

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – BEJAIA



Faculté de Technologie

Département de Génie électrique

Projet fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master en électrotechnique

Spécialité : Automatismes Industriels

Thème

Etude et Conception sous Proteus d'un onduleur MLI à base de PIC16F877a

Réalisé par :

- Mr. RENOUE Sofiane
- Mr. DJAYET Lounes

Encadré par :

Mr. FELLA Boualem

2021/2022

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents que rien n'aurait fait sans eux

Toute la famille Renou et Salhi

Tous ceux qui participaient de loin ou de près dans ce projet.

Renou Sofiane

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'encourageaient beaucoup.

Toute personne ayant participé de loin ou de près

Pour la réalisation de ce travail.

Djayet Lounes

REMECIEMENT

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu grâce à lui qu'on est arrivé à réaliser ce projet.

Nous remercions vivement Mr. Fella Boualem, pour l'intérêt qu'il a manifesté à ce travail dont il a bien voulu être le rapporteur. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour sa bienveillante attention.

Nous remercions, Mr. Taib Nabil pour son aide manifesté à ce travail.

Nous remercions nos très chers parents qui nous ont accompagné durant toute notre vie et qui nous ont apporté l'amour et le soutien dont tous les enfants rêveraient d'avoir.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres de nos familles pour leurs encouragements et leur compréhension.

Merci à tout le personnel technique et pédagogique du département d'électronique de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I :

Généralités sur les convertisseurs statiques

I. Interrupteurs de l'électronique de puissance	2
I.1. Introduction.....	2
I.2. La diode	2
I.2.1. Principe de fonctionnement	2
I.2.2. Caractéristiques statiques d'une diode	3
I.3. Le thyristor.....	3
I.3.1 Principe de fonctionnement.....	3
I.3.2. Caractéristiques statiques d'un thyristor	4
I.4. Le thyristor GTO	4
I.4.1. Principe de fonctionnement	5
I.4.2. Caractéristique statiques d'un thyristor GTO.....	5
I.5. Transistor bipolaire	5
I.5.1. Principe de fonctionnement	6
I.5.2 Caractéristiques statiques d'un Transistor bipolaire	6
I.6. Transistor MOSFET	6
I.6.1. Principe de fonctionnement MOSFET	7
I.6.2 Caractéristiques statiques d'un Transistor MOSFET	7
I.7. Transistor IGBT	7
I.7.1. Principe de fonctionnement IGBT	8
I.7.2. Caractéristiques statiques de transistor IGBT	8
I.8. Les convertisseurs statiques.....	8
I.8.1. Les redresseurs	9
I.8.2. Les gradateurs.....	9
I.8.3. Les hacheurs	10
I.8.4. Les onduleurs.....	10
I.9. Convertisseur DC/AC.....	11

Sommaire

I.9.1. Définition	11
I.9.2. Classification des onduleurs.....	11
I.9.3. Genres d'onduleurs	11
I.9.4. Types d'onduleurs de tension	12
I.9.4.1. Onduleur de tension monophasé	12
I.9.4.2. Onduleur de tension triphasé	13
I.10. Domaines d'application.....	14
I.11. Conclusion	14

Chapitre II :

Conception de la commande

II.1. Introduction	15
II.2. Stratégies de commande	15
II.2.1. Onduleur monophasé à commande pleine onde.....	15
II.2.2. Onduleur monophasé à commande décalée.....	16
II.2.3. Onduleur monophasé à commande MLI	17
II.3. Les composants de commande, l'amplification et l'isolation galvanique	18
II.3.1. Buffer	18
II.3.2. Photo-coupleur	19
II.3.3. Driver	19
II.4. Ecran d'affichage LCD 16x2.....	20
II.4.1. Rôle des pins du contrôleur HD44780U	21
II.4.2. L'affichage dans l'écran LCD	21
II.4.2.1. Commande d'afficheur LCD	21
II.4.2.2. L'écriture et la lecture des données	22
II.4.2.3. Interface LCD avec le microcontrôleur	23
II.5. L'alimentation	23
II.6. Conclusion.....	24

Chapitre III :

Microcontrôleur PIC16F877a et simulation PROTEUS

III.1. Introduction	25
III.2. Microcontrôleur	25
III.3. Le microcontrôleur PIC16F877a	26
III.3.1. Structure externe	27
III.3.1.1. PIC16F877a diagramme	27
III.3.1.2. Fonction des pins de PIC16F877a.....	27
III.3.2. Structure interne	30
III.3.3. Les registres utiles	31
III.3.3.1. ADC	31
III.3.3.2. Timer	31
III.3.3.3. PWM	32
III.4. Compilateur et logiciel de simulation Proteus	33
III.4.1. MPLAB HiTech	33
III.4.2. Proteus ISIS	33
III.4.3. L'algorithme de fonctionnement	34
III.4.4. Schéma global de la carte commande et puissance.....	35
III.4.4.1. Bloc alimentation	35
III.4.4.2. Bloc microcontrôleur et buffer	36
III.4.4.3. Bloc d'isolation	37
III.4.4.4. Bloc de pilotage	37
III.4.4.5. Bloc puissance, filtrage et amplification	38
III.4.4.6. Bloc affichage	40
III.4.4.7. Bloc indication	40
III.5. Les difficultés rencontrées	40
III.6. Conclusion	41
Conclusion générale	42

Sommaire

Liste des figures

Chapitre I :

Généralités sur les convertisseurs statiques

Figure I.1: Diode (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale	2
Figure I.2 : Thyristor (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale	3
Figure I.3: Thyristor GTO (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale	4
Figure I.4: Transistor bipolaire (symbole)- caractéristiques v-i idéale.....	6
Figure I.5: Transistor mosfet (symbole)- caractéristiques v-i idéale.....	7
Figure I.6: Transistor IGBT (symbole)- caractéristiques v-i idéale	8
Figure I.7: Schéma équivalent simplifié de l'IGBT	8
Figure I.8: Catégories des convertisseurs de puissance.....	9
Figure I.9: Signale entrée/sortie d'un redresseur	9
Figure I.10: Signale entrée/sortie d'un gradateur.....	10
Figure I.11: Signale entrée/sortie d'un hacheur	10
Figure I.12: Signale entrée/sortie d'un onduleur.....	10
Figure I.13: Onduleur monophasé de tension en pont.....	12
Figure I.14: Allures des grandeurs $V_s(t)$ et $I_s(t)$	13
Figure I.15: Schéma d'un onduleur de tension triphasé	13
Figure I.16: Allures des tensions V_1 , V_2 et V_3	14

