}{2} d\theta} \quad \text{--- (I.4)} \\
 V_{Leff} &= V_{eff} \sqrt{\frac{n}{n+m}} \dots \dots \dots \text{--- (I.5)}
 \end{aligned}$$

I.3.2 Gradateurs triphasés

Contrairement au monophasé, les gradateurs triphasés donnent des meilleures performances.

Il existe plusieurs façons d'associer l'interrupteur avec la charge. Les vrais gradateurs triphasés sont formés de trois ensembles de deux thyristors montés entre le réseau et la charge couplés en triangle ou en étoile. A titre d'exemple, nous limiterons ici à l'étude du groupement en étoile débitant dans une charge inductive, ce qui est le cas le plus fréquent puisque ce type de gradateur est sur tout utilisé pour assurer le démarrage statorique des moteurs asynchrones [10].

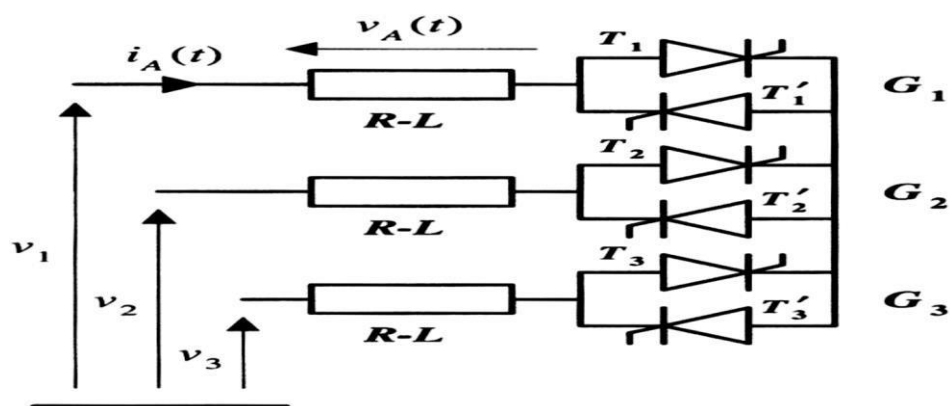


Figure I.21 Schéma du circuit de principe électrique d'un gradateur triphasé en étoile [10].

I.3.2.1 Principe de fonctionnement

Vu la structure du montage, la conduction isolée d'un interrupteur est impossible. Il ne pourra donc y avoir que trois possibilités:

- Un interrupteur est commandé : Pas de conduction du courant possible (pas de boucle pour le courant)
- deux interrupteurs sont commandés : Les impédances dans chaque phase conductrice étant identiques, la tension composée correspondante se répartit de façon égale entre les deux éléments concernés
- trois interrupteurs sont commandés : L'installation correspond alors à une installation triphasée équilibrée

I.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les convertisseurs alternatifs-alternatifs. En premier lieu, nous avons présenté des notions générales sur les interrupteurs électriques, leurs principes de commande, le choix de l'angle d'amorçage permet de varier la valeur moyenne d'une tension de sortie. Nous passons en deuxième lieu par présenter les montages des gradateurs monophasés commandés et leurs performances pour des charges RL. Des simulations par le logiciel Matlab ont été illustrées et confirment ainsi l'étude théorique des différents convertisseurs considérés dans ce travail.

Dans le chapitre qui se suit, on va présenter l'architecture générale et les caractéristiques du microcontrôleur PIC 16F877A de la société MICROCHIP, un organigramme qui explique notre code, et une simulation Proteus de notre travail vont aussi être présentés.

Chapitre **II**

**Microcontrôleur et
simulations par
Proteus**

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier le microcontrôleur d'une façon générale, il existe plusieurs familles de microcontrôleur mais nous nous consacrerons à l'étude du PIC16F877A qui appartient à la famille microchip. Ainsi qu'un petit rappel sur les logiciels qu'on a utilisés comme le CCS PICC, et le Proteus. à la fin de ce chapitre, un organigramme qui explique notre code, et une simulation Proteus de notre travail seront présentés.

II.2 Microcontrôleur

II.2.1 Qu'est-ce qu'un microcontrôleur(μ C)

Un microcontrôleur (en notation abrégée μ c) est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires (mémoire morte et mémoire vive), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. En plus de cette configuration minimale, les microcontrôleurs sont dotés d'autres circuits d'interface qui vont dépendre du microcontrôleur choisi à savoir les systèmes de comptage(TIMER), les convertisseurs analogique/numérique (CAN) intégrés, gestion d'une liaison série ou parallèle, un Watchdog (surveillance du programme), une sortie PWM....

Les avancées technologiques en matière d'intégration, ont permis d'implanter sur une puce de silicium de quelques millimètres carrés la totalité des composants qui forment la structure de base d'un ordinateur. Comme tout ordinateur, on peut décomposer la structure interne d'un microprocesseur en trois parties :

- Les mémoires
- Le processeur
- Les périphériques

Les mémoires sont chargées de stocker le programme qui sera exécuté ainsi que les données nécessaires et les résultats obtenus.

Le processeur est le cœur du système puisqu'il est chargé d'interpréter les instructions du programme en cours d'exécution et de réaliser les opérations qu'elles contiennent. Au sein du processeur, l'unité arithmétique et logique ALU interprète, traduit et exécute les instructions de calcul.

Les périphériques ont pour tâche de connecter le processeur avec le monde extérieur dans les deux sens. Soit le processeur fournit des informations vers l'extérieur (périphérique de sortie), soit il en reçoit (périphérique d'entrée).

Les PICs sont des composants RISC (*Reduce Instructions Construction Set*), ou encore composant à jeu d'instructions réduit. Sachant que plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide qu'en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne.

Pour identifier un PIC, on utilise simplement son numéro :

- Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, *16* indique un PIC MidRange.
- Vient ensuite parfois une lettre *L*, celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante.
- Vient ensuite une ou deux lettres pour indiquer le type de mémoire programme :
 - *C* indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM
 - *CR* pour indiquer une mémoire de type ROM
 - *F* pour indiquer une mémoire de type FLASH.
- On trouve ensuite un nombre qui constitue la référence du PIC.
- On trouve ensuite un tiret suivi de deux chiffres indiquant la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir [12].

II.2.2 Intérêt des microcontrôleurs

Un microcontrôleur est aussi un système informatique. Sa particularité est qu'il est contenu dans un seul circuit intégré. Par rapport à une carte mère d'ordinateur, les éléments qui constituent un microcontrôleur sont généralement plus simples, leur prix et leurs performances simplifient énormément la conception de système électronique et informatique.

On peut encore préciser :

- Les performances sont identiques à ses concurrents.
- Très utilisé donc très disponible.
- Les outils de développement sont gratuits et téléchargeables sur le WEB.
- Le jeu d'instruction réduit est souple, puissant et facile à maîtriser.

- Les versions avec mémoire flash présentent une souplesse d'utilisation et des Avantages pratiques indéniables.
- La communauté des utilisateurs des PICs est très présente sur le WEB.

Afin de choisir un pic adéquat à notre projet, il faut prendre en compte plusieurs considérations tel que le nombre d'entrées/sorties, la nécessité d'un convertisseur analogique/ numérique, la rapidité d'exécution ainsi que la taille de la RAM interne et la longueur de programme de l'application. Après ces considérations, nous avons pensé à utiliser le PIC 16F877A [12].

II.2.3 Les caractéristiques du PIC 16F877A

Le microcontrôleur **PIC 16F877A** est un circuit intégré à 40 broches dont les caractéristiques générales peuvent être résumées comme suit :

- CPU à architecture RISC (8 bits)
- Mémoire programme de 8 Kmots de 14 bits (Flash),
- Mémoire donnée de 368 Octets,
- EEPROM donnée de 256 Octets,
- 14 sources d'interruptions
- Générateur d'horloge de type RC ou quartz (jusqu'à 20 MHz)
- 05 ports d'entrée sortie
- Fonctionnement en mode veille pour réduction de la consommation ;
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V ;
- Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme ;
- **8** entrées « canaux » du module de conversion analogique numérique 10 bits ;
- **2** Comparateurs analogiques programmables avec une référence de tension ,
Programmable également.
- Conservation des informations en mémoire vive jusqu'à 1.5v.

- Module de capture **MLI** programmable permettant de capturer un signal « logique » en fonction du temps, ou d'offrir un signal **MLI (PWM)**.
- Timer0 : Timer/Compteur 8 bits avec un prédiviseur 8 bits
- Timer1 : Timer/Compteur 16 bits avec un prédivision de 1, 2, 4, ou 8 ; il peut être incrémenté en mode veille (Sleep), via une horloge externe,
- Timer2 : Timer 8 bits avec deux diviseurs (pré et post diviseur)
- Deux modules « Capture, Compare et PWM » :
 - Module capture 16 bits avec une résolution max. 12,5 ns,
 - Module Compare 16 bits avec une résolution max. 200 ns,
- Module PWM avec une résolution max. 10 bits,
- Convertisseur Analogiques numériques multi-canal (8 voies) avec une conversion sur 10bits,
- Synchronous Serial Port (SSP) SSP, Port série synchrone en mode I2C (mode maitre/esclave),
- Universal Synchronous A synchronous Receiver Transmitter (USART) : Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone

De nouvelles fonctionnalités, comme les gestions de ports « Série ». Le PIC 16F877A parmi les plus puissants microcontrôleurs de la gamme « Midrange » chez Micro-chip. Dans notre travail, on s'intéresse au convertisseur analogique/numérique et au Timer2 pour la génération de l'interruption interne qui nous aide à déterminer l'angle de retard souhaité pour la commande [13].

II.2.4 Description général du PIC 16F877A

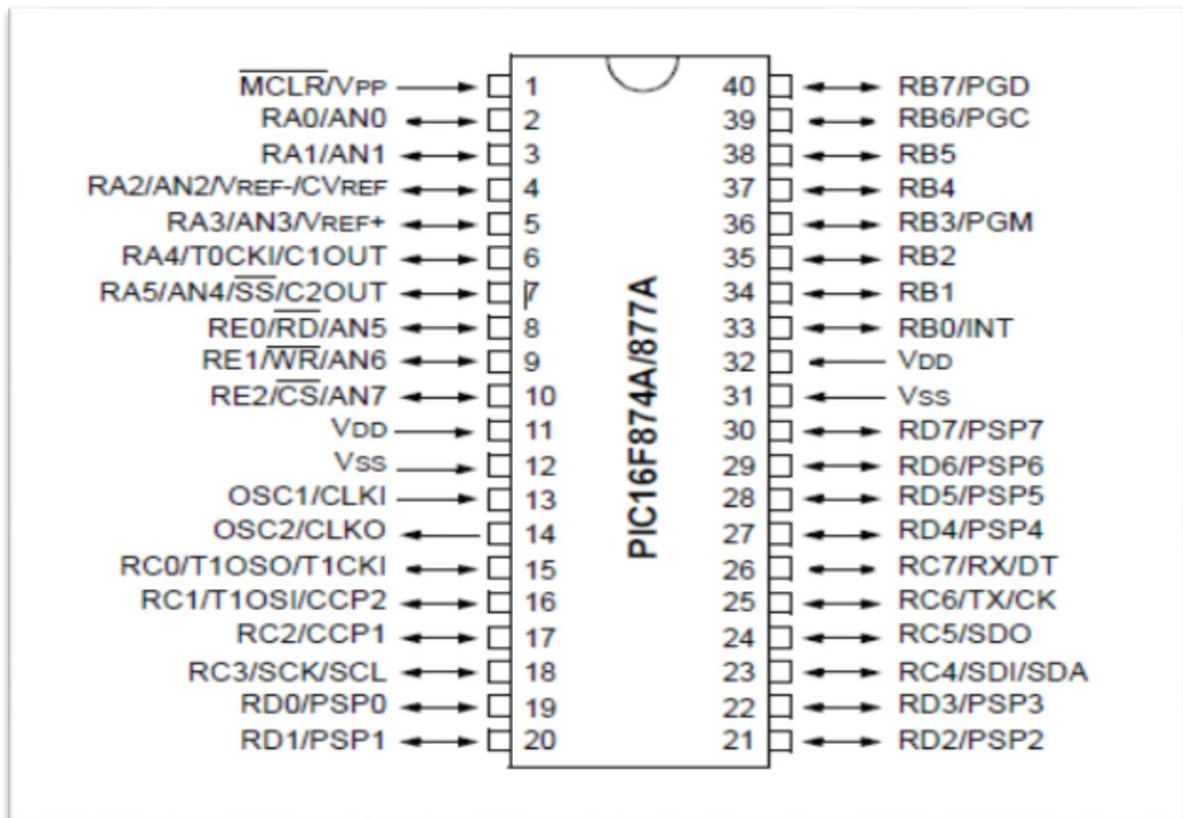


Figure II.1 Brochage du PIC 16F877A [14].

II.2.5 Architecture externe

Le microcontrôleur 16F877A fait partie de la sous famille des 16F87X. Cette branche fait partie intégrante de la famille des Pics Mid-Range, Le PIC 16F877A se présente sous la forme d'un boîtier 40 broches.

Certaines pattes ont plusieurs fonctions : On dit que les fonctions sont multiplexées [9].

- **Alimentation « VDD et VSS »**

L'alimentation du circuit est assurée par les pattes VDD et VSS. Elles permettent à l'ensemble des composants électroniques du PIC de fonctionner. Pour cela on relie VSS à la masse (0 Volt) et VDD à la borne positive de l'alimentation qui doit être dans la plage de tension [3- 6 V].

- **L'horloge**

Deux pates **13** et **14** sont présentées sur le boîtier du **PIC 16F877A**. La première nommée **OSC1/CLKIN** et la deuxième **OSC2/CLKOUT**. Ces deux broches peuvent être utilisées de plusieurs manières; cela dépend de l'oscillateur ou de l'horloge employés:

XT : version à oscillateur à quartz «standard» fonctionnant jusqu'à une fréquence maximale de **4MHz**

HS « High Speed » : version à oscillateur à quartz capable de fonctionner jusqu'à une fréquence maximale de **20MHz**.

RC : capable de fonctionner jusqu'à **4MHz** mais avec une stabilité de fréquence plus faible que les versions à quartz.

LP« Low Power » : version à quartz également, mais prévue spécialement pour les applications à très faible consommation. C'est donc une version dont la fréquence maximale de fonctionnement est limitée à **20KHz**.

- **MCLR**

La broche MCLR (Master Clear) a pour effet de provoquer la réinitialisation du microprocesseur lorsqu'elle est connectée à 0. Lorsque le signal de "RESET" est activé, tous les registres sont initialisés et le compteur programme se place à une adresse spécifique appelée "Vecteur de RESET"[13].

II.2.6 Architecture interne

Cette architecture nous présente les principaux organes qui composent le microcontrôleur, la figure II.2 illustre cette architecture :

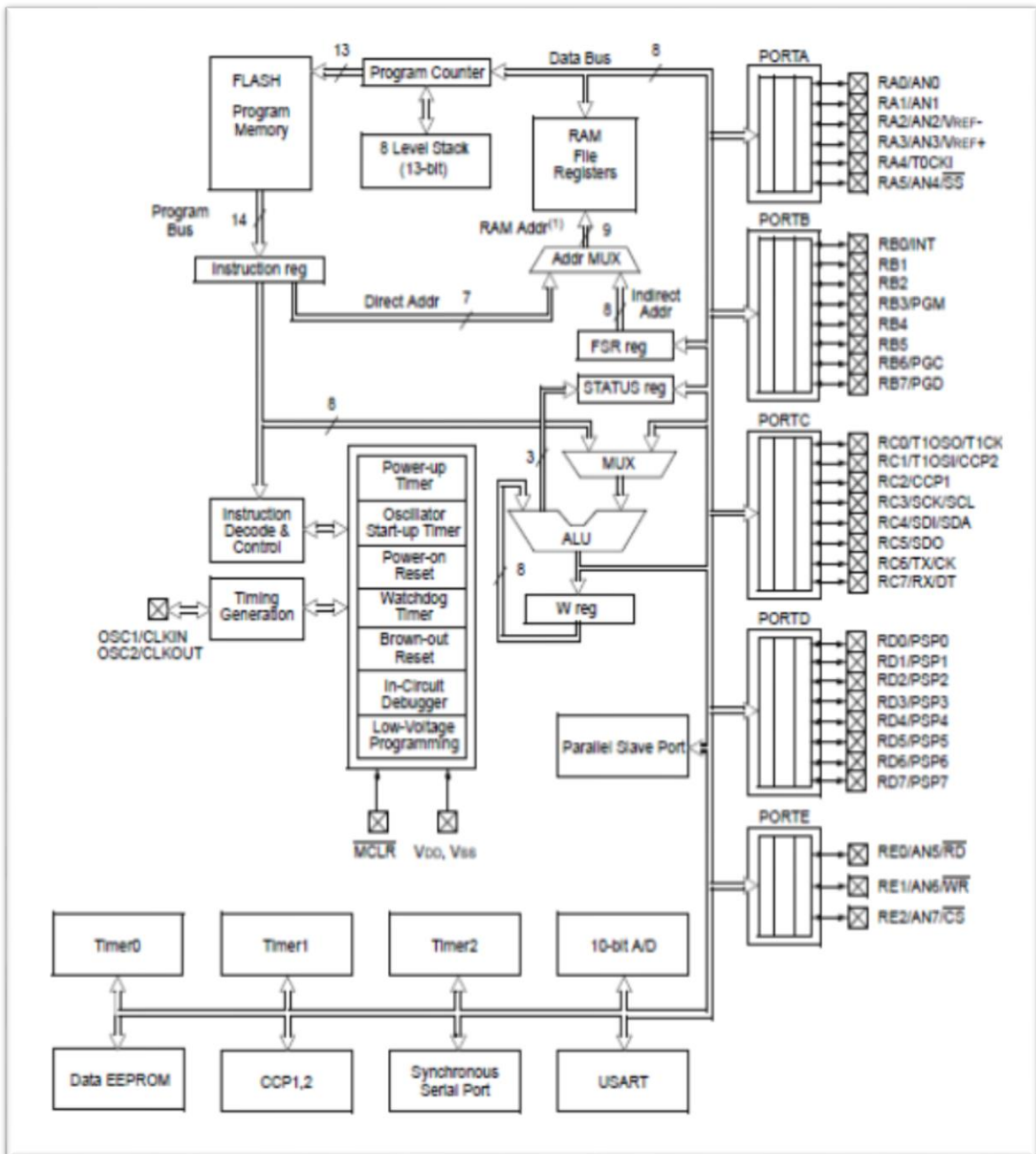


Figure II.2 Architecture interne du pic 16F877A [14].