Chapitre II :

Conception de la commande

Figure II.1: Circuit puissance à commande simple.....	15
Figure II.2: V_s et I_s de sortie commande simple	15
Figure II.3: Circuit puissance à commande décalée.....	16
Figure II.4: V_s et I_s de sortie commande décalée	16
Figure II.5: Circuit puissance à commande MLI	18
Figure II.6: Circuit commande analogique MLI	18
Figure II.7: Signaux de sortie (V_s , I_s) commande MLI	18
Figure II.8: Buffer CD4503B.....	19
Figure II.9: Photo-coupleur PC817	19
Figure II.10: Driver IR2112	20
Figure II.11: Afficheur LCD	21
Figure II.12: Connexion d'LCD avec MPU	23
Figure II.13 : Schéma synoptique d'alimentation stabilisé	23
Figure II.14 : Montage de l'Alimentation de 5v	24
Figure II.15 : Montage d'Alimentation de 15v	24

Sommaire

Chapitre III :

Microcontrôleur PIC16F877a et simulation PROTEUS

Figure III.1: PIC16F877a	26
Figure III.2: Structure externe PIC16F877a	27
Figure III.3: Structure interne de PIC16F877a.....	30
Figure III.4: Sortie de PWM	32
Figure III.5: MPLAB IDE v8.20.....	33
Figure III.6: Proteus v8.0	33
Figure III.7: L'interface PROTEUS ISIS.....	34
Figure III.8: L'algorithme de fonctionnement	34
Figure III.9: Schéma global	35
Figure III.10: Bloc d'alimentation	35
Figure III.11: Bloc μ contrôleur et buffer	36
Figure III.12: Les signaux de MLI de commande	36
Figure III. 13: Bloc d'isolation	37
Figure III.14: Bloc de pilotage	37
Figure III.15: Signaux de sortie des drivers IR2112	38
Figure III.16: Bloc puissance, filtrage et amplification	38
Figure III.17: Tension de sortie avant l'amplification.....	39
Figure III.18: Tension de sortie après l'amplification.....	39
Figure III.19: Courant avant filtrage	39
Figure III.20: Courant après filtrage	39
Figure III.21: Bloc d'affichage	40
Figure III.22: Bloc indication.....	40

Liste des tableaux

Tableau II.1: configuration des pins de l'écran	21
Tableau II.2: Les instructions du commande	22
Tableau III.1 : Description des pins de PIC16F877a	27

Introduction générale

Au fil des années, dans un monde où les enjeux énergétiques sont devenus une préoccupation majeure, dont l'électronique de puissance est devenue très importante. Son application est diverse et pertinente dans un large éventail de domaines du génie électrique allant de quelques watts à des centaines de mégawatts. À cette époque, l'énergie est devenue l'une des choses les plus importantes de la vie quotidienne humaine. Il est très important d'améliorer les performances des appareils électroniques de puissance, ces derniers peuvent contribuer à l'amélioration des signaux électriques.

Les convertisseurs électriques sont, en principe, des dispositifs basés sur des composants semi-conducteurs et des éléments passifs tels que des résistances, des condensateurs et des inductances. La combinaison de ces composants permet de transformer une forme de signal électrique, tension ou courant, en une autre forme. Cette transformation est aujourd'hui utilisée dans l'activité industrielle. Les onduleurs sont des convertisseurs statiques qui garantissent la conversion DC-AC. Récemment, les convertisseurs de puissance statiques ont été de plus en plus utilisés dans les applications. De nouvelles technologies dites multi-niveaux et de nouvelles topologies de convertisseurs ont été développées, ils permettent de générer plusieurs niveaux de tension en sortie du convertisseur.

Les convertisseurs multiniveaux dans des topologies naturelles ou hybrides sont des options qui ont fait leurs preuves à maintes reprises. Ils peuvent être utilisés pour : convertisseurs de fréquence pour le secteur électromécanique, médical, alimentation de secours, alimentations sans interruption, filtres actifs, applications de soudage ou photovoltaïques. Les onduleurs multi-niveaux sont connus pour une meilleure qualité de puissance grâce à moins d'harmoniques par rapport aux onduleurs conventionnels. D'une part, cette technique nécessite l'utilisation de plus de semi-conducteurs de puissance et des circuits plus complexes.

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude et à la réalisation d'un onduleur à 2 niveaux avec fréquence souhaitée de 50 Hz, commandé par le microcontrôleur PIC16F877a.

Structure du mémoire

Le présent de projet s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré à la description des interrupteurs de l'électronique de puissance en générale, et le convertisseur statique DC/AC, leurs principes de fonctionnement, et les différents types d'onduleur.
- Le deuxième chapitre traitera les techniques de la commande d'un onduleur triphasé.
- Le troisième chapitre abordera des généralités sur le PIC16f877a, sa programmation pour la commande, et la simulation de la carte commande dans Proteus, suivi d'une conclusion générale ainsi que quelques perspectives envisagées pour la poursuite de ce travail.

Chapitre I :

Généralités sur les convertisseurs

I. Interrupteurs de l'électronique de puissance

I.1. Introduction

Les onduleurs assurent la conversion continu-alternatif avec une fréquence variable. Ils permettent, à partir d'un ensemble de composants d'électronique de puissance d'obtenir une tension alternative avec une amplitude et fréquence réglable.

Dans ce premier chapitre, nous exposons un rappel théorique concernant les convertisseurs continu-alternatif. En premier lieu, une brève description des composants de puissance les plus utilisés dans un onduleur. Puis, nous passons à présenter les montages des circuits dédiés aux onduleurs commandés et leurs performances pour des charges résistives et inductives.