II.2.7 Les timers du pic 16F877A [15]

Les Pics 16F877A disposent 3 timers :

II.2.7.1 Le timer 0

C'est un compteur à 8 bits ayant les caractéristiques suivantes (figure II.3) :

- Il est incrémenté en permanence soit par l'horloge interne Fosc/4 (mode timer) soit par une horloge externe appliquée à la broche RA4 du port A (mode compteur). Le choix de l'horloge se fait à l'aide du bit TOCS du registre OPTION_REG.
- ✓ TOCS = 0 horloge interne.
- ✓ TOCS = 1 horloge externe appliquée à RA4.
- Dans le cas de l'horloge externe, Le bit TOSE du registre OPTION_REG permet de choisir le front sur lequel le TIMER s'incrémente.
- ✓ TOSE = 0 incrémentation sur fronts montants.
- ✓ TOSE = 1 incrémentation sur fronts descendants.
- Quelle que soit l'horloge choisie, on peut la passer dans un diviseur de fréquence programmable (Prescaler) dont le rapport DIV est fixé par les bits PS0, PS1 et PS2 du registre OPTION_REG. L'affectation ou non du pré diviseur se fait à l'aide du bit PSA du registre OPTION_REG.
- ✓ PSA = 0 on utilise le prédiviseur.
- ✓ PSA = 1 pas de prédiviseur (affecté au chien de garde).
- Le contenu du timer TMR0 est accessible par le registre qui porte le même nom. Il peut être lu ou écrit à n'importe quel moment. Après une écriture, le timer ne compte pas pendant deux cycles machine.
- Au débordement de TMR0 (FF 00), le drapeau INTCON.TOIF est placé à "1". Ceci peut déclencher l'interruption TOI si celle-ci est validée. La (figure II.3) représente le fonctionnement du Timer

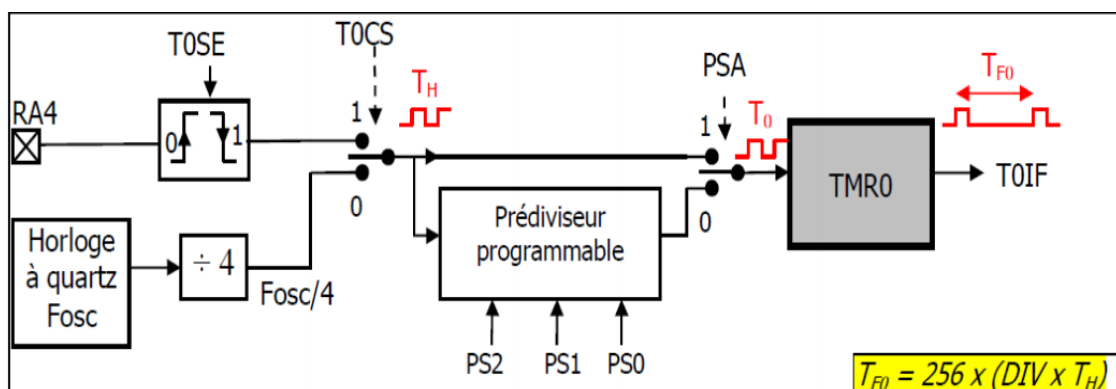


Figure II.3 Fonctionnement du Timer0.[15]

En résumé, chaque fois que le compteur complète un tour, le drapeau TOIF se lève. Si on note TH la période de l'horloge source, T0 l'horloge de TMR0 et TF0 le temps qui sépare 2 levées de drapeau successifs :

II.2.8 Les interruptions

Le PIC 16F877A possède 15 sources d'interruptions. Les plus importantes à connaître, car ce sont les plus utilisées en pratique, sont :

- TMR0I : Dépassement du TIMER0 « débordement le passage de 255 à 0 »
- TMR2I : Contenu du PR2 du TIMER2 « débordement le passage de la valeur qui contient dans le registre PR2 à 0 »
- INT : Interruption extérieure RB0
- RBI : Changement d'état du port B « RB7 : RB4 »
- PSPI : Lecture / Ecriture sur le port parallèle
- ADI : Convertisseur Analogique / Numérique
- TXI : Emission sur le port RS232
- RCI : Réception sur le port RS232
- SSPI : Bus SPI / I²C
- CCP1I : Capture / Compare / PWM
- CCP2I : Capture / Compare / PWM
- EEI : Ecriture dans EEPROM
- CMI : Comparateur
- BCLI : Collision sur Bus [13].

II.2.9 Les ports d'entré/sorties

Le microcontrôleur 16F877A dispose 5 PORT « A, B, C, D, E ». Tous ces ports sont bidirectionnels. La plupart des lignes de Ports ont une double fonction.

- Port A : Les broches port A, excepté RA4, sont multiplexées, avec les entrées du convertisseur analogique numérique (AN0 .. AN4). La broche RA4 est multiplexé avec l'entrée d'horloge externe du timer0 (RA4/T0CKI).
- Port B : Le port B peut être programmé pour un tirage à 5V (pull up) de toutes ses lignes que l'on peut mettre ou non en service en mode entrée uniquement. Elles sont automatiquement désactivées quand le port est configuré en sortie. En mode entrée, chaque broche du PORTB doit être maintenue à un niveau haut par l'intermédiaire de résistances de 10 k pour ne pas déclencher d'interruptions imprévues. Cette possibilité d'interruption sur un changement d'état associé à la fonction de tirage configurable sur ces 4 broches, permet l'interfaçage facile avec un clavier [13].

Cela rend possible le réveil du PIC en mode SLEEP par un appui sur une touche du clavier.

- Port C : Le port C est partagé avec liaisons, les timers 1 et 2 et les modules CCP.
- Port D et E : En plus de leur utilisation comme PORTS E/S; les ports D et E, permettent au microcontrôleur de travailler en mode PSP (Parallel Slave Port) c'est-à-dire, qu'il peut être interfacé avec un autre microprocesseur. Dans ce cas le PORTD représente le bus de données et le PORTE les signaux de contrôle (RD\, WR\ et CS\). Le PORTE peut être aussi, configuré en mode analogique pour former avec le PORTA les 8 entrées du convertisseur analogique numérique. Par défaut, le PORTE est configuré comme port analogique, et donc, comme pour le PORTA. [13]

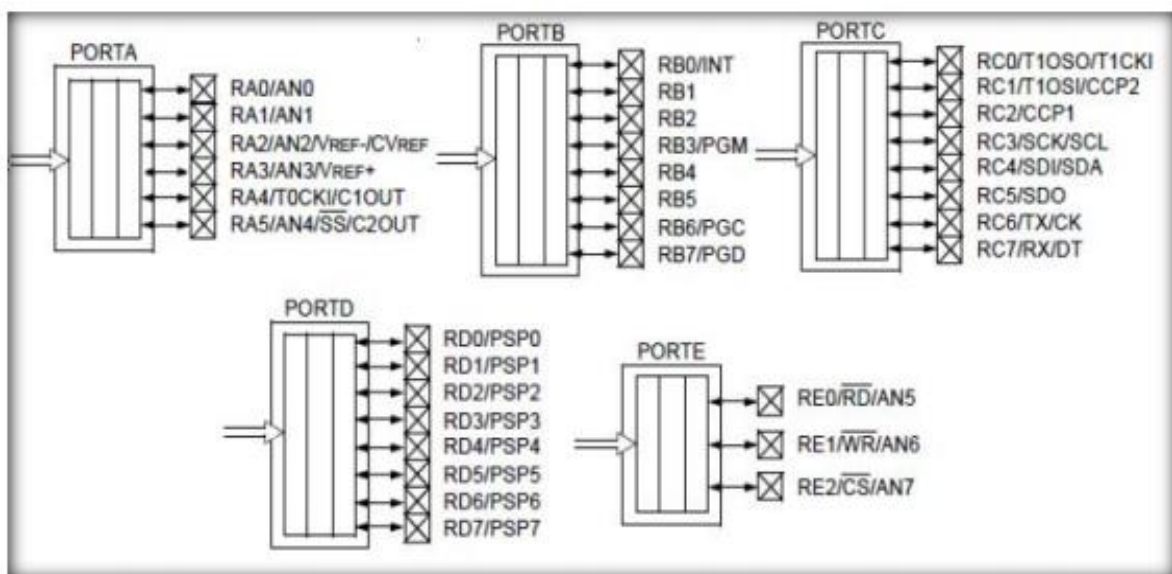


Figure II.6 Les différents PORT de PIC16F877A [14].

II.2.10 Chien de garde

Un chien de garde est un circuit électronique ou un logiciel utilisé en électronique numérique pour s'assurer qu'un automate ou un ordinateur ne reste pas bloqué à une étape particulière du traitement qu'il effectue. C'est une protection destinée généralement à redémarrer le système, si une action définie n'est pas exécutée dans un délai imparti ;

Dans le PIC, il s'agit un compteur 8 bits incrémenté en permanence (même si le μC est en mode sleep) par une horloge RC intégrée indépendante de l'horloge système

II.2.11 Le convertisseur analogique numérique

Notre 16F877A travaille avec un convertisseur analogique/numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits. Il se compose de :

- Un multiplexeur analogique 5 voies « PIC 16F877A ».
- Un échantillonneur bloqueur. Un convertisseur analogique numérique de 10 bits.

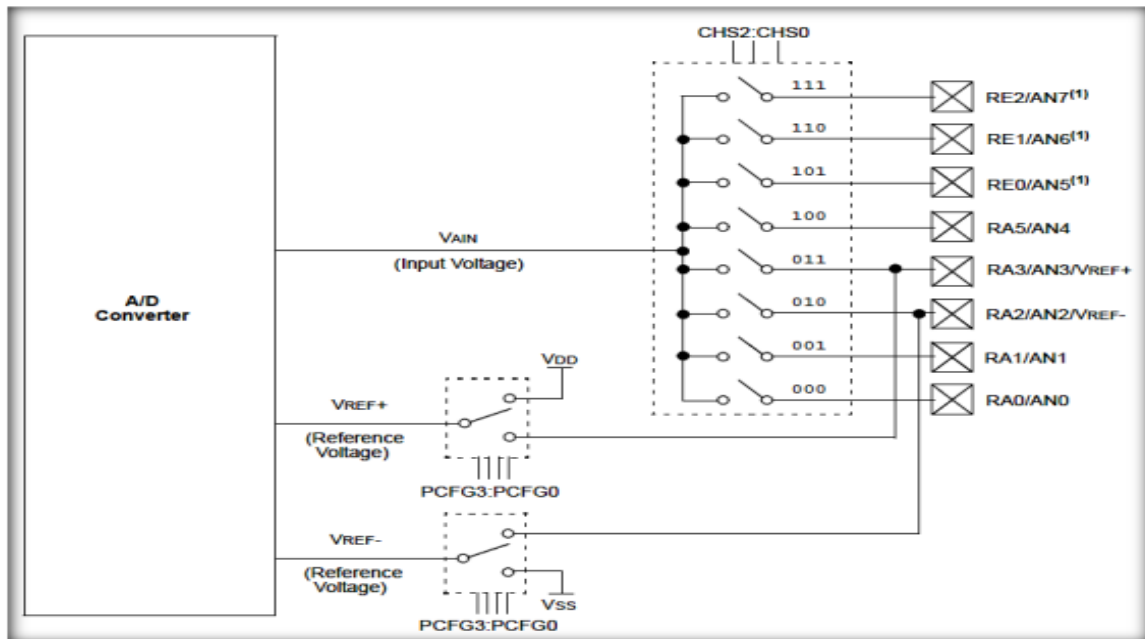


Figure II.7 Schéma fonctionnel analogique numérique [14]

II.3 Conception de la carte de commande et de puissance par Proteus

II.3.1 Partie logicielle (outils de développement utilisés)



Nous avons utilisé plusieurs logiciels pour réaliser ce travail. Dans cette partie, nous disposons de quelques logiciels pour la génération du code et la simulation des diverses tâches de commande pour développer une application fonctionnelle à l'aide d'un microcontrôleur.

II.3.1.1 Langage C « compilateur C »



Le compilateur C de la société CCS (Custom Computer Services) est un compilateur C adapté aux microcontrôleurs PICs. Il ne respecte pas complètement la norme ANSI, mais il apporte des fonctionnalités très intéressantes. [16]

II.3.1.2 Le simulateur ISIS de Proteus

Le logiciel de simulation des circuits électronique est un logiciel qui dessine un circuit par les composants et les circuits intégrés et permet de voir les résultats de la réalisation pratique. Il existe plusieurs simulateurs. Dans notre cas, on a utilisé le logiciel Proteus. Le logiciel Proteus se compose de deux parties: le logiciel ISIS pour la simulation des circuits électroniques, et le logiciel ARES pour dessiner les circuits imprimés [15].

II.3.2 Schéma structurel de la carte par Proteus

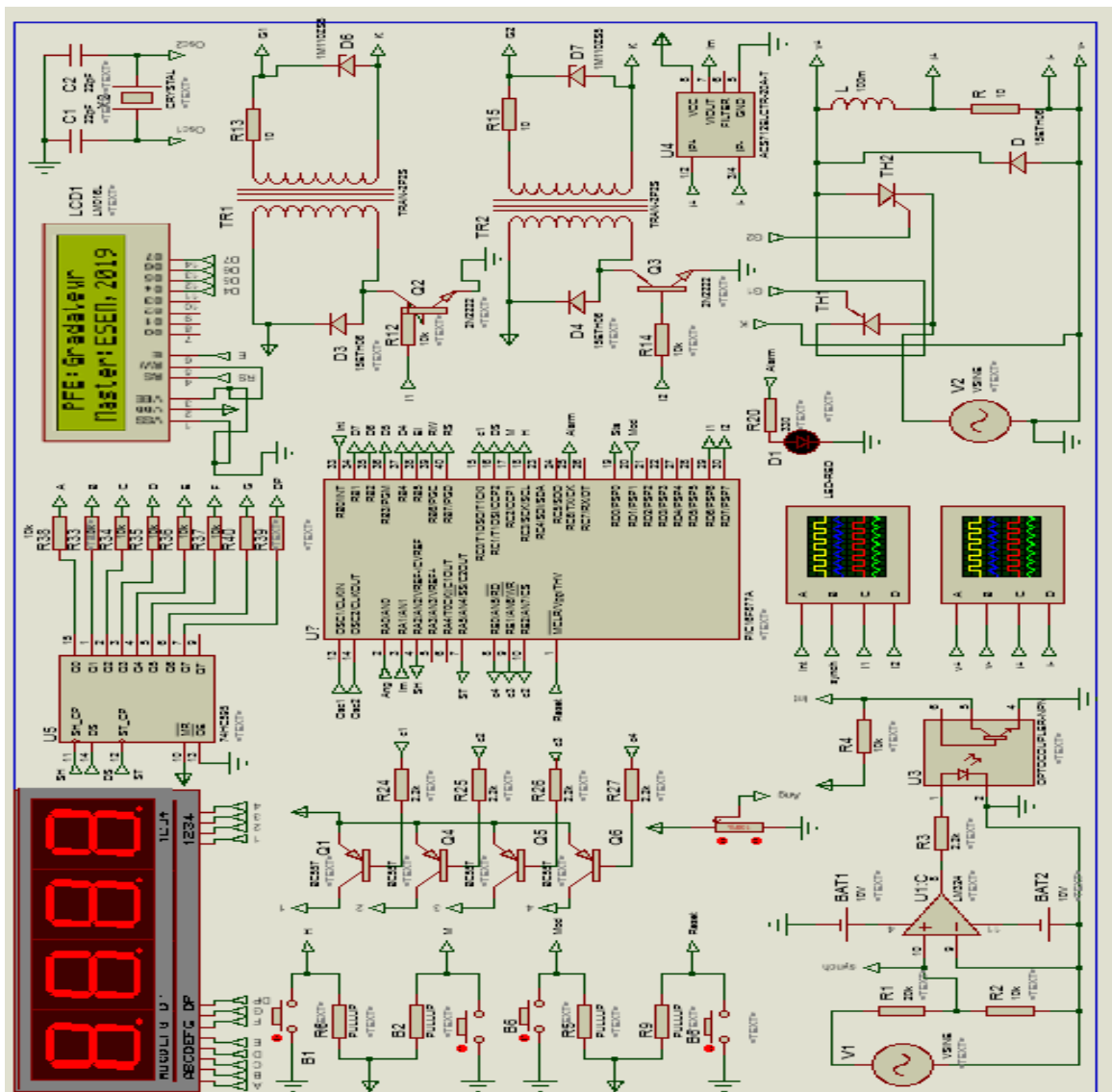


Figure II.8 Schéma structurel de la carte en 'ISIS'.

Le circuit global de notre travail est donné par la figure II.8 Sur cette figure on voit que le pic représente l'organe principal dans la réalisation, on trouve aussi les boutons poussoirs pour faire la commande non seulement pour le réglage du consigne, mais aussi pour spécifier le mode de fonctionnement (Gradateur bidirectionnel /Gradateur marche en interrupteur (On-Off) et pour faire le réglage de l'horloge affiché à l'aide de l'afficheur 7 segments. On a aussi un affichage en utilisant LCD (2X16).