I.2. La diode

C'est un semi-conducteur non commandable constitué d'une jonction PN, si la tension qui lui est appliquée est positive, elle ne laisse passer le courant que dans un sens et uniquement de l'anode(A) vers la cathode (K), elle est donc bloquée dans l'autre sens.[1]

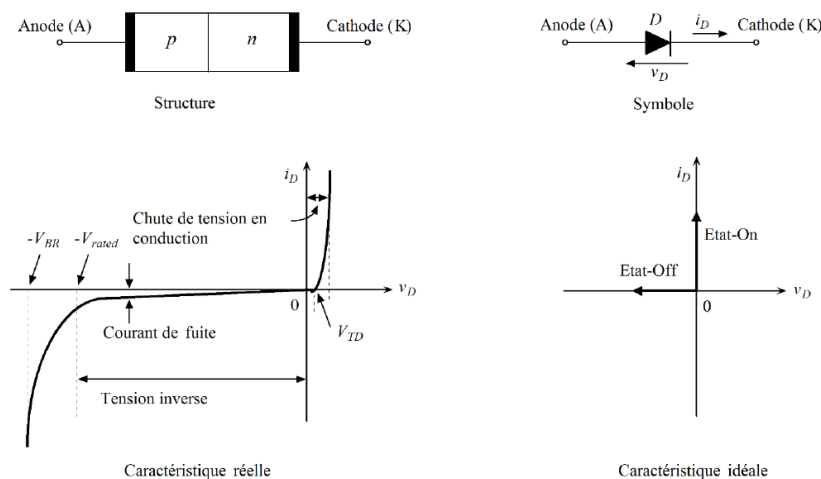


Figure I.1: Diode (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale

I.2.1. Principe de fonctionnement

La diode est un dipôle à semi-conducteur « jonction P-N », qui possède deux régimes de fonctionnement : bloqué et passant. Une diode conduit le courant dans le sens anode (A) - cathode (K), tandis qu'elle est bloquée dans l'autre sens.

La tension pour laquelle le courant commence à augmenter rapidement dans une diode, s'appelle la tension de seuil de la diode. Si la tension sur la diode est supérieure à la tension de seuil, la diode conduit facilement, si elle est inférieure, la diode ne conduit pas.

La tension de seuil d'une diode au silicium est approximativement égale à 0.7 V.

Les diodes sont classées par tension maximale. Il existe une limite de la tension inverse qu'une diode peut supporter avant d'être détruite. C'est la tension de claquage de la diode. Pour beaucoup de diodes, elle est supérieure à 50 V ; elle est indiquée sur les fiches techniques. [2]

I.2.2. Caractéristiques statiques d'une diode

La diode possède les caractéristiques principales suivantes :

➤ À l'état passant

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne.
- Un courant maximum permanent admissible (ordre de grandeur, jusqu'à 140 A RMS pour les composants les plus puissants).

➤ À l'état bloqué

- Une tension maximale admissible qui peut dépasser 5 000 V crête. [3]

I.3. Le thyristor

Le thyristor est un semi-conducteur semi-commandable de structure PNPN, lorsque la tension à ses bornes est positive, il nécessite qu'on applique une impulsion d'amorçage sur sa gâchette pour laisser passer le courant, le blocage sera provoqué par l'application d'une tension négative à ses bornes.[1]

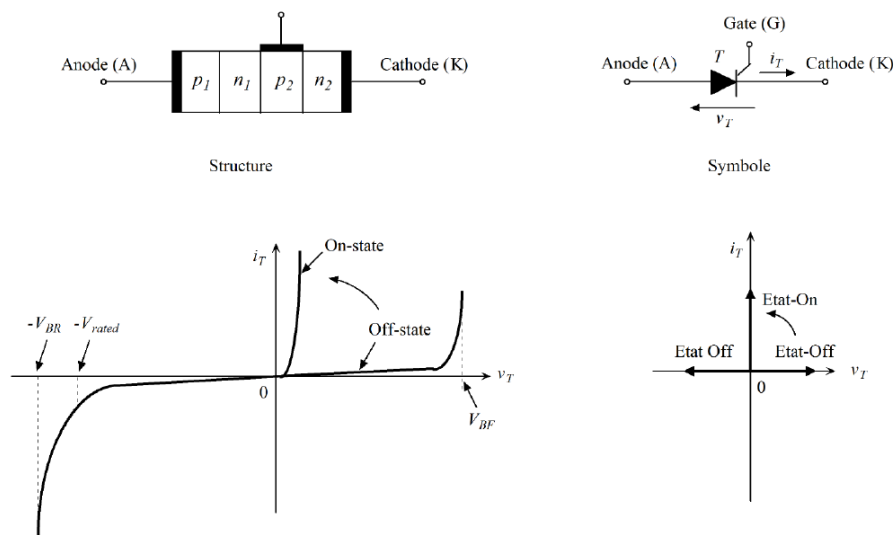


Figure I. 2 :Thyristor (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale

I.3.1 Principe de fonctionnement

➤ Pour amorcer un thyristor

- Que la tension VAK soit positive

- Que le courant I_G soit suffisant et maintenu jusqu'à ce que le courant I_A est dépassé une valeur I_L appelée courant d'accrochage.

➤ **Pour bloquer un thyristor**

- Il faut annuler le courant I_A . Le désamorçage a lieu au moment où I_A devient inférieur à une valeur I_H appelée courant de maintien. [4]

I.3.2. Caractéristiques statiques d'un thyristor

Le thyristor possède les caractéristiques principales suivantes

➤ **À l'état passant :**

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne.
- Un courant maximal permanent admissible (ordre de grandeur, jusqu'à 100 A RMS pour les composants les plus puissants).

➤ **À l'état bloqué :**

- Une tension inverse et directe maximale admissible, (pouvant dépasser 5 000 V crête). En général les tensions directes et inverses sont identiques.
- Un temps de recouvrement qui est le temps minimal pendant lequel une tension anode cathode positive ne peut être appliquée au composant sous peine de le voir se réamorcer spontanément.
- Un courant de gâchette permettant l'allumage du composant. [3]

I.4. Le thyristor GTO

Gate-Turn-On thyristor est un semi-conducteur entièrement commandable, ceci dit contrôlable à l'ouverture et la fermeture.[1]

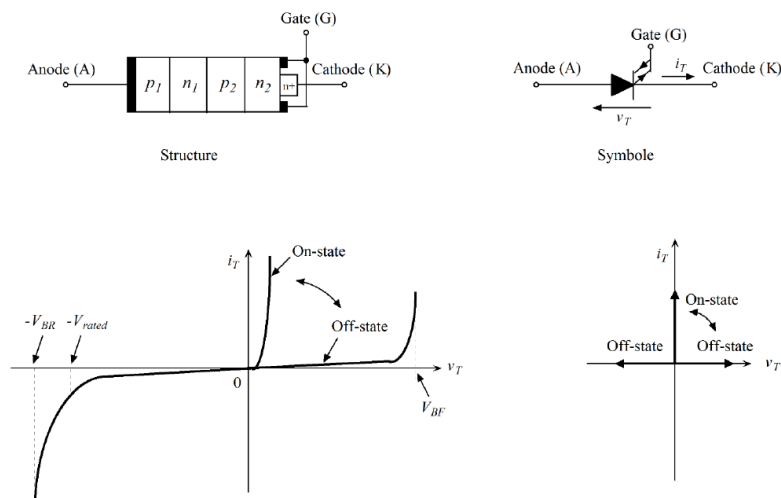


Figure I.3: Thyristor GTO (structure et symbole)- caractéristiques v-i réelle et idéale

I.4.1. Principe de fonctionnement

Le fonctionnement est comparable à celui d'un thyristor, sauf que, grâce à quelques détails de construction interne, la gâchette permet d'amorcer mais aussi de bloquer le GTO.

➤ **Pour amorcer un GTO**

- Le courant de gâchette doit être positif.

➤ **Pour bloquer un GTO**

- On applique une tension négative entre la gâchette et la cathode.[4]

I.4.2. Caractéristique statiques d'un thyristor GTO

Le thyristor GTO possède les caractéristiques principales suivantes :

➤ **À l'état passant**

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne.
- Un courant de maintien destiné à réduire la chute de tension directe.
- Un courant maximal permanent admissible.
- Un courant de blocage pour provoquer l'interruption du courant.

➤ **À l'état bloqué**

- Des tensions inverse et directe maximales admissibles, souvent dissymétriques comme avec les thyristors rapides et pour les mêmes raisons.
- Un temps de recouvrement qui est le temps minimal pendant lequel le courant d'extinction doit être maintenu sous peine de le voir se réamorcer spontanément.
- Un courant de gâchette permettant l'allumage du composant.

Les GTO peuvent fonctionner à des fréquences de quelques kilo Hertz. [3]

I.5. Transistor bipolaire

Le transistor bipolaire utilise une commande en courant. Si on injecte dans le circuit base-émetteur un courant de commande i_B suffisant, le transistor se comporte comme un interrupteur fermé (segment OA). Si on impose à i_B une valeur nulle l'interrupteur est ouvert (segment OB).[5]

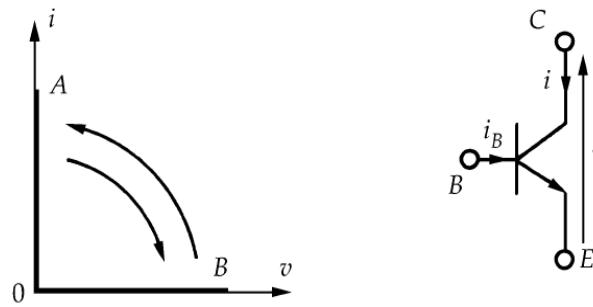


Figure I.4: Transistor bipolaire (symbole)- caractéristiques v-i idéale

I.5.1. Principe de fonctionnement

Le transistor possède deux types de fonctionnement :

- Le mode en commutation (ou non linéaire) est employé en électronique de puissance.
- Le fonctionnement linéaire est plutôt utilisé en amplification de signaux.

Fonctionnement et états du transistor :

- **Transistor bloqué (B)** : état obtenu en annulant le courant I_b de commande, ce qui induit un courant de collecteur nul et une tension V_{ce} non fixée. L'équivalent est un interrupteur ouvert entre le collecteur et l'émetteur.
- **Transistor saturé (S)** : ici, le courant I_b est tel que le transistor impose une tension V_{ce} nulle tandis que le courant I_c atteint une valeur limite dite de saturation, I_{csat} . L'équivalent est un interrupteur fermé. [3]

I.5.2 Caractéristiques statiques d'un Transistor bipolaire

Le passage de l'état saturé à l'état bloqué (ou inversement) ne s'effectue pas instantanément. Ce phénomène doit être systématiquement étudié si les commutations sont fréquentes (fonctionnement en haute fréquence), car il engendre des pertes qui sont souvent prépondérantes.

A la fermeture, un retard de croissance de I_c apparaît à la saturation. Le constructeur indique le temps de retard (delay time) noté T_d et le temps de croissance (rise time) noté T_r . La tension est alors imposée par le circuit extérieur (charge, alimentation) et par l'allure de I_c . [3]

I.6. Transistor MOSFET

Le MOSFET (Metal-Oxide-semiconductor Field Effect Transistor) est contrôlé à la fermeture et à l'ouverture par un signal de tension entre la gâchette (gate) et la source (S).[5]

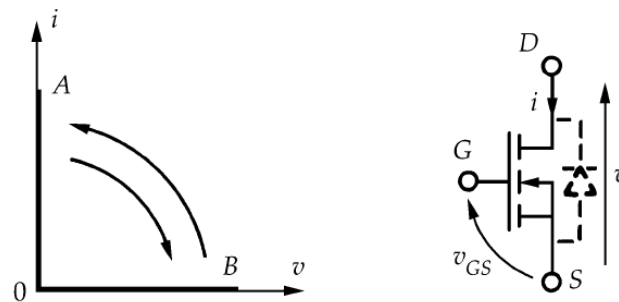


Figure I.5: Transistor MOSFET (symbole)- caractéristiques v-i idéale

I.6.1. Principe de fonctionnement MOSFET

Transistor ouvert (O) : état obtenu en annulant la tension V_{GS} de commande, procurant une impédance drain source très élevée, ce qui annule le courant de drain I_D . La tension V_{DS} est fixée par le circuit extérieur. L'équivalent est un commutateur ouvert.

Transistor saturé (F) : une tension V_{GS} positive rend R_{DS} très faible et permet au courant I_D de croître. L'équivalent est un commutateur fermé. [5]

I.6.2 Caractéristiques statiques d'un Transistor MOSFET

Les MOSFET les plus courants supportent des tensions allant jusqu'à 500 V. On trouve des MOSFET pouvant supporter jusqu'à 1400 V. Le MOSFET n'est intéressant pour les tensions élevées que dans le cas des convertisseurs de faible puissance (< 2 kW) ou lorsque la rapidité est indispensable.