En utilisant aussi les oscilloscopes pour afficher les courbes des courants et des tensions

II.3.3 Le fonctionnement

Ce circuit fonctionne de manière que le pic attend l'interruption externe qui est un signal carré issue d'un amplificateur opérationnel. Ce signal est injecté au pin RB0/INT. Un programme principal est exécuté en utilisant la consigne analogique à partir du potentiomètre pour fournir les commandes nécessaires aux gâchâtes des thyristors du circuit de puissance.

II.3.4 L'organigramme de fonctionnement

La figure II.9 présente un organigramme général pour le fonctionnement de notre carte de commande. Il sert à générer les codes correspondant aux différents modes gradateur envisagés.

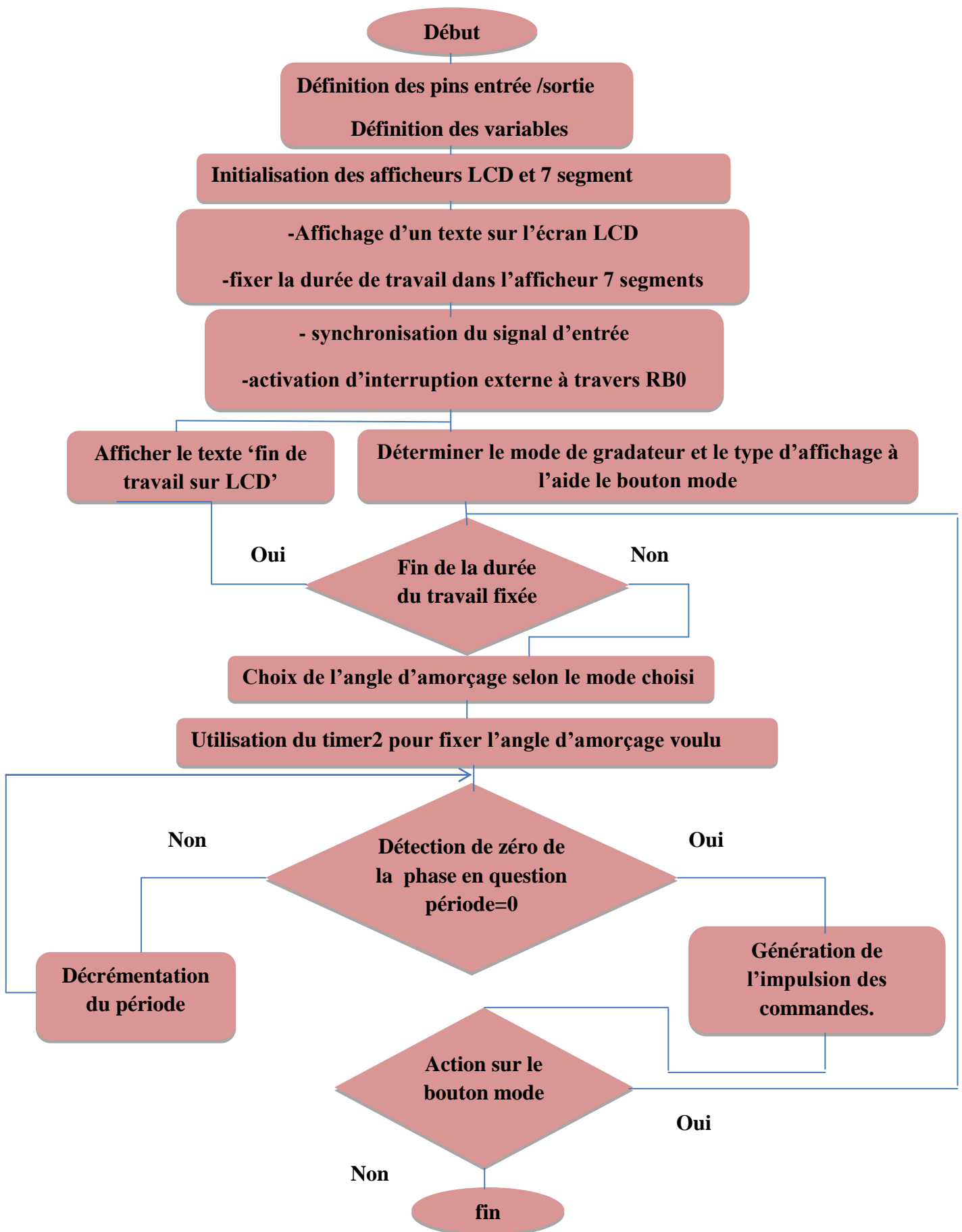


Figure II.9 Organigramme de fonctionnement de notre carte de commande

II.3.5 Simulations par Proteus

Après la compilation de notre code dans le compilateur CCS PICC, on va charger le PIC par le fichier Hex résultant. On lance la simulation, les figures selon le mode sont obtenues comme suit :

II .3.5.1 Gradateur monophasé bidirectionnel “Mode#1”

La figureII.10 représente le schéma de simulation par Proteus et les formes d’ondes obtenues, pour le mode bidirectionnel, correspond à la cosigne introduite en utilisant le potentiomètre sont présentés par les figure II.11 et II.12 respectivement.

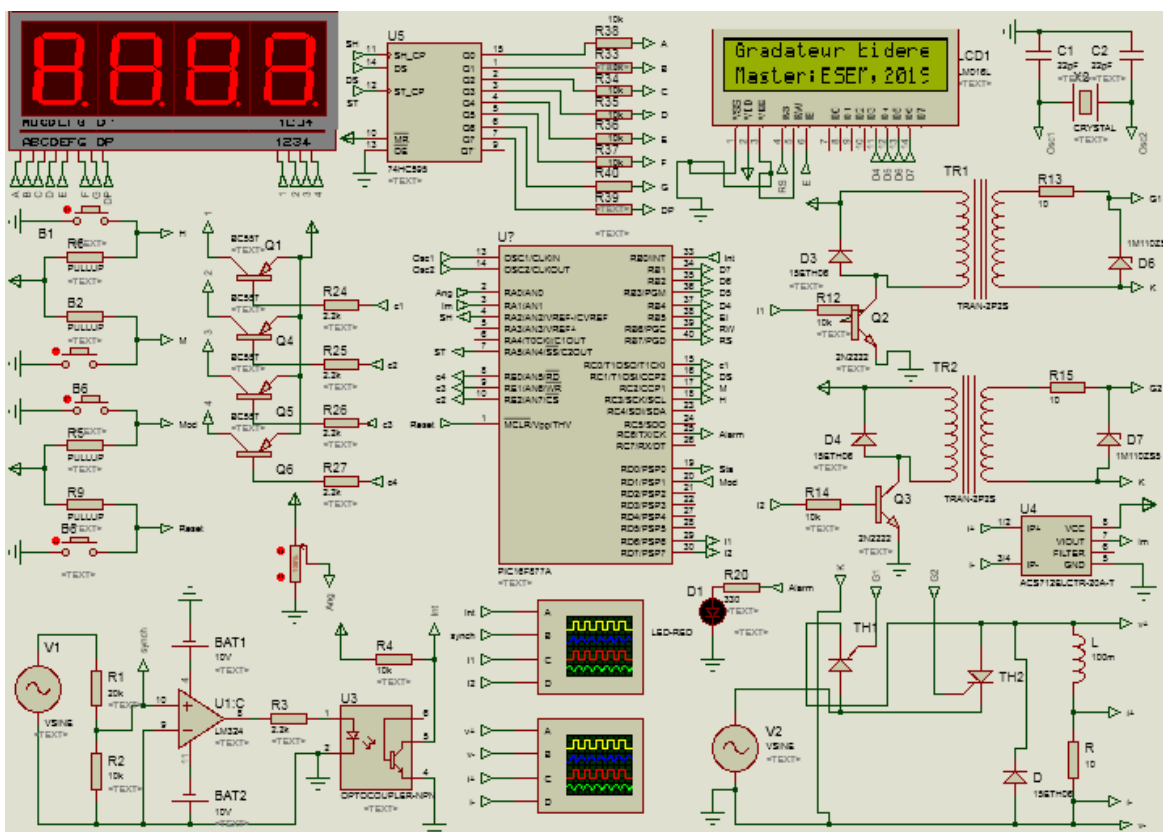


Figure II.10 Schéma de simulation par Proteus pour le mode#1.

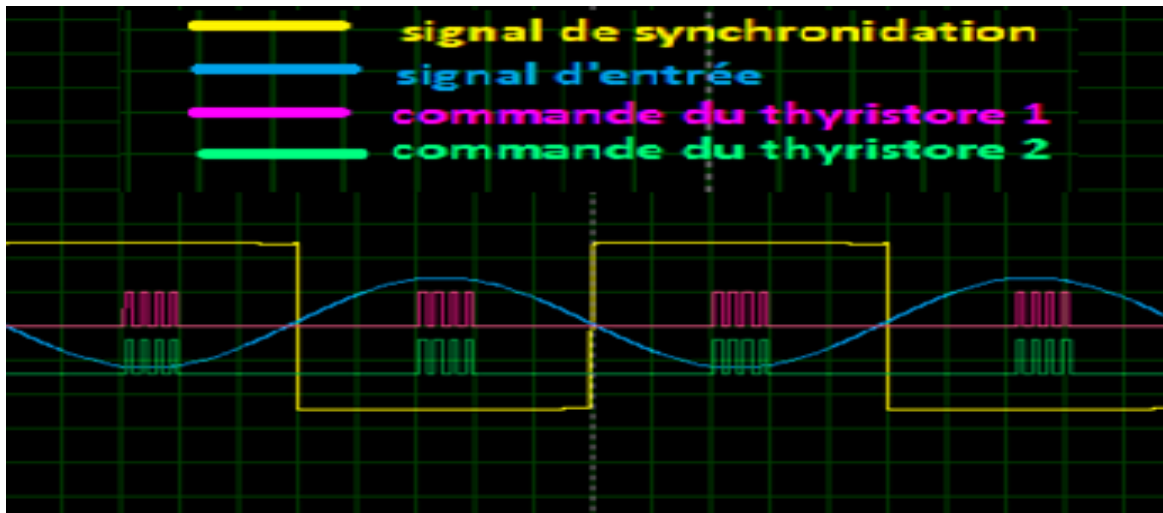


Figure II.11 Allures des signaux d'entrée, de synchronisation et de commande pour le mode#1

D'après la figure II.11 de la simulation, on constate que les impulsions de commande sont générées dans les deux demi-périodes. Elles sont appliquées simultanément au niveau des gâchettes des thyristors T1 et T2, mais pendant l'alternance positive, T1 va s'amorcer tandis que l'autre ne s'amorce pas malgré la présence de la commande parce qu'il est polarisé en inverse.

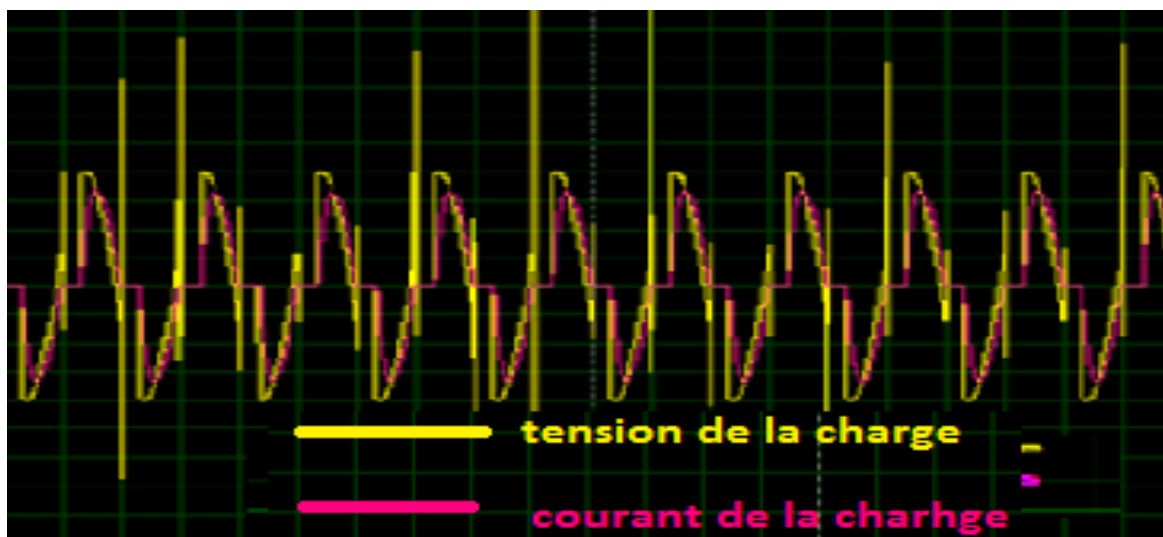


Figure II.12 Allures de tension et de courant de sortie obtenues par simulation Proteus

A partir de cette figure, on voit qu'il ya des pic sur l'allure de tension au début de chaque alternance, ceci est revient à la manière de la commande des thyristors. Parce que on a les attaqués par un train d'impulsions avec une durée limitée, les thyristors prennent un temps avant de s'amorcer.

II .3.5.2 Gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off) ‘Mode#2’

Dans ce cas on garde la commande de la consigne et on change le mode de fonctionnement (marche en interrupteur (On-Off)). La figure II.13 représente le schéma de simulation par Proteus. Les formes d’ondes obtenues, pour le mode bidirectionnel, correspond à la cosigne introduite en utilisant le potentiomètre sont présentés par les figure II.14 et II.15 respectivement.

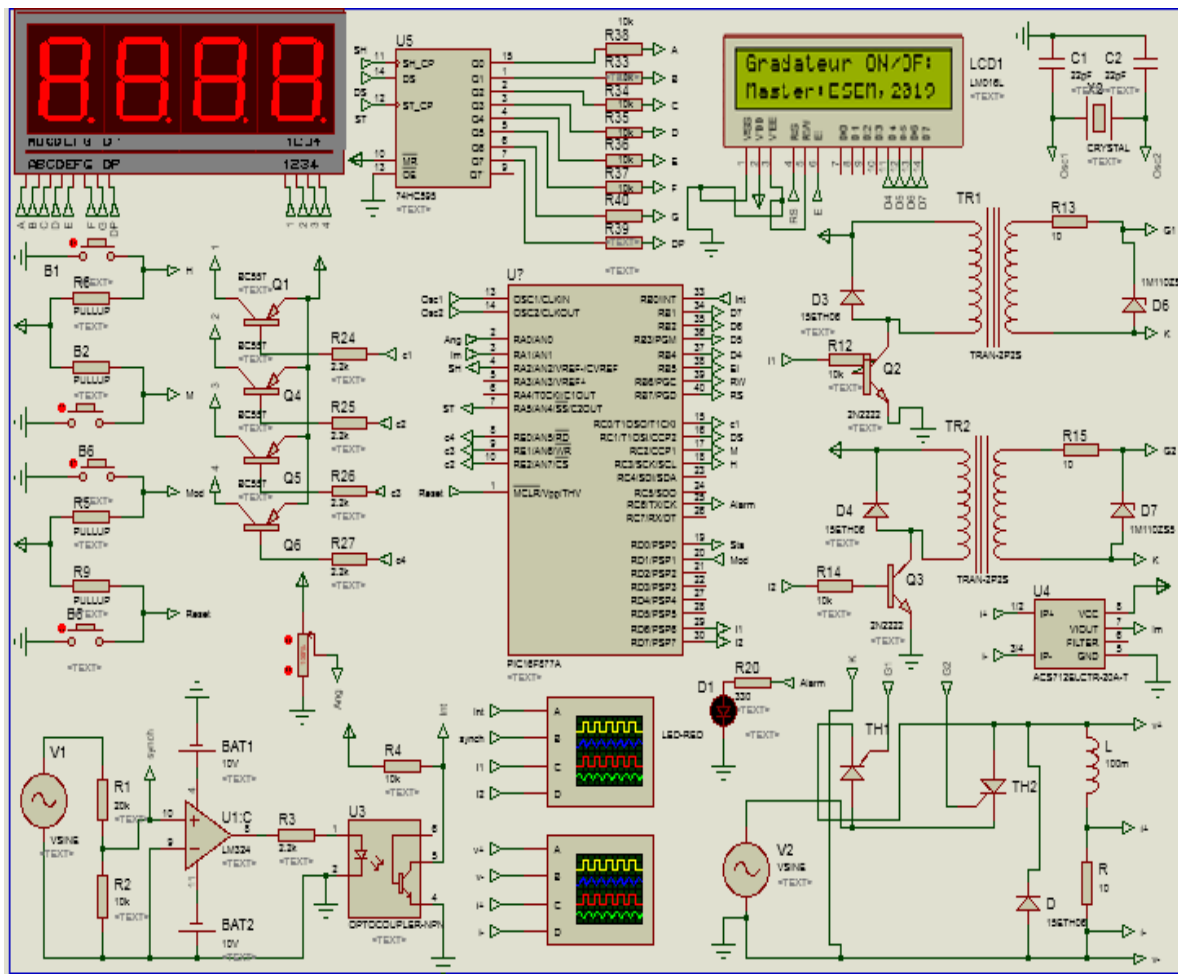


Figure II.13 Schéma de simulation par Proteus pour le mode#2



Figure II.14 Allures des signaux d'entrée de synchronisation et de commande pour le mode#2.

D'après la figure II.14 de la simulation, pour ce mode, les deux thyristors T1 et T2 permettent d'établir ou de couper la liaison source-récepteur. Les impulsions de commande sont appliquées simultanément au niveau des gâchettes des thyristors T1 et T2 pendant $t_n = nT$ (pendant n cycles de l'alimentation) et coupe la liaison entre V_e et la charge par leurs absences pendant $t_m = mT$ (m cycle de V_e).