Les interfaces des circuits de puissance à transistors MOSFET sont beaucoup plus simples que pour les transistors bipolaires, car les transistors MOSFET sont commandés en tension (le courant de grille très faible est sans influence). Ils peuvent donc être directement commandés par un simple circuit numérique en logique TTL ou CMOS

Les seuls problèmes qui apparaissent sont liés aux potentiels de source élevés ou flottants. Les solutions adoptées sont les mêmes que pour les transistors bipolaires (opto-coupleurs).[5]

I.7. Transistor IGBT

L'IGBT (Insulated-gate Bipolar Transistor) est commandé par un signal de tension entre la gâchette (gate) et l'émetteur. Une tension V_{GE} négative ou nulle maintient le point de fonctionnement sur la branche OB. En donnant à V_{GE} une valeur positive suffisante, on fait passer ce point sur la branche OA.[5]

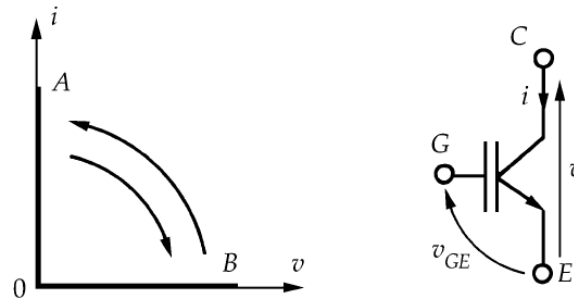


Figure I.6: Transistor IGBT (symbole)- caractéristiques v-i idéale

I.7.1. Principe de fonctionnement IGBT

L'effet thyristor apparaît quand la tension aux bornes de Rp atteint la tension V_{bi} (seuil de la jonction base-émetteur du NPN). Dans ce cas, cette jonction est polarisée en direct et le transistor NPN est conducteur, ce qui entraîne le déclenchement de l'effet thyristor. Dans les IGBTs modernes, cette résistance est rendue suffisamment faible pour que le thyristor ne soit plus déclenché dans le domaine de fonctionnement garanti par le constructeur.[6]

I.7.2. Caractéristiques statiques de transistor IGBT

Les transistors bipolaires et MOSFET sont des composants que l'on pourrait qualifier « un quadrant » : équivalents à un interrupteur, la tension et le courant sont exclusivement positifs. Il faudrait étendre leurs caractéristiques en les associant à d'autres éléments pour en faire des commutateurs réversibles en courant. Grâce à cette adaptation, l'assemblage peut faire circuler des courants inverses au sens « privilégié » du transistor seul. Cette solution est envisageable en plaçant une diode antiparallèle. [6]

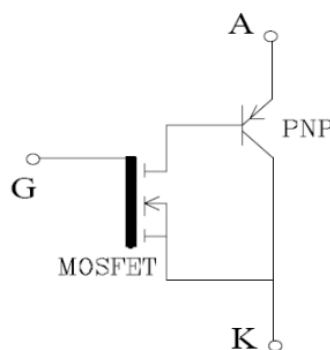


Figure I.7: Schéma équivalent simplifié de l'IGBT

I.8. Les convertisseurs statiques

Les convertisseurs statiques sont des dispositifs à composants électroniques semi-conducteurs capables de modifier la forme et/ou la fréquence d'une onde électrique. Ils sont réalisés à l'aide de circuits électroniques qui permettent la liaison entre deux réseaux électriques parcourus par des courants de natures différentes, cette liaison est obtenue en

reliant entre elles, d'une manière déterminée périodique et unidirectionnelle, les bornes des deux réseaux de façon à obtenir la conversion désirée.

Les convertisseurs directs sont :

- Les redresseurs (AC/DC).
- Les gradateurs, les cyclo-convertisseurs (AC/AC).
- Les hacheurs (DC/DC).
- Les onduleurs autonomes (DC/AC).

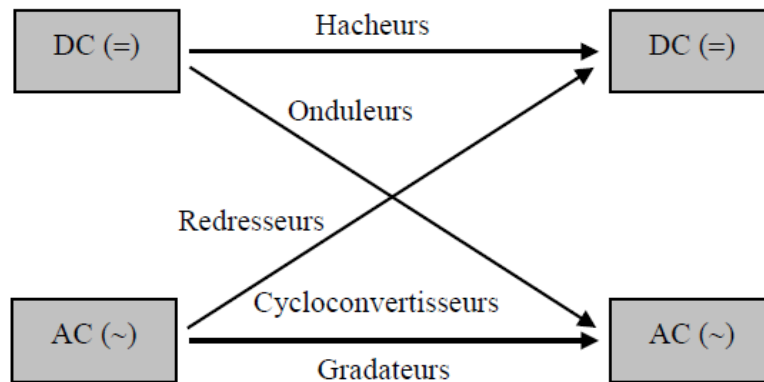


Figure I.8: Catégories des convertisseurs de puissance

I.8.1. Les redresseurs

Ils sont des convertisseurs alternatif-continu (AC/DC), dans le cas des redresseurs non-commandés, ils transforment une tension alternative en une tension continue, s'ils sont commandés la valeur moyenne de la tension devienne réglable.

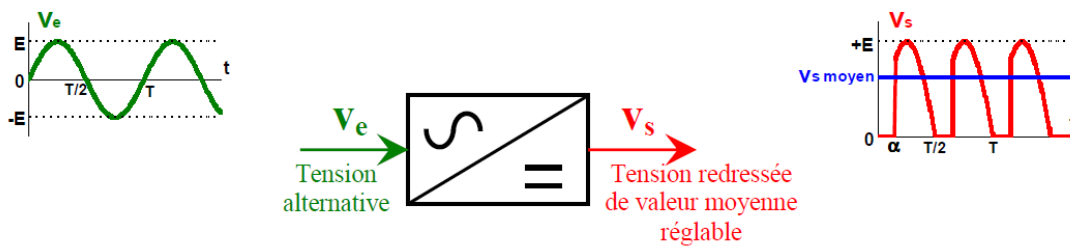


Figure I.9: Signale entrée/sortie d'un redresseur

I.8.2. Les gradateurs

Les gradateurs sont les convertisseurs alternatif-alternatif (AC/AC) servant à commander le débit d'une source alternative dans un récepteur alternatif sans changer de fréquence. Ils permettent d'assurer la liaison constante entre la source et la charge puis de l'interrompre ; c'est la marche en interrupteur. Ils permettent aussi de rendre intermittente cette liaison et, par-là, de régler l'intensité du courant que la source débite dans le récepteur ; c'est le fonctionnement en gradateur. [7]

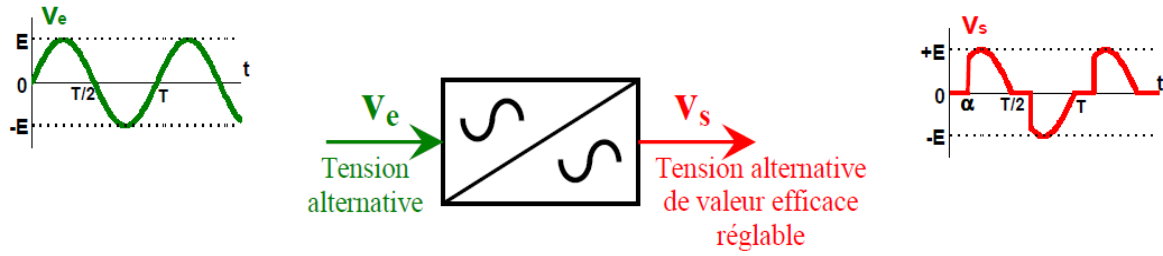


Figure I.10: Signale entrée/sortie d'un gradateur

I.8.3. Les hacheurs

Les hacheurs opèrent une conversion continu-continu (DC/DC). Placés entre un générateur et un récepteur, tous les deux à courant continu, ils permettent de régler la tension appliquée au récepteur ou le courant qui y circule. Ils peuvent être directs ou indirects.

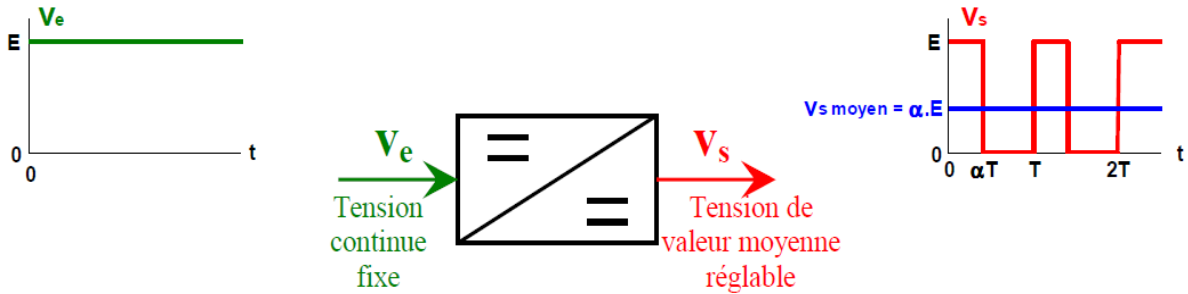


Figure I.11: Signale entrée/sortie d'un hacheur

I.8.4. Les onduleurs

Un onduleur est un convertisseur statique assurant la conversion continu-alternatif (DC/AC). Alimenté par une source continue, il modifie de façon périodique les connexions entre l'entrée et la sortie pour obtenir à la sortie une tension et un courant alternatif, c'est-à-dire de valeur moyenne nulle, ou un système polyphasé de telles grandeurs.

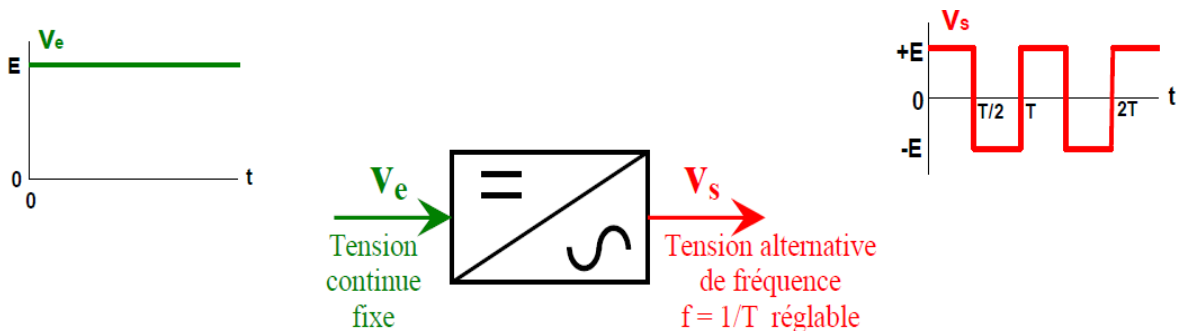


Figure I.12: Signale entrée/sortie d'un onduleur

I.9. Convertisseur DC/AC

I.9.1. Définition

Un onduleur est un convertisseur statique assure la conversion continue – alternative, alimenté en continu, il modifie de façon périodique les connexions entre l'entrée et la sortie et permet d'obtenir l'alternatif à la sortie. L'onduleur est essentiellement utilisé pour fournir une tension ou un courant alternatif afin d'assurer l'alimentation en énergie des charges critiques (micro-ordinateur, station de télécommunication.) pendant la coupure du réseau électrique ou une alimentation permanente pour les systèmes autonomes (centrales photovoltaïques, engins aérospatiaux).

I.9.2. Classification des onduleurs

Une classification peut être faite en distinguant : onduleurs non autonome, onduleur autonome et onduleur à résonance.

- **Onduleur non autonome**

Un onduleur est dit non autonome si l'énergie nécessaire pour la commutation des transistors est fournie par le réseau alternatif qui est donc un réseau actif. C'est le cas du fonctionnement en onduleur des redresseurs. La fréquence et la forme d'onde de la tension sont imposées par le réseau alternatif. [8]

- **Onduleur autonome**

Un onduleur est dit autonome s'il utilise l'énergie d'un circuit auxiliaire propre à lui pour la commutation des interrupteurs dans ce cas nous commandons la fréquence, la forme d'onde de la tension de sortie. On distingue deux types :

- ✓ Les onduleurs de tension sont alimentés par une source de tension continue.
- ✓ Les onduleurs de courant sont alimentés par une source de courant continue. [8]

- **Onduleur à résonance**

Les onduleurs à résonance sont des onduleurs de tension ou de courant à un créneau par alternance fonctionnant dans des conditions particulières. La charge doit être un circuit oscillant peu amorti. On commande les interrupteurs par une fréquence voisine de la fréquence de résonance de la charge. Si celle-ci varie, il faut faire varier la fréquence de commande. L'onduleur doit donc être piloté par la charge, il n'est plus autonome. [8]

I.9.3. Genres d'onduleurs

- **Les Onduleurs (autonomes) de tension**

Un onduleur de tension est un onduleur qui est alimenté par une source de tension continue (source d'impédance interne négligeable), la tension « u » n'est pas affecté par les variations du courant « i » qui la traverse, la source continue impose la tension à l'entrée de l'onduleur et donc à sa sortie. Le courant à la sortie « i » et donc le courant à l'entrée « i » dépendent de la charge placée du côté alternatif. Cette charge peut être quelconque à la seule

condition qu'il ne s'agisse pas d'une autre source de tension (capacité ou f.e.m alternative) directement branchée entre les bornes de sortie.

- **Les onduleurs (autonomes) de courants**

Un onduleur de courant (souvent appelé commutateur de courant) est alimenté par une source de courant continu, c'est -à - dire par une source d'inductance interne si grande que le courant « i » qui la traverse ne peut être affecté par les variations de la tension « u » à ses bornes. [8]

I.9.4. Types d'onduleurs de tension

Généralement on utilise des onduleurs alimentés par une source de tension continue, tout en distinguant 2 types : monophasé et triphasé.