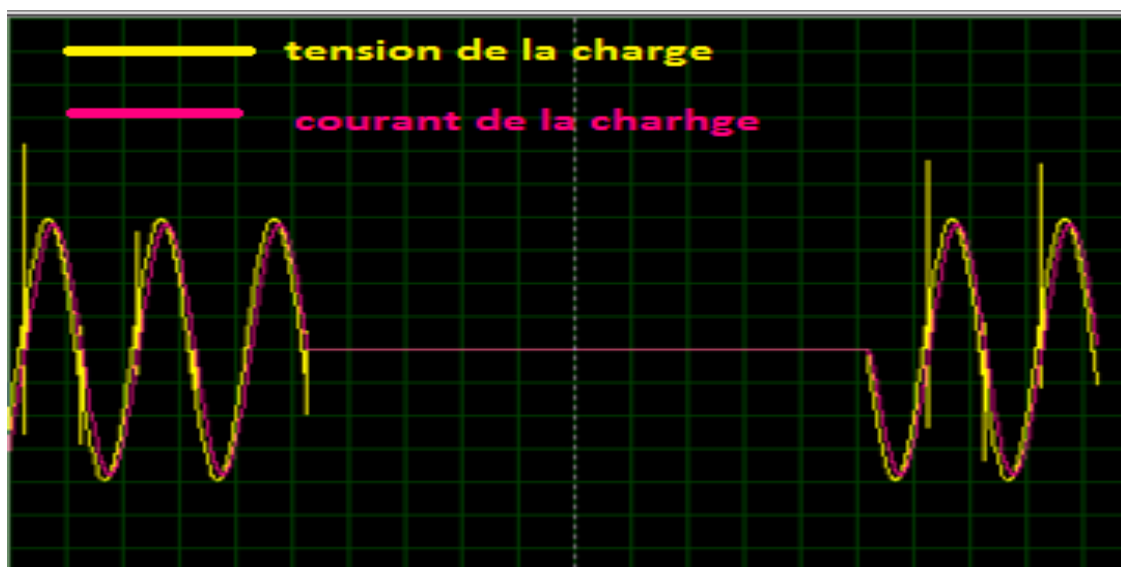


Figure II.15 Allures de tension et de courant de sortie obtenues par simulation Proteus

A partir des figures II.12 et II.15 on constate que les allures de la tension et du courant confirment bien les signaux étudiés en théorie et les simulations trouvées dans le chapitre précédent par le logiciel Matlab.

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les deux parties essentielles pour la conception de notre carte électronique : la partie matérielle (PIC16F877A) et la partie logicielle (CCS PIC et Proteus). Les détails de conception de la commande pour chaque mode de fonctionnement sont bien présentés sous forme d'organigramme. Des simulations par Proteus sont aussi présentées montrant la bonne concordance avec les résultats trouvés en théorie et en simulation Matlab. Dans le chapitre qui se suit, on va expliquer en détails les démarches de notre réalisation tout en présentant nos résultats expérimentaux.

Chapitre **III**

Réalisation pratique

III.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons essayer de mettre en évidence l'aspect pratique de ce que nous avons vu dans le chapitre précédent. On va expliquer d'une façon générale quelques composants qu'on a utilisés dans la réalisation, et la réalisation de notre carte électronique.

A la fin, on va présenter les résultats expérimentaux obtenus.

III.2 Réalisation de la carte électronique

III.2.1 Câblage par Proteus

Avant de réaliser le circuit imprimé global (alimentations, circuit de commande et circuit de puissance) par l'outil ISIS/ARES du logiciel Proteus, il faut faire d'abord les câblages nécessaires entre les différents éléments de la carte comme présente dans la figure III.1 La liste des composants utilisés pour cette réalisation est donnée par le tableau III.1.

	Désignation	Référence	Quantité
01	Microcontrôleur	PIC 16F877A	01
02	Afficheur LCD	LCD 16*2	01
03	Afficheur 7-segment	4-digits	01
04	Quartz	20MHz	01
05	Amplificateur-Opérationnel	LM358	01
06	Opto-coupleur	4N32	01
07	Régulateur de tension +5V	L7805	01
08	Régulateur de tension +12V	L7812	01
09	Régulateur de tension -12V	L7912	01
10	Transformateur d'impulsion		02
11	Potentiomètre pour LCD		02
12	Potentiomètre de réglage	10K	01
13	Leds	Roge/vert/jaune	04
14	Boutons poussoir		05
15	Condensateur (chimique)	470uF/16V	03
16	Condensateur (chimique)	470uF/50V	03

17	Transistor	BC548NPN	02
18	Transistor	BC557PNP	04
19	Registre à décalage	74HC595	01
20	Diode	220v/3A	09
21	Condensateurs céramique	22pF	02
22	Capteur de courant	ACS712	01
23	thyristor	BT151	02
24	résistance	2.2k	12
25	résistance	100	02
26	résistance	1.5k	02
27	résistance	1k	12
28	Radiateur de refroidissement		05
29	Support de PIC	20/2	01
30	Support afficheur 7-segment		01
31	Support Amp-Op	4/2	01
32	Support Opt-coupleur	3/2	01
33	Support LCD	16/1	01
34	Tblock 2pin		03
35	Connecteur 5pin		01

Tableau III.1 Liste des composants pour la réalisation du convertisseur AC-AC.

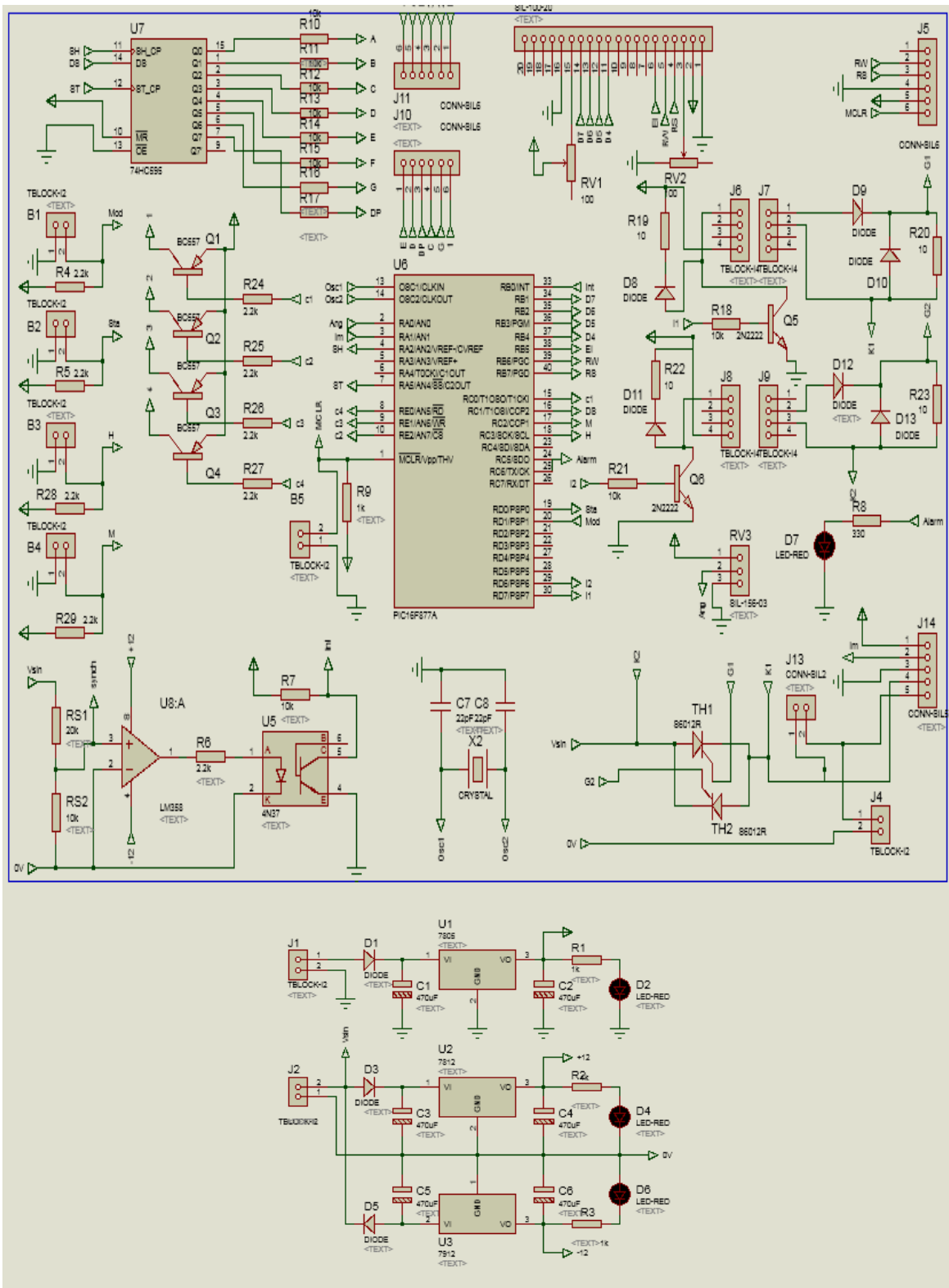


Figure III.1 Câblage pour le circuit imprimé par le logiciel Proteus.

III.2.2 Description des parties essentielles de la réalisation

III.2.2.1 L'alimentation

On désire réaliser, dans notre réalisation, une alimentation stabilisée pour alimenter d'une part la carte de commande, l'opto-coupleur et le transformateur d'impulsion en +5 Volts continu (figure III.2), et d'autre part une alimentation symétrique de +12/-12 Volts pour polariser l'amplificateur opérationnels (figure III.3).

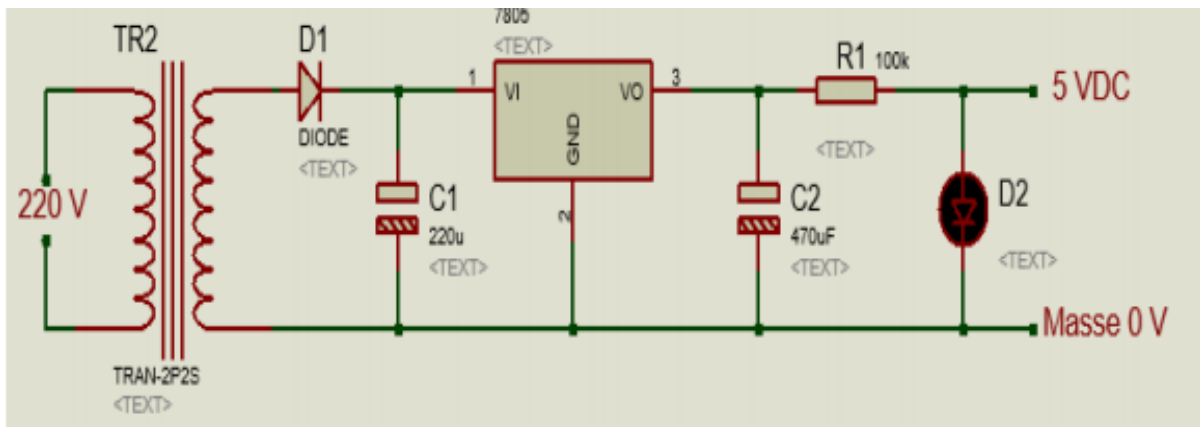


Figure III.2 Montage de l'alimentation 5 V.

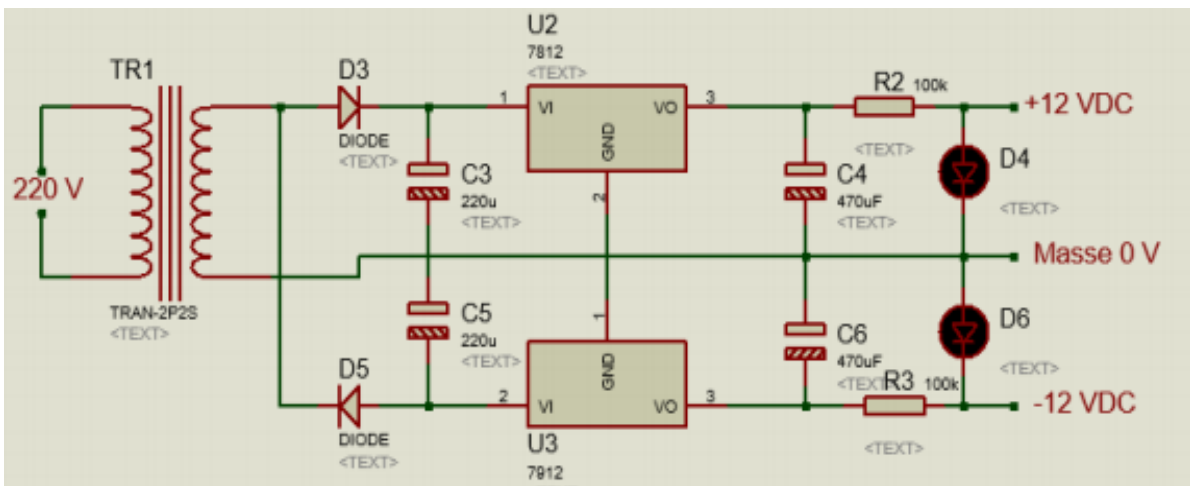


Figure III.3 Montage de l'alimentation symétrique +12 V/-12 V.

Chaque alimentation comporte un transformateur qui baisse la tension sinusoïdale d'entrée (220V AC / 7V AC ou 220V AC/14V AC). Puis on l'a fait passer par la diode qui fera le redressement, ensuite, on l'a fait passer par un condensateur pour faire le filtrage. Enfin, on utilise le régulateur L7805 pour obtenir une tension de 5V DC ou les régulateurs L7812 et L7912 pour avoir des tensions 12 et -12V DC respectivement.

III.2.2.2 Circuit de synchronisation et de couplage optique

On utilise l'amplificateur opérationnel dans notre travail comme un circuit détecteur de passage par zéro pour générer le signal de synchronisation avec lequel on attaque la pin RB0/INT du pic après l'avoir passer par un opto-coupleur qui assure la séparation entre le circuit de commande et l'alimentation (figure III.4).

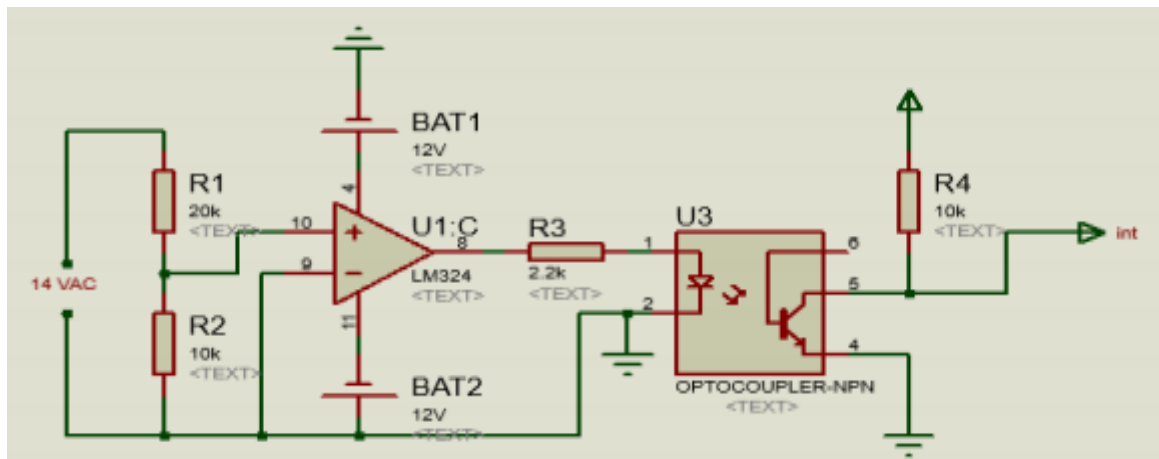


Figure III.4 Le circuit détecteur de passage par zéro et de couplage optique.

L'ampli-op jouer le rôle d'un comparateur qui compare la tension d'entrée non inverseuse (signal sinusoïdal) avec la tension d'entrée inverseuse (tension de référence 0 V), Si la tension d'entrée non inverseuse est supérieur à la tension de référence (0V), la sortie est saturée positivement (+12Và la sortie) et reste positive jusqu'à que la tension d'entrée non inverseuse sera inferieur à celle de référence (0V) le comparateur sera alors saturé négativement (-12Và la sortie) comme il est montré dans la figure III.5 .

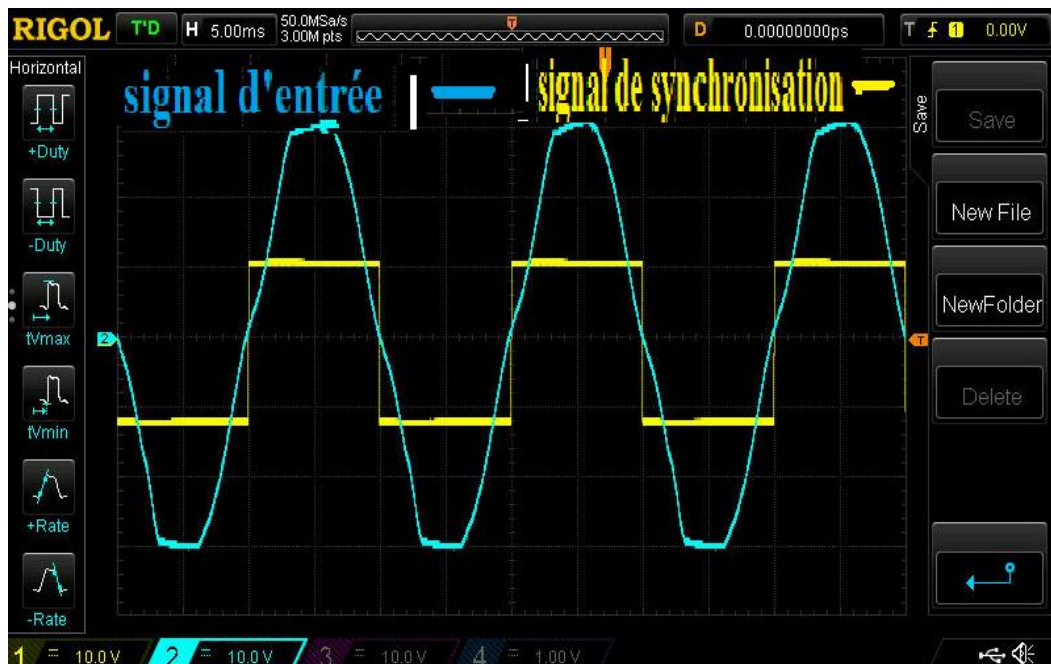


Figure III.5 Allure du signal issu d'amplificateur opérationnel.