I.9.4.1. Onduleur de tension monophasé

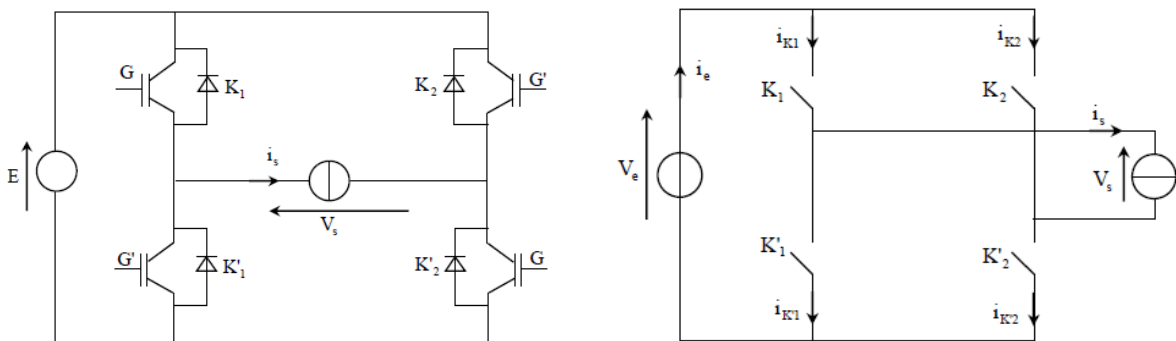


Figure I.13: Onduleur monophasé de tension en pont

Dans le cas de la commande simple (symétrique) des interrupteurs (transistors) respecte l'ordre suivant :

- De 0 à $T/2$: K_1 et K'_2 fermés
 K_2 et K'_1 ouverts
- De $T/2$ à T : K_1 et K'_2 ouverts
 K_2 et K'_1 fermés

La tension varie entre $-E$ et $+E$.

Le courant suit les créneaux de la tension.

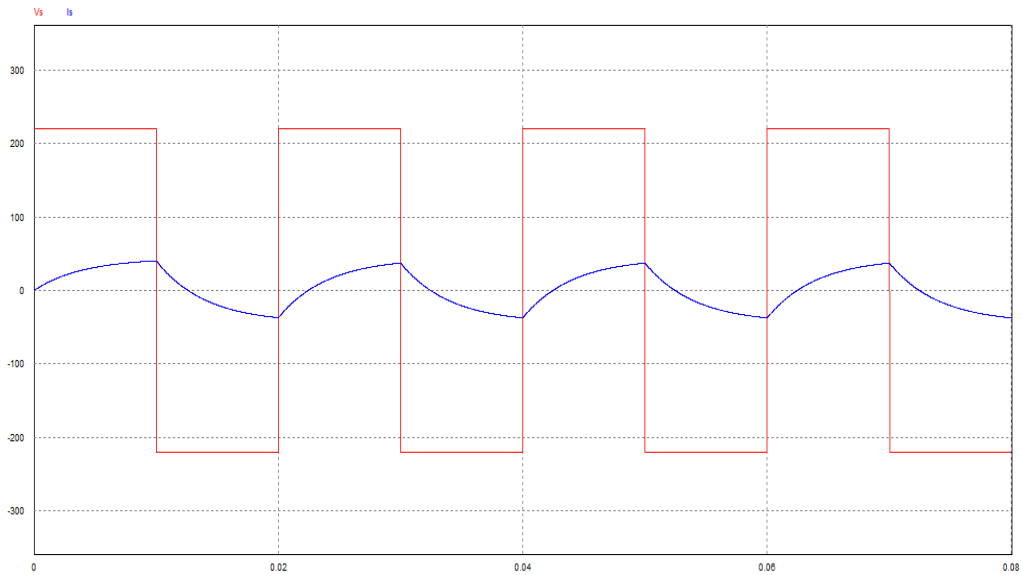


Figure I.14: Allures des grandeurs $V_s(t)$ et $I_s(t)$

I.9.4.2. Onduleur de tension triphasé

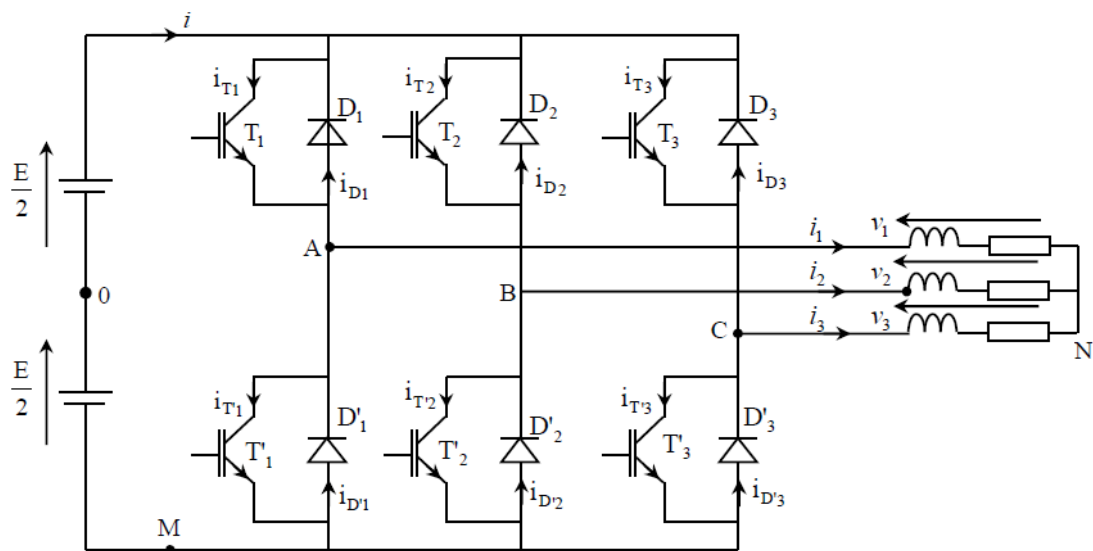


Figure I.15: Schéma d'un onduleur de tension triphasé

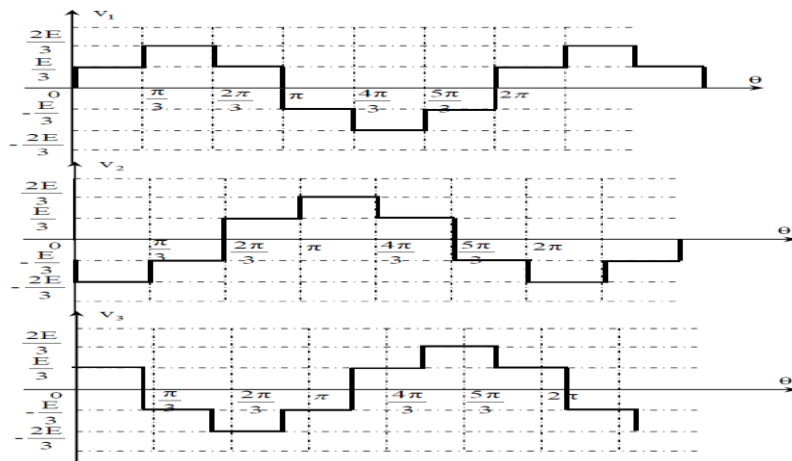


Figure I.16: Allures des tensions V_1 , V_2 et V_3

La commande se fait sur chaque 2 bras qui seront en état de conduction, comme suit :