L'opto-coupleur est considéré comme un élément de transfert de signal dont l'entrée et la sortie sont électriquement isolées l'une de l'autre par un couplage optique. La LED et le photo-détecteur sont reliés optiquement, mais sont isolés électriquement dans un même boîtier (figure III.6).

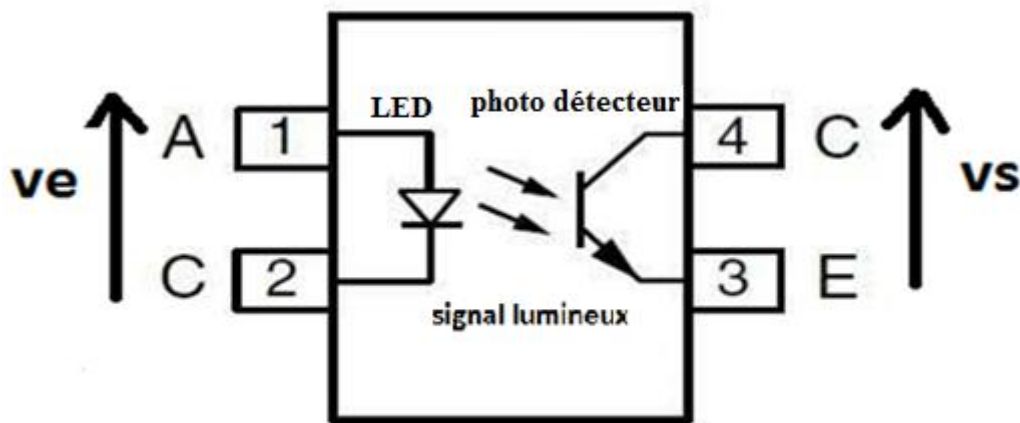


Figure III.6 Principe de fonctionnement d'un opto-coupleur.

- ❖ Si la sortie de l'amplificateur est saturée positivement (pendant l'alternance positive du signal de secteur) la diode électroluminescente de l'opto-coupleur sera allumée, le phototransistor est équivalent à un circuit fermé donc $V_s=0$ Volt.

- ❖ Si la sortie de l'amplificateur est saturée négativement (pendant l'alternance négative du signal de secteur) la diode électroluminescente de l'opto-coupeur sera éteinte, le phototransistor est équivalent à un circuit ouvert donc $V_s=5\text{V}$ (figure III.7).



Figure III.7 Signal de sortie de l'opto-coupleur.

III.2.2.3 Transformateur d'impulsions

Pour séparer le circuit de commande qui supporte 5V DC du circuit de puissance qui s'alimente par 24V AC, on a pensé de faire un isolement galvanique. Pour cette raison, on a utilisé dans cette application un transformateur d'impulsions pour protéger l'unité de traitement (PIC 16F877A) du circuit de puissance (figure III.8).

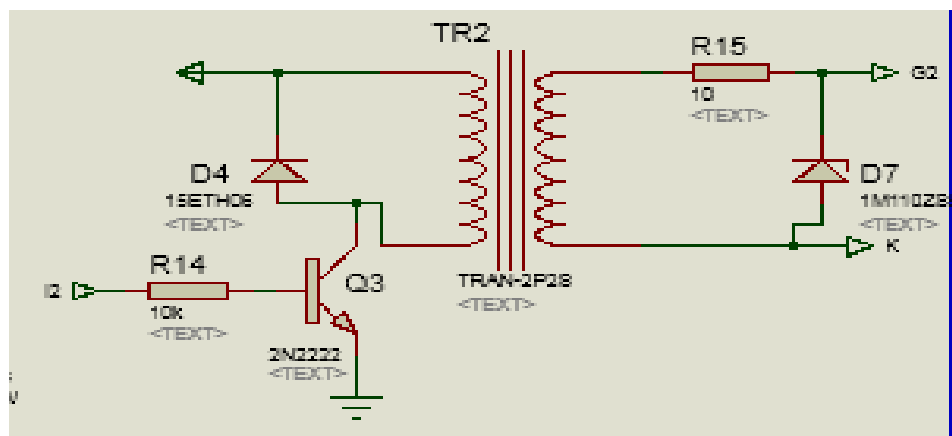
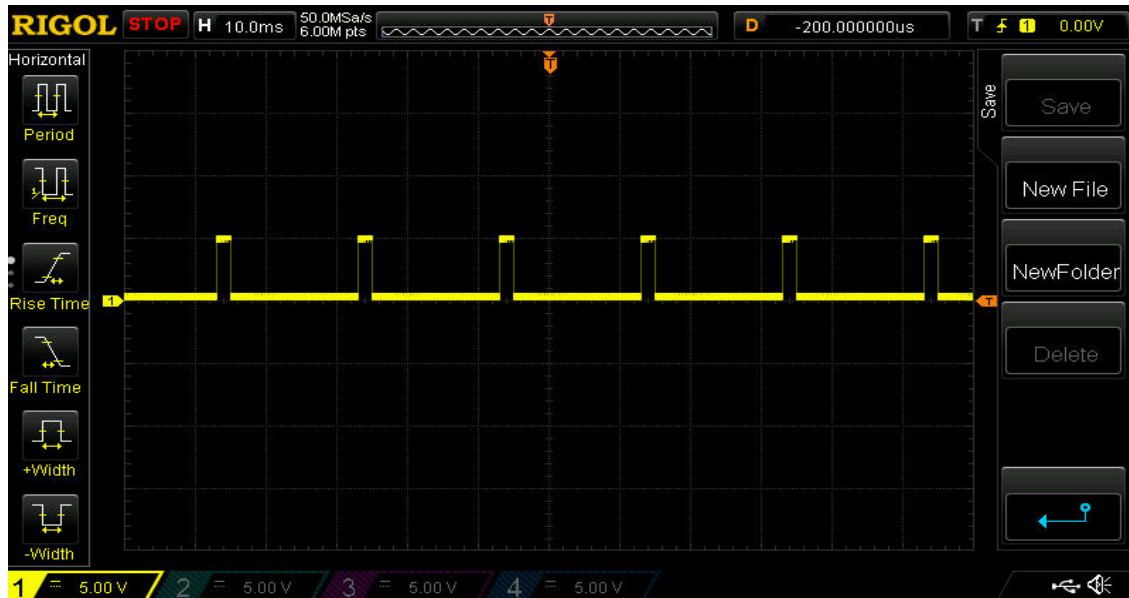
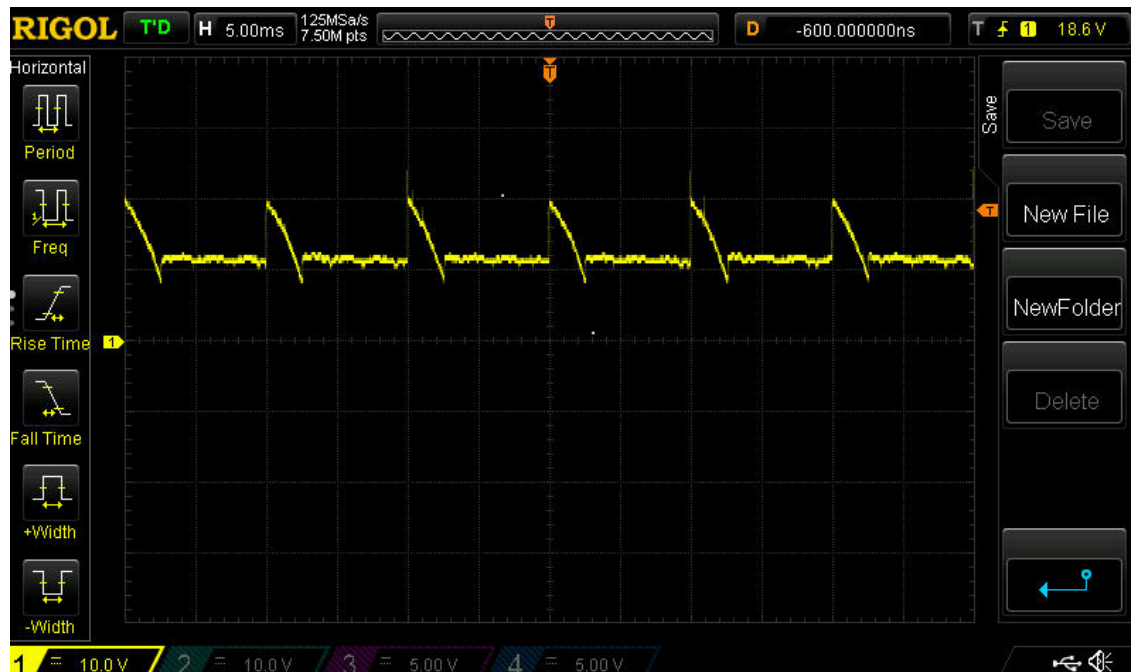


Figure III.8 Schéma électrique d'un transformateur d'impulsion.

Pour pouvoir amorcer le thyristor, on l'attaque par un train d'impulsions au lieu de l'attaquant par une impulsion carrée à l'entrée, parce que ce dernier n'arrive pas à assurer l'accrochage du thyristor. Les résultats des essais sont représentés dans la figure III.9.



(a) L'entrée du transformateur d'impulsions



(b) La sortie du transformateur d'impulsions.

Figure III.9 Les résultats des essais du transformateur d'impulsions.

III.2.2.4 Afficheur LCD

a) Présentation :

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs **LCD** (LiquidCrystal Display), sont devenues incontournables dans toutes applications qui demandent la visualisation de paramètres, il s'agit donc d'une interface Homme/Machine. Ils sont très utilisés dans les montages à microcontrôleur, et permettent une grande convivialité. Ils peuvent aussi être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, car on peut facilement afficher les valeurs de différentes variables [6].



Figure III.10 Afficheur LCD avec 2 lignes de 16 caractères

b) Principe de fonctionnement :

Un afficheur LCD est capable d'afficher tous les caractères alphanumériques usuels et quelques symboles supplémentaires. Pour certains afficheurs, il est même possible de d'écrire ses propres caractères [6]. Chaque caractère est identifié par son code ASCII qu'il faut envoyer sur les lignes D0 à D7, broches 7 à 14. Ces lignes sont aussi utilisées pour la gestion de l'affichage avec l'envoi d'instructions tels que l'effacement de l'écran, l'écriture en ligne 1 ou en ligne2, le sens de défilement du curseur.[18]

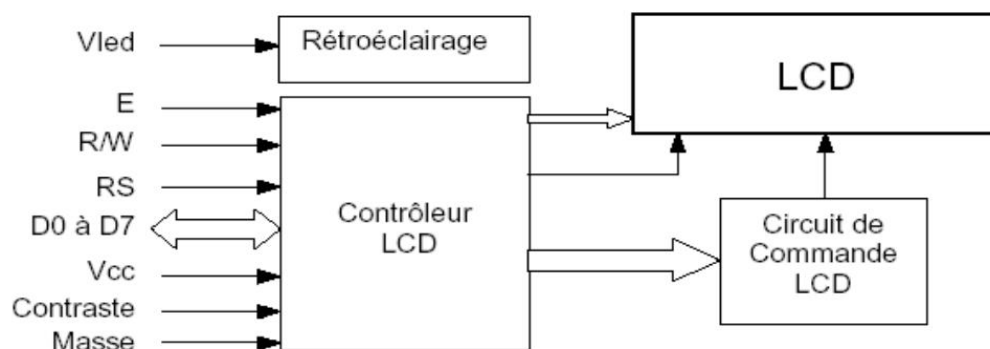


Figure III.11 Schéma fonctionnel[19]

c) Rôle des différentes broches de l'afficheur LCD :

- **VCC, Masse** : alimentation de l'afficheur LCD. Un afficheur LCD s'alimente en **0V-5V**.
- **-Contraste** : entrée permettant de régler le contraste de l'afficheur LCD. Il faut appliquer une tension continue réglable (entre **0V** et **5V**) à l'aide d'un potentiomètre.
- **Vled** : différence de potentiel permettant de commander le rétro éclairage.
- **E** : entrée de validation (**ENABLE**), elle permet de valider les données sur un **front descendant**. Lorsque **E=0** alors le bus de données est à l'état haute impédance.
- **RS : Register Select** cette entrée permet d'indiquer à l'afficheur si l'on souhaite réaliser une commande (**RS=0**) par des instructions spécifiques ou écrire une donnée (envoi du code du caractère à afficher) sur le bus (**RS=1**).
- **R/W** : entrée de lecture (**R/W=1**) et d'écriture (**R/W=0**). Lorsqu'on commande l'afficheur LCD il faut se placer en écriture.
- **D7...D0** : **bus de données bidirectionnel**, il permet de transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD.[19]

d) La commande :

Après avoir alimenté le LCD, il faudra envoyer une série de commande pour l'initialisation. Si la phase de l'initialisation est terminée, on peut envoyer directement des codes ASCII pour que le LCD les affiche [18].

III.2.2.5 Afficheur à 7 segments**a) Définition d'un afficheur à 7 segments :**

Un afficheur 7 segments permet d'afficher des nombres et certaines lettres de l'alphabet. Son usage est largement répandu dans de nombreux systèmes. Un segment c'est une portion de l'afficheur, qui est allumée ou éteinte pour réaliser l'affichage. Cette portion n'est en fait rien d'autre qu'une DEL (Diode Electro Luminescente) en Anglais on dit LED (Light Emmiting Diode) qui au lieu d'être ronde comme d'habitude est plate et encastré dans un boiter. On dénombre donc 8 portions en comptant le point de l'afficheur (figure III.12).[20]



Figure III.12 Afficheur 7 segments.

b) Principe de fonctionnement :

Dans un afficheur 7 segments, les segments sont généralement désignés par les lettres allant de A à G. Dans le cas où l'afficheur comporte un point, servant de séparateur décimal, celui-ci est désigné DP (de l'anglais decimal point) ; certains parlent dans ce cas d'un afficheur « 8 segments ».

Dans le cas d'afficheurs à DEL, deux cas de figures sont présents :

- Afficheur à anode commune : toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut.

La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.

- Afficheur à cathode commune : toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas.

La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

c) Présentation du boîtier :

Les afficheurs 7 segments se présentent sur un boîtier de type DIP 10. Le format DIP régie l'espace entre les différentes broches du circuit intégré ainsi que d'autres contraintes (présence d'échangeur thermique etc...). [21]

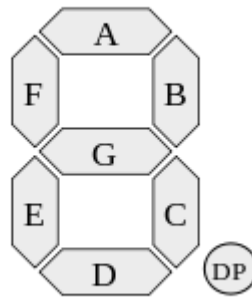


Figure III.13 Schéma montrant la désignation de chacun des segments

Dans notre cas, on a utilisé un afficheur set segments à 4 décimales (de 0 à 9 donc) ainsi qu'un point en bas à droite de chaque chiffre, ce qui lui donne surtout une vocation pédagogique figure III.14 .[21]



Figure III.14 Afficheur à 7 segments 4digits

III.2.2.6 Registres à décalage

Un registre à décalage est un assemblage de bascules commandées par une horloge commune. Il est destiné à mémoriser momentanément une donnée binaire. Le type de bascules utilisées dans les circuits de registres à décalage sont les bascules "D" ou les bascules "JK" selon l'application envisagée. Le principe de fonctionnement d'un registre à décalage est basé sur la connexion de la sortie de chaque bascule à l'entrée de la bascule suivante. Ainsi, la donnée introduite dans la première bascule se propage à chaque signal de l'horloge dans les bascules suivantes. La figure III.15 montre un exemple d'un registre à décalage composé de quatre bascules "D". On dit que c'est un registre à quatre bits.[22]

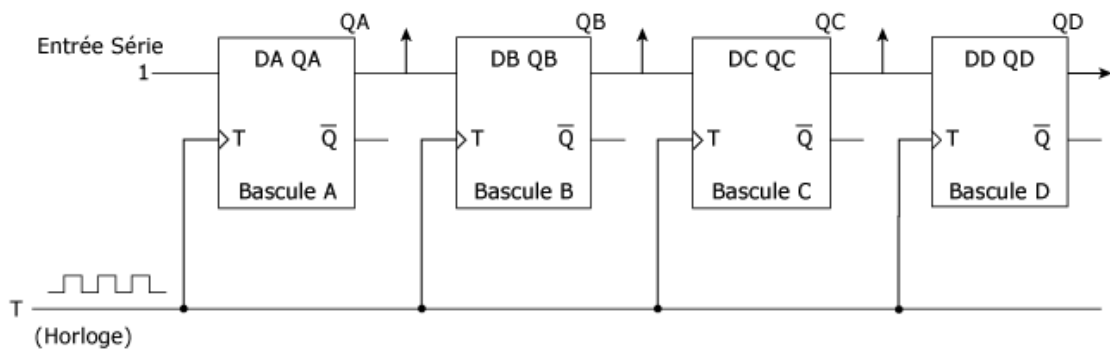


Figure III.15 Registre à décalage à quatre bits.

Dans notre cas, on a utiliser le 74HC595, c'est un registre à décalage de 8 bits. Le prochage de ce composant est donne par la figure suivante :[22]

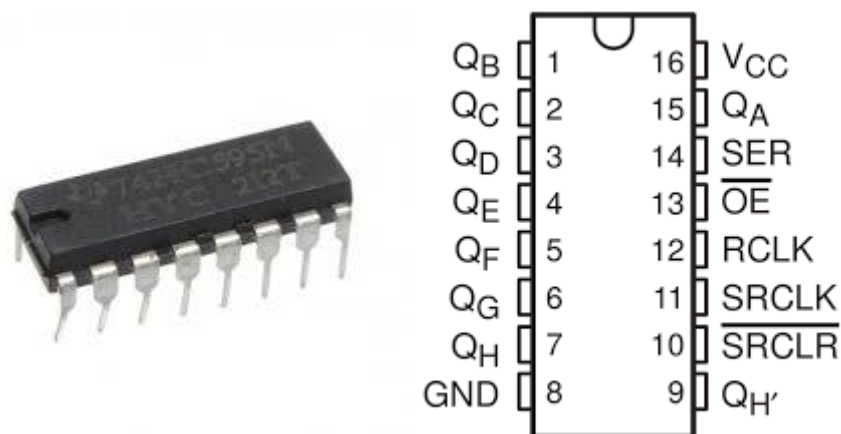


Figure III.16 74HC595 Registre à décalage 8 bits

III.2.2.7 capteur de courant

Le capteur de courant à effet Hall est un type de capteur de courant exploitant l'effet Hall pour produire une tension qui est l'image exacte (avec un facteur de proportionnalité connu) du courant à mesurer ou à visualiser [23]

a) Le capteur de courant ACS 712 :

Le module est basé sur un ACS712 et permet de mesurer un courant jusqu'à 30 A. Il délivre une tension analogique en fonction du courant mesuré. Ce type de capteur peut détecter avec précision les signaux de courant alternatif ou courant continu. Les courants maximale qui peut être détectée peuvent atteindre 30A et le signal de

courant actuelle peut être lue via un port analogue, ACS712 de Allegro Microsystems utilise l'effet hall pour fournir une sortie analogique de 0.66mV par Ampère.

b) Caractéristiques de capteur de courant ACS 712 :

Le capteur ACS 712 possède les caractéristiques suivantes, Le schéma de ce capteur est donné par la figure III.17 [24]

- Alimentation: 5 Vcc
- Plage de mesure: $\pm 30A$
- Sortie analogique: 66 mA/V
- Réponse rapide et haute sensibilité

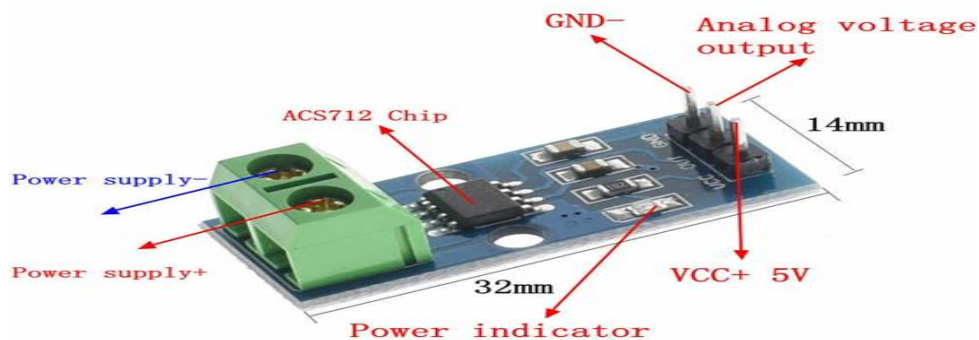


Figure III.17 capteur de courant ACS 712

III.3 Routage de schéma électrique

Pour accomplir notre réalisation, la 2^{ème} étape consiste en l'établissement du Typon de la carte. Le Typon est la base qui servira à imprimer les pistes sur la carte électronique. Cependant, le tracé des pistes est assez compliqué car il s'agit de parvenir à placer toutes les liaisons entre les composants sans faire des courts-circuits et aussi d'étudier comment les composants vont être placés sur la future carte électronique tout en respectant une logique bien définie. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel de développement ISIS/ARES qui permet justement de créer le Typon en partant du schéma électronique figure III.1 afin d'obtenir le circuit imprimé final de la figure III.18 .

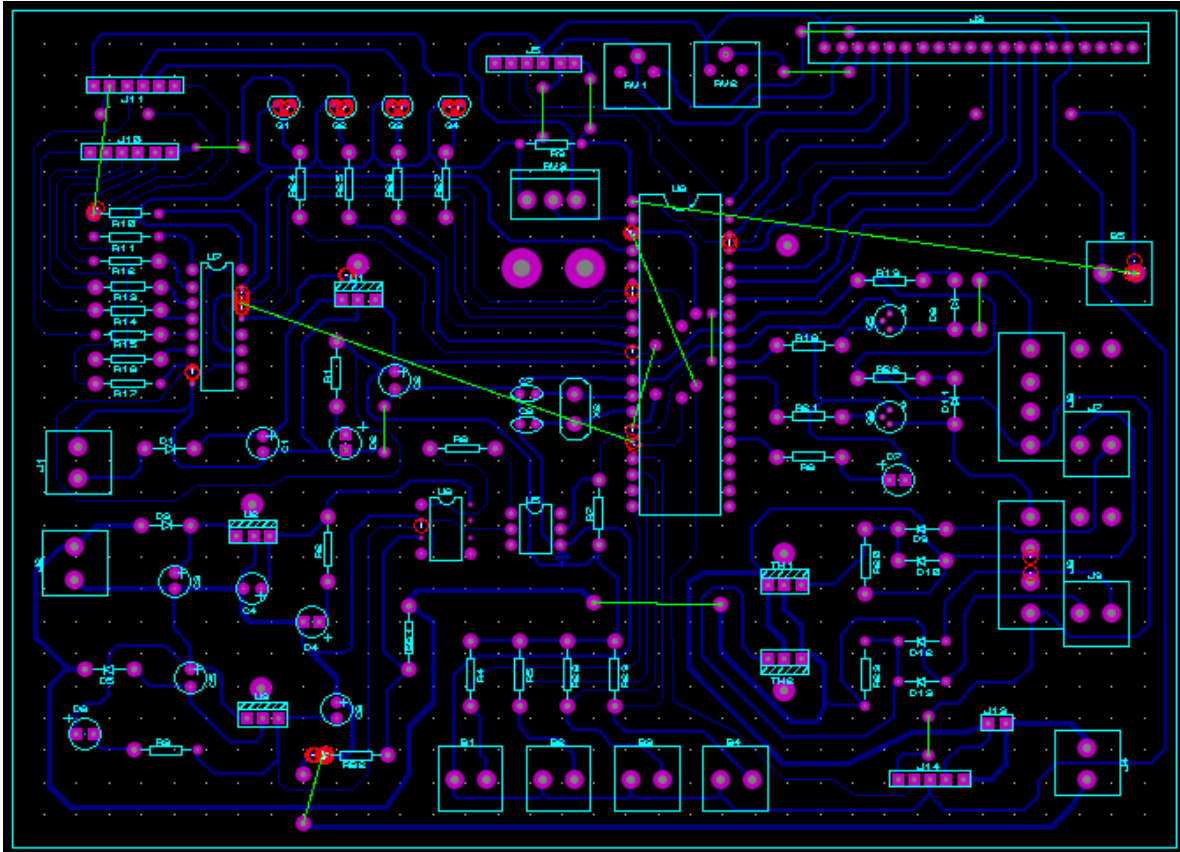


Figure III.18 Schéma routé de notre carte électronique.

Les lignes vertes apparaissent dans la figure III.18 sont remplacées par des ponts (straps) qui se trouvent sur la face composants et qui permettent à une piste de contourner d'autres pistes

III.4 Les étapes de fabrication du circuit imprimé

La fabrication du circuit imprimé se passe par plusieurs étapes:

III.4.1 L'impression du typon

Il suffit ensuite d'imprimer ce typon sur un transparent la figure III.19 pour pouvoir réaliser l'impression directement sur la carte grâce à une machine spécialement conçue pour ça : elle imprime les pistes sur un côté.

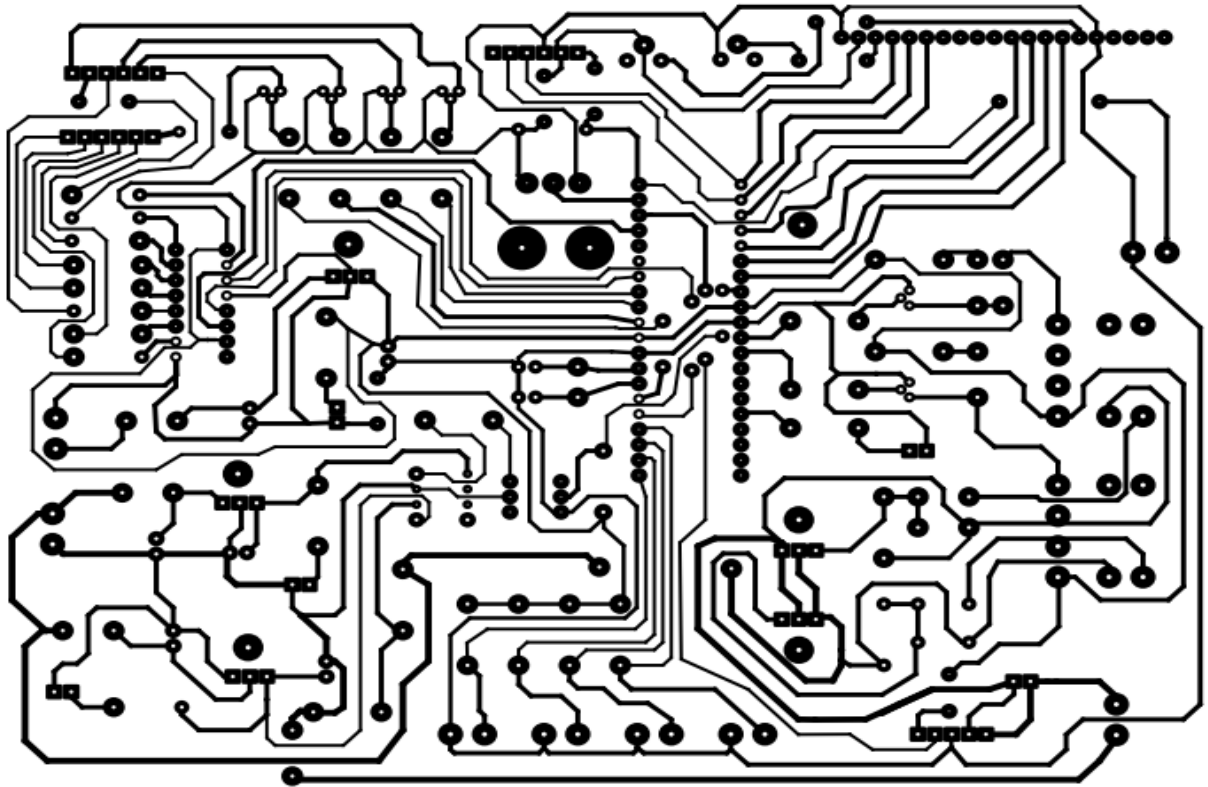


Figure III.19 Le typon de la carte.

Pour « transférer » le tracé du typon sur la plaque du circuit imprimé, on utilise des plaques de cuivre photosensibles. Les plaques photosensibles sont recouvertes d'une couche protectrice photosensible dure et très adhérente, de couleur bleu-violet et d'une épaisseur de 2,5 microns. Cette couche protectrice protégera le cuivre lors de la gravure. La couche protectrice est photosensible, ce qui signifie qu'elle est détruite au contact des rayons ultra-violet. Pour protéger le cuivre seulement aux endroits contenant des pistes, on va exposer la plaque photosensible aux rayons ultraviolets, après l'avoir recouverte avec le typon : ainsi, la couche protectrice photosensible sera brûlée et éliminée par les rayons ultra-violet à l'extérieur des pistes où le typon est transparent et demeurera intacte sur les pistes où le typon est opaque. Le but est Après la réalisation de ces étapes, on obtient le circuit imprimé représenté dans la figure III.20.

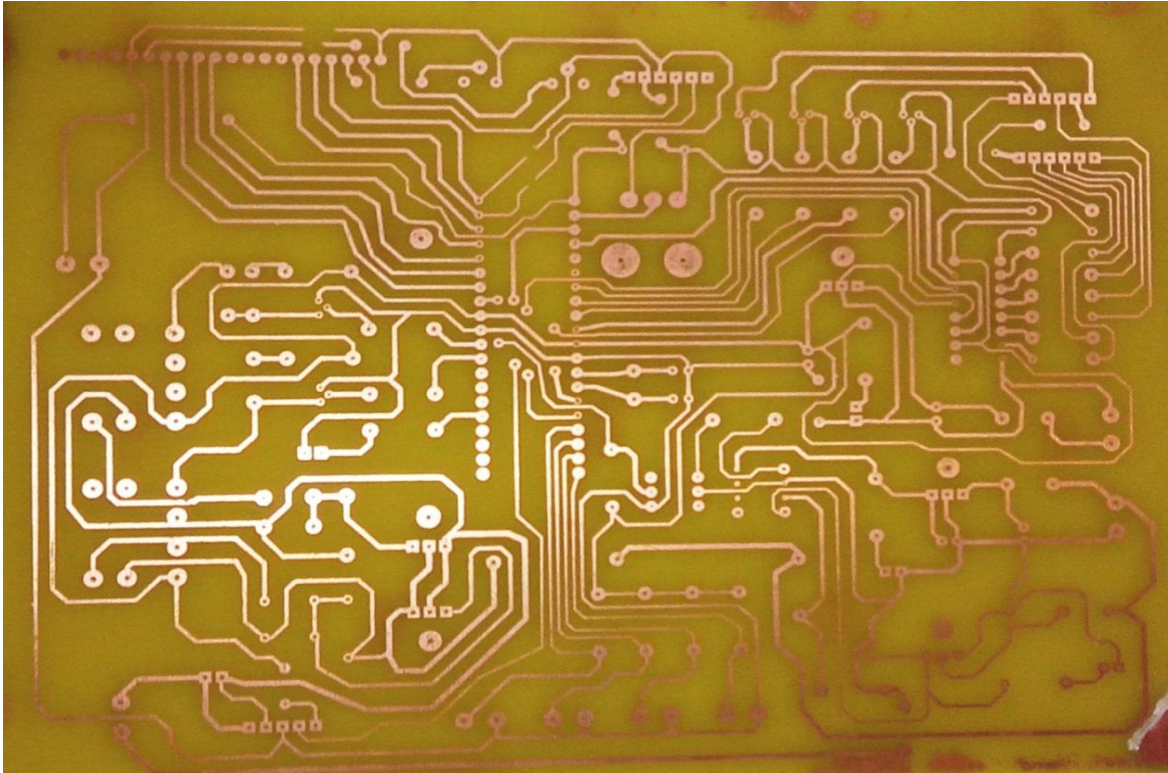


Figure III.20 Circuit imprimé de la carte.

III.4.2 Test du circuit imprimé

Une fois que cette carte réalisée est réalisé, il ne reste plus qu'à percer les emplacements. Avant de commencer à souder les composants sur le circuit imprimé, il faut tester la continuité des différentes pistes, à la recherche d'éventuelles coupures microscopique dans la piste de cuivre, qui ne se voit pas à l'œil nu. Pour tester la continuité, on utilise un ohmmètre ou un testeur de continuité.

III.5 La mise en place et la soudure des composants

Le plus simple, lors de cette étape de soudure est de commencer par souder les straps puisque ils sont soudés sous les composants, puis les pièces les moins encombrantes en premier lieu comme les résistances, les diodes, les interrupteurs, les transistors et les condensateurs..., nous finirons par les supports des circuits intégrés (PIC, opto-coupler...).

La soudure est faite par l'étain et le fer à souder, mais il faut éviter que l'étain fasse un court-circuit en étant en contact avec deux pistes distinctes et la vérification des court-circuit par un multimètre est très importante.

Finalement, on obtient la carte imprimée comme représentée par les figures III.21 et III.22

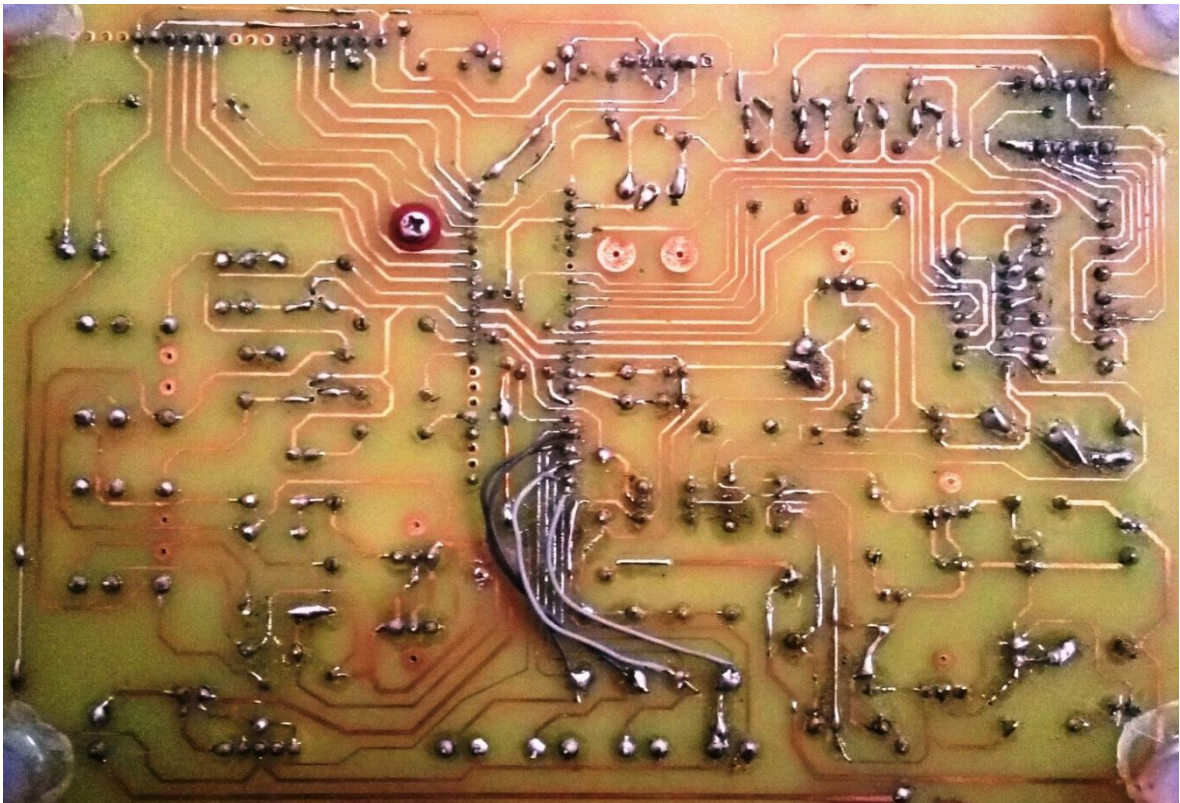


Figure III.21 Carte finalisée (côté pistes).

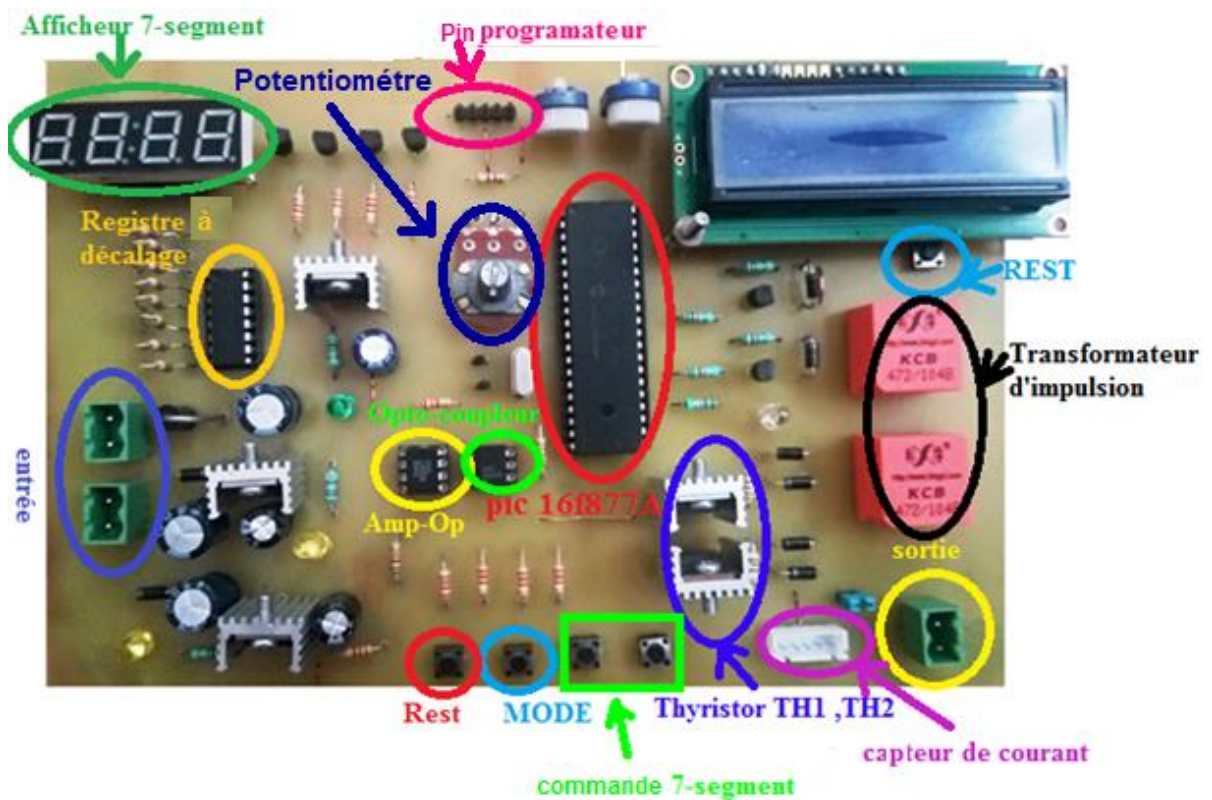


Figure III.22 Carte finalisée (côté composants).

III.6 Les problèmes rencontrés

Lors de la réalisation de notre projet, nous avons rencontré plusieurs problèmes, dont les principaux sont :

- Le choix des composants électroniques nécessaire à la réalisation de notre système nous a aussi causé quelques tracas, surtout en ce qui concerne les résistances et les diodes, les condensateurs. Nos choix se sont basés essentiellement sur la disponibilité du matériel dans le magasin.
- Le moteur AC n'est pas disponible au niveau du magasin.
- Parmi les problèmes rencontrés pendant la réalisation de carte des fissures de piste, et par conséquent nous avons été dans l'obligation de les refaire plusieurs fois. Pour conclure, ces difficultés ont été surmonté, mais nous demandé du temps et quelques inquiétudes. Mais cela nous a permis de nous confronter à la réalité de la pratique.

III.7 Résultat expérimentaux

Dans cette partie, on va représenter les résultats pratiques relevés lors des essais réalisés.

III.7.1 Signal d'entrée avec le signal de synchronisation

La figure III.23 représente le signal d'entrée, qu'un signal sinusoïdal et le signal de synchronisation qu'un signal carré issue de l'amplificateur opérationnel.

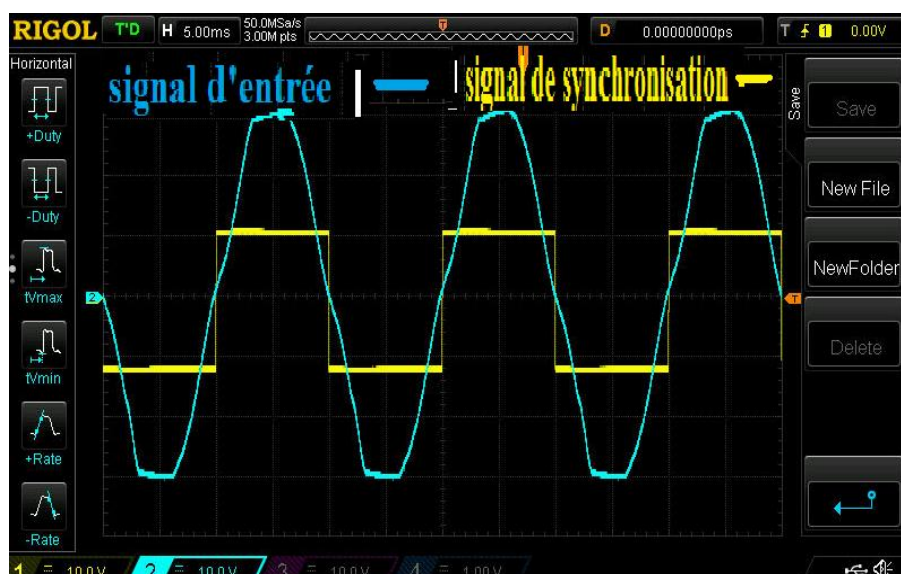


Figure III.23 le signal d'entrée,

III.7.2 Signal de la commande du thyristor T1 et T2 pour le mode bidirectionnel

Cette figure représente le signal de synchronisation et le signal de commande pour le mode bidirectionnel. Dans ce mode, les deux thyristors sont amorcés

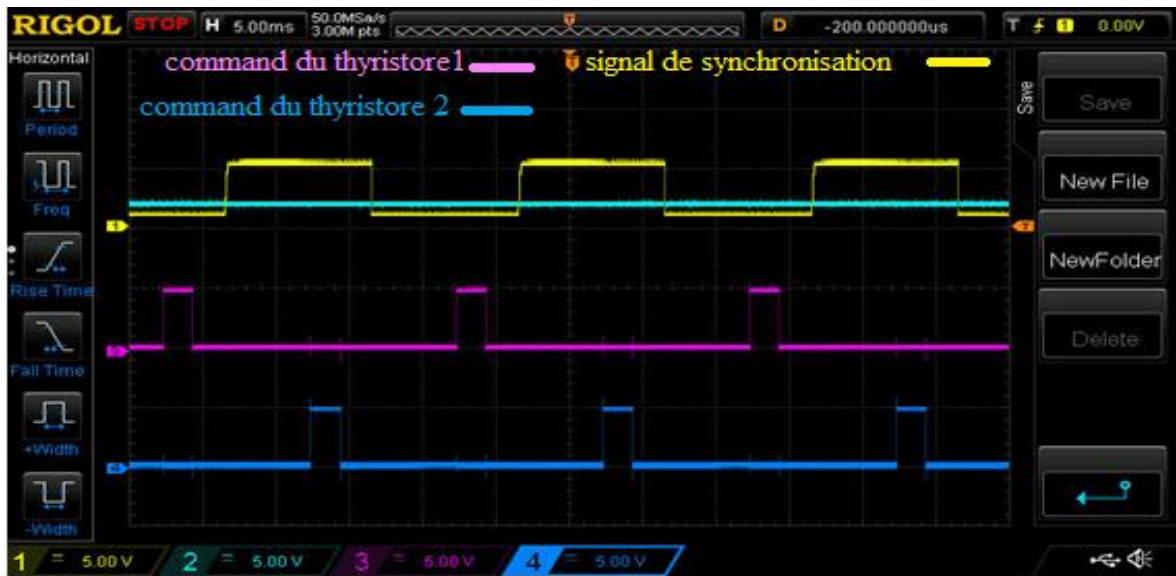


Figure III.24 Signal de commande pour le mode bidirectionnel

III.7.3 signal de la commande du thyristor T1 et T2 pour le mode marche en interrupteur (On-Off)

Cette figure représente le signal de synchronisation et le signal de commande pour le mode marche en interrupteur (On-Off). Dans ce mode, les thyristors sont amorcés pendant un nombre de cycles(n) déterminé par l'utilisateur et bloqué pendant m cycles comme représenté par la figure III.25.

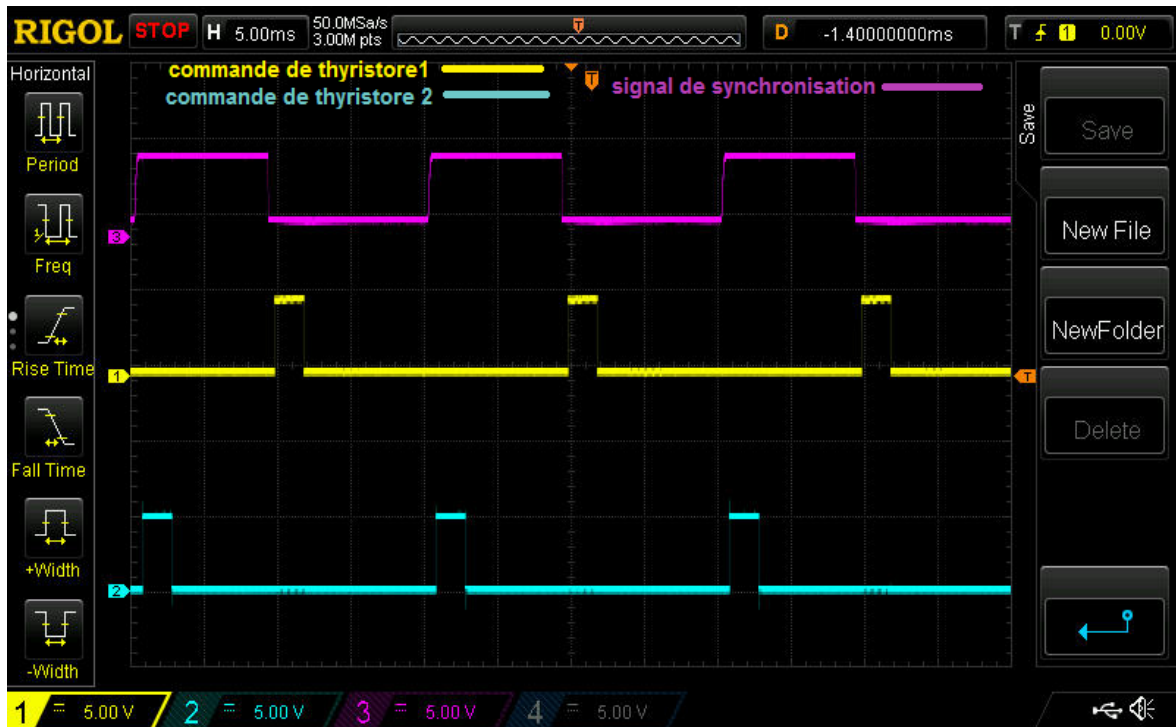


Figure III.25 Signal de commande pour le mode marche en interrupteur (On-Off)

III.7.4 Signal de la sortie pour une charge RL

Les résultats suivants sont relevés pour une charge constituée d'inductances ($L=57\text{ mH}$), en série avec une résistance ($R=51\Omega$), comme montre la figure III.26.

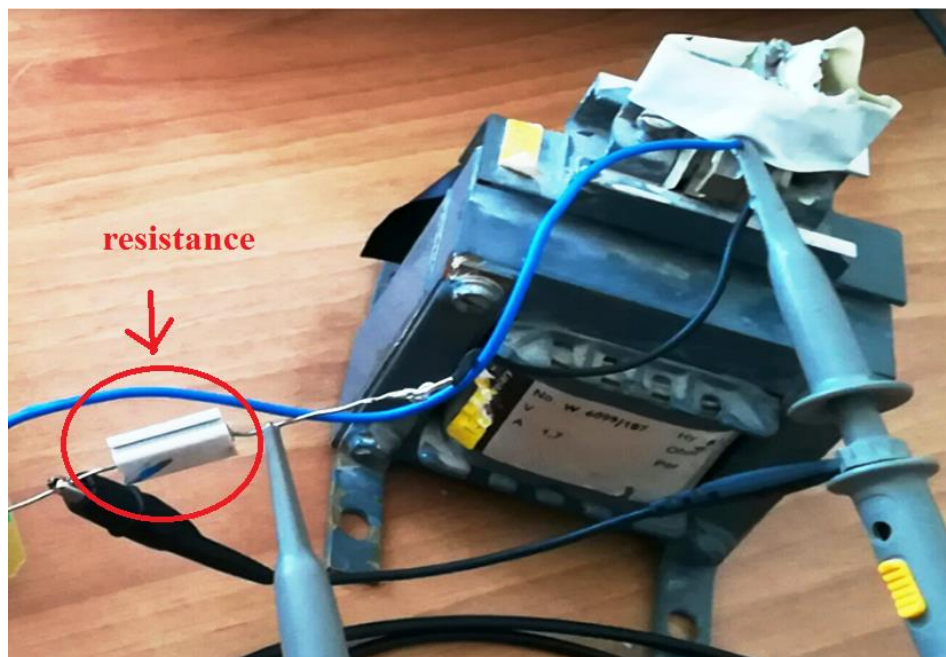


Figure III.26 une inductance en série avec une résistance.

III.7.4.1 Gradateur bidirectionnel monophasé

Les figures III.27 et III.28 représentent notre carte électronique et les allures de la tension et du courant obtenus aux bornes de la charge RL pour le mode bidirectionnel dans le cas où la tension efficace égale 16.1V et 14.8V respectivement

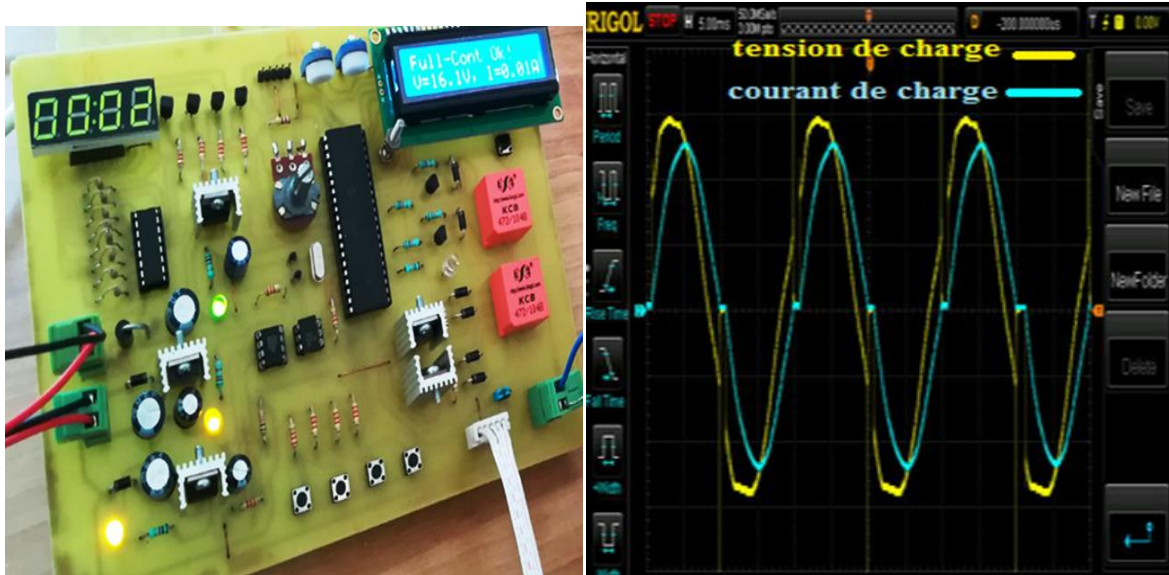


Figure III.27 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($\alpha=30^\circ$, $\alpha=16,66\%$)

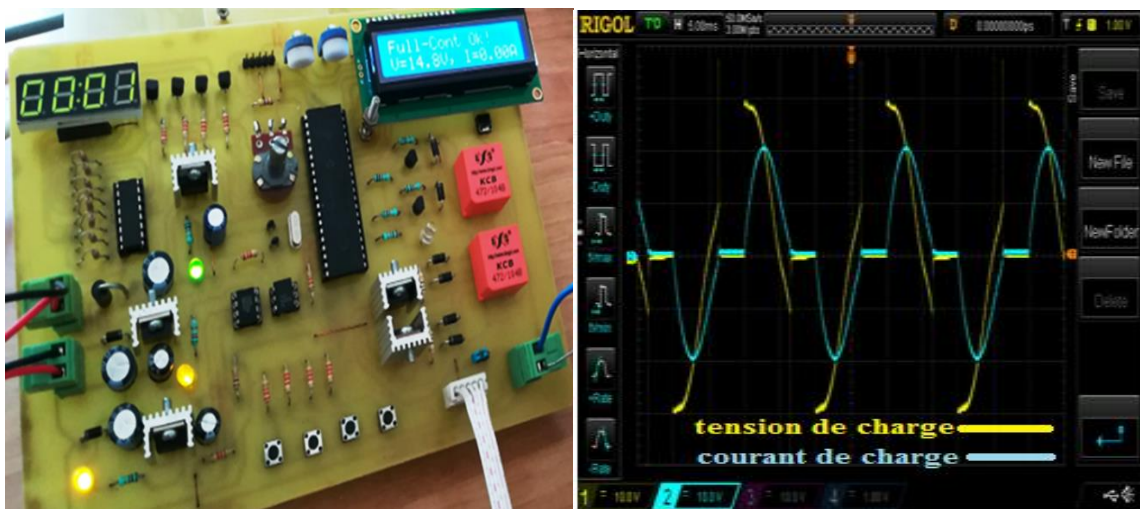


Figure III.28 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($\alpha=80^\circ$, $\alpha=44,44\%$)

III.7.4.2 Gradateur monophasé marche en interrupteur (On-Off)

Les figures III.29 et III.30 représentent notre carte électronique et les allures de la tension et du courant obtenus aux bornes de la charge RL pour le mode On-Off dans le cas où la tension efficace égale 14.4V et 7.2V respectivement

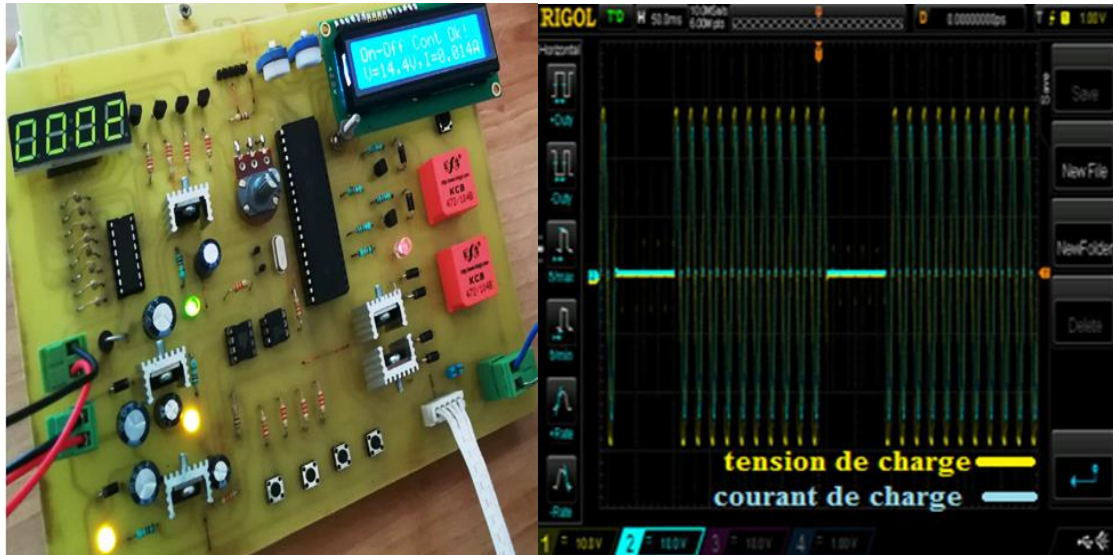


Figure III.29 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($n=11$, $m=5$)

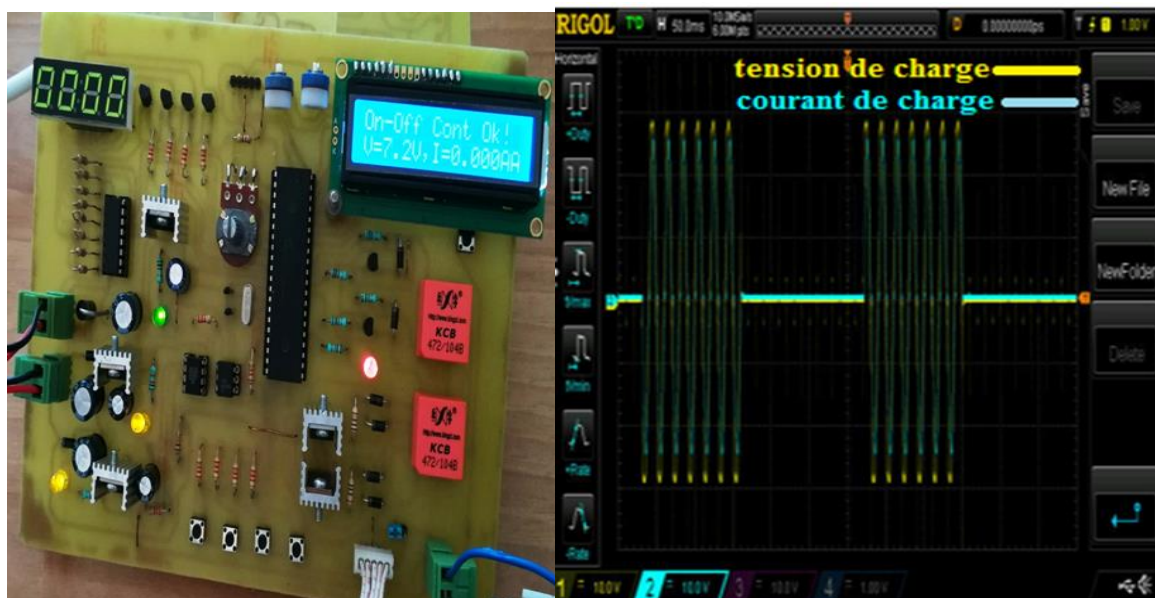


Figure III.30 Représentation de notre carte électronique et l'allure de la tension et du courant ($n=6$, $m=10$)

Remarque :

On constate que les formes d'ondes de tension et du courant sont en concordance à celles obtenus en théorie et par simulation Matlab dans le chapitre I et par simulation Proteus dans le chapitre II.

III.7.5 Moteur DC comme une charge à la sortie

Comme nous avons dit dans la section des problèmes rencontrés, le moteur AC n'est pas disponible au niveau du magasin. Pour ce la on a ajouté un pont redresseur entre la sortie de la carte et le moteur DC qui est utilisé dans ce cas la comme une charge. La figure III.31 visualise la tension entre ses bornes.

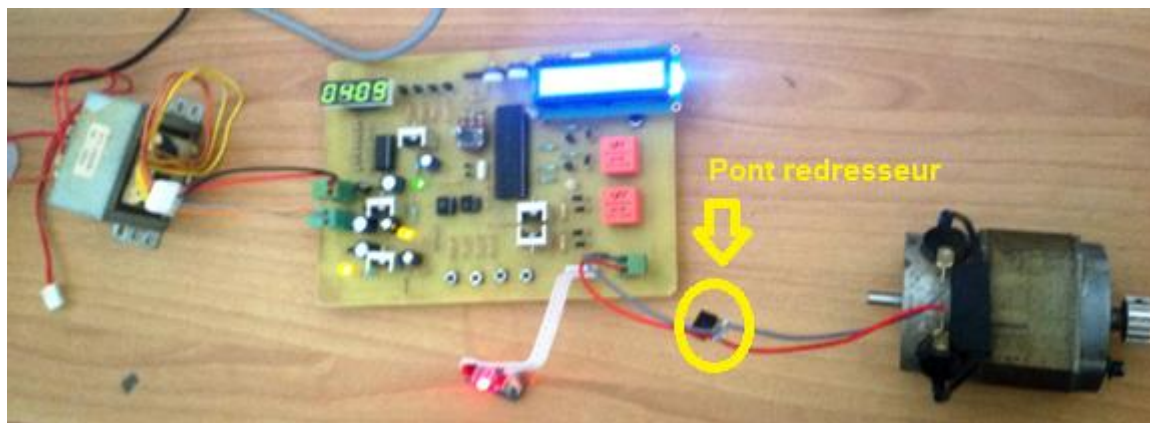


Figure III. 31 L'allure de la tension obtenue aux bornes du moteur DC.

D'après cette figure, on constate que il ya toujours une tension aux bornes de la machine à cause de la force électromotrice existé. Quand on amorce le thyristor, l'énergie se transformera du générateur vers la moteur donc la tension aux bornes du le moteur sera égale à celle de l'entrée. Si la tension de l'entrée est inférieure à la force électromotrice du moteur, cette dernière sera celle qui fournit l'énergie.

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la réalisation matérielle de notre travail. Les étapes de conception sont détaillées et les mesures sur le système réel sont effectuées. Les allures obtenues dans tous les enregistrements confirment bien la bonne concordance entre le signal étudié en théorie et les simulations trouvées dans le chapitre I par le logiciel Matlab et dans le chapitre II par le logiciel Proteus.

Conclusion Générale

Conclusion générale

En conclusion, les travaux présentés dans ce mémoire concernent l'étude et la réalisation pratique d'un gradateur monophasé à base d'un microcontrôleur PIC 16F877A en respectant un cahier de charge imposé.

Ce système nous permet l'amorçage des thyristors d'un gradateur monophasé et ainsi sert comme un générateur d'impulsions synchronisés sur le réseau pour déterminer l'angle de retard en question, par une commande analogique, que ce soit le mode choisi.

- Le premier chapitre est concentré sur la partie théorique, dans la quelle on a présenté un ensemble d'informations théoriques nécessaires pour prendre une vue générale sur ce travail. Ensuite nous avons étudié par simulations matlab les différents montages des gradateurs monophasés dans le but de mettre une référence de comparaison avec les résultats expérimentaux obtenus par le circuit réalisé.
- Dans Le deuxième chapitre on a expliqué qu'ce que le microcontrôleur PIC16F877A en détail. On a présenté aussi un organigramme qui explique le fonctionnement de notre carte. En fin les résultats de simulation par Proteus sont illustrés pour chaque mode étudiés qui sont en forte coordination avec les simulations Matlab.
- Le dernier chapitre est contient la partie de la réalisation pratique de notre carte : la description des quelques composants, les étapes de fabrication de la carte électronique, et la prise des résultats expérimentaux.

A travers toutes les œuvres mentionnées précédemment en plus les tests expérimentaux, nous avons pu obtenir des résultats similaires avec celle de l'étude théorique et par simulation Proteus et Matlab.

En conclusion à titre personnel, ce projet de fin d'étude nous a permis de nous enrichir dans les domaines de l'informatique et de la programmation des microcontrôleur en découvrant des logiciels tels que le logiciel PROTEUS (ISIS et ARES), et le logiciel CCS PIC C. il nous a donné aussi une idée sur la complémentarité entre la théorie et la pratique et nous a permis de nous confronter à la réalité et aux difficultés de la pratique.

Bibliographié

- [1] Électronique de puissance Cours, étude de cas et exercices corrigés 2e édition Luc Lasne
- [2] B. Nicolas, "Contribution à la commande des convertisseurs statiques", Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), Toulouse, 25 Septembre 1996.
- [3] <https://www.technologuepro.com/cours-electronique-puissance-as/chapitre-1-composants-electronique-puissance.html>
- [4] Francis weinachter, "Electronique de puissance", Maitrise EEA Tronc commun université Henri Poincaré, Nancy 1
- [5] Boucha, A. Benayad, A. 'Méthodologies d'analyse des montages redresseurs' Université Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi ,mémoire de master, 2018.
- [6] Brahimi, A. Guezouli, H. 'Etude et réalisation d'une carte de commande à base d'un microcontrôleur PIC 16f877 pour ponts redresseurs triphasés à thyristors', Université de Abou-Bekr Belkaïd Tlemcen, Mémoire de Master, 2014.
- [7] Guy, S. Francis, L. Philippe, D. 'Électronique de puissance structures, commande, applications' (10eme ed). Paris, 2015.
- [8] Chaki. A. Ghouzroum, A. ' Conception et Réalisation des Convertisseurs AC/DC à Base du Microcontrôleur PIC16F877A' Mohamed boudiaf – m'sila, mémoire de master, 2018.
- [9] <http://www.image.app.GOO.GL/27vmyyUc8us2tqaD8>.
- [10] Claude, C ' Électronique de puissance Principes', 2013.
- [11] Muhammad Harunur Rashid, "power electronics, Circuits, Devices and applications", 1988 by prentice-Hall. Inc, New Jersey 07632.
- [12] V.Tourtchine. Microcontrôleur de la famille PIC. Support de cours & Prise en main du logiciel MPLAB-
- [13] Saadi, R. Salhi, N. . : ' Réalisation de carte à microcontrôleur pour le contrôle de bras manipulateur via un pc', mémoire de Master, Université Mohamed Khider, Biskra, 2010.

- [14] « PIC16F87XA Data Sheet », <http://www.microchip.com>.
- [15] <http://www.oumnad.123.fr/Microcontrolleurs/PIC16F877.pdf>
- [16] Dechoucha, S. Bourezg, O. ' Conception des techniques MLI dédiées à la commande des convertisseurs DC/DC et DC/AC à base du microcontrôleur PIC18F4431', Mémoire de Master, Université de M'sila, 2017.
- [17] « Proteus (ISIS et ARES) », <http://www.labcenter.com>.
- [18] Brahim, A. Guezouli, H. 'Etude et réalisation d'une carte de commande à base d'un microcontrôleur PIC 16f877 pour ponts redresseurs triphasés à thyristors', Université de Abou-Bekr Belkaïd Tlemcen, Mémoire de Master, 2014.
- [19] [synthese_afficheur_lcd.pdf](#)
- [20] Smadi ,O. Benyalloul ,M. : ' Utilisation d'une souris pour mesure de distance' , Mémoire de Master, Université de Abou-Bekr Belkaïd Tlemcen, 2015.
- [21] Mahi, K. Guitoun, K. : ' Horloge temps réel avec minuterie' , Mémoire de Master, Université de Abou-Bekr Belkaïd Tlemcen, 2014.
- [22] http://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT595.pdf
- [23] Bellili, W. : ' Conception et Réalisation d'une Installation Photovoltaïque Autonome ' , Mémoire de Master , Université Badji Mokhtar Annaba, 2017
- [24] Allegro datasheet « ACS712 ».

Résumé

Ce travail consiste à effectuer l'étude et la réalisation d'un dispositif de commande à base d'un microcontrôleur PIC 16f877A dédié à la commande de convertisseurs AC/AC (gradateurs) pour la variation de la vitesse des machines à courant alternatif. Cette variation exige la commande des dispositifs de puissance par un signal sous forme d'un train d'impulsions retardé avec un angle par rapport à la tension alternative d'entrée. Dans ce contexte, a pensé d'utiliser le microcontrôleur comme un organe de génération des signaux de commande à partir des signaux d'entrée imposés par l'utilisateur. Cette réalisation possède plusieurs étapes commençant par une étude théorique dans la quelle, on a réuni un ensemble d'information théorique illustrée par une simulation Simulink-Matlab. Pui la simulation par les logiciels MPLAB, CCS PICC et Proteus vers la mise en marche du circuit final. Les comparaisons des résultats expérimentaux par rapport aux résultats théoriques et simulations montrent la bonne concordance.

Mots clés : Réalisation, gradateur, Commande, PIC16F877A.

Abstract

This work consists in carrying out the study and the realization of a control device based on a microcontroller PIC 16f877A dedicated to the control of AC / AC converters for the variation of the machines AC speed. This variation requires the control of the power devices by a signal in the form of a delayed pulse train with an angle to the input AC voltage. In this context, it has been thought to use the microcontroller as a device for generating control signals from input signals imposed by the user. This realization has several stages beginning with a theoretical study in which, we gathered a set of theoretical information illustrated by Simulink-Matlab simulation, then simulation by MPLAB, CCS PICC and Proteus software to start the set up of final circuit. Comparisons, of experimental results with theoretical and simulations ones, show good agreement.

Keywords: Realization, AC voltage control , Control, PIC16F877.

ملخص

هذا العمل هو لأداء دراسة و تطبيق لجهاز تحكم باستخدام المراقب الدقيق (pic 16f877A) مكرسة للتحكم في التيار المتناوب من اجل تغيير سرعة الآلات ذات التيار المتناوب.

هذا التغيير يتطلب التحكم في مركبات الاستطاعة بإشارة على شكل نبضات متأخرة بزاوية مقارنة بالتوتر المتناوب للمدخل وفي هذا السياق، يعتقد أن استخدام المراقب الدقيق كجهاز لتوليد إشارات التحكم ابتداءا من إشارات الإدخال المفروضة بواسطة المستخدم. هذا التطبيق له عدة مراحل يبدأ بدراسة نظرية أين جمعنا مجموعة من المعلومات النظرية و المرفقة بمحاكاة برنامج Matlab-Simulink ثم دراسة مفصلة حول هندسة و خصائص المراقب الدقيق (PIC 16F877A) يشمل أيضا محاكاة باستعمال برنامج PICC CCS MPLAB و PROTEUS.

المرحلة الأخيرة خصصت للإنجاز التطبيقي، شرح الأجزاء الأساسية للمشروع، انجاز البطاقة الالكترونية، المشاكل المعترضة أثناء العمل و اخذ النتائج التجريبية. الاختبارات التجريبية أكدت نتائج مماثلة للدراسة النظرية ونتائج المحاكاة لبرنامج Matlab و PROTEUS.