- T_1, T'_2
- T_1, T'_3
- T_2, T'_3
- T_2, T'_1
- T_3, T'_1
- T_3, T'_2

I.10. Domaines d'application

A. La variation de la vitesse : comme nous l'avons vu dans les cours sur les MAS et machines synchrones, la façon la plus efficace de régler la vitesse de ces machines et d'agir sur la fréquence de leur tension d'alimentation.

B. Transfert d'énergie entre deux réseaux de fréquences différentes

C. Alimentation de sûreté : pour contrarier les microcoupures ou les tensions parasites dans le système informatique.

D. Les alimentations sans interruption (ASI) : Certaines applications sensibles (secteur pétrolier, hôpitaux, serveurs informatiques) ne peuvent supporter la moindre panne d'alimentation. Pour réaliser une alimentation sécurisée on a la même structure que précédemment avec des batteries sur le bus continu ce qui permet de continuer à fournir de l'énergie et donc une tension sinusoïdale le temps qu'un groupe électrogène prenne le relais.

I.11. Conclusion

Ce chapitre donc a donné une vision générale sur les semi-conducteurs et les convertisseurs statiques. Ce qui sera comme une porte pour traverser vers le 2^{ème} chapitre.

Dans ce qui suit, nous allons voir les différentes techniques utilisées pour la commande d'un convertisseur DC/AC.

Chapitre II :

Conception de la commande

II.1. Introduction

Avant procéder à la commande par le PIC16f877a, il faut connaître les différentes stratégies de commande afin de savoir comment donner l'ordre au microcontrôleur pour gérer l'ouverture et la fermeture des interrupteurs.

Ce qui suit dans ce chapitre, les différents techniques pour commander les transistors, en expliquant la technique de la modulation de largeur d'impulsion (MLI), qui permette d'avoir un signal sinusoïdale donc alternatif.

II.2. Stratégies de commande

II.2.1. Onduleur monophasé à commande pleine onde

Dans la commande symétrique seulement 2 bras conduits dans une demi période, ce qui est expliqué ci-dessous :

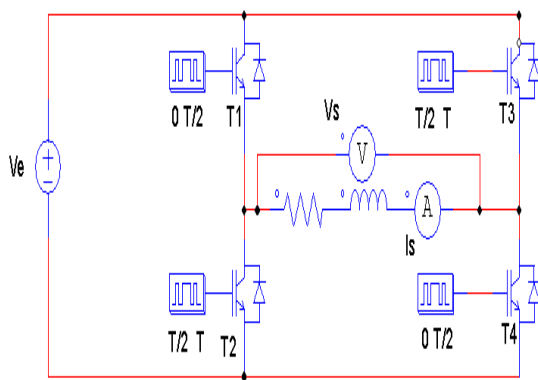


Figure II.1: Circuit puissance à commande simple

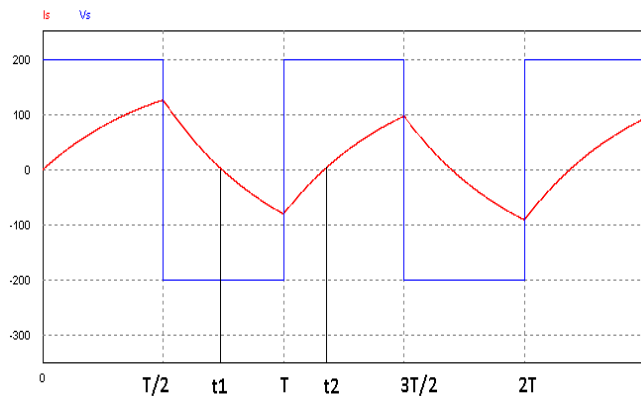


Figure II.2: Vs et Is de sortie commande simple

- Analyse pour $0 \leq t < T$:
 - de **0 à T/2** : T₁ et T₄ sont commandés.
 - $V_s = +E$ donc I_s est positif.
 - Les diodes D₁ et D₄ sont bloquées
 - de **T/2 à t₁** : T₂ et T₃ sont commandés.
 - $V_s = -E$ donc I_s diminue mais reste encore positif.
 - Le courant passe par les diodes D₂ et D₃.
 - C'est la **phase de récupération** (l'énergie est renvoyée vers la source).

- de t_1 à T : T_2 et T_3 sont toujours commandés.

- Le courant I_s est devenu négatif.
- Les transistors T_2 et T_3 sont conducteurs.
- C'est la **phase d'alimentation** (l'énergie est fournie par la source).

- de T à t_2 : T_1 et T_4 sont commandés.

- $V_s = E$ donc I_s augmente mais reste encore négatif.
- Le courant passe par les diodes D_1 et D_4 .
- C'est la **phase de récupération** (l'énergie est renvoyée vers la source).

II.2.2. Onduleur monophasé à commande décalée

La commande décalée est identique à la commande symétrique, la seule différence c'est que l'amorçage des transistors contient un décalage d'angle α comme il est indiqué ci-dessous :

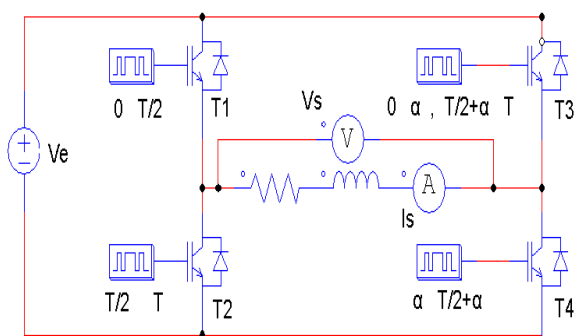


Figure II.3: Circuit puissance à commande décalée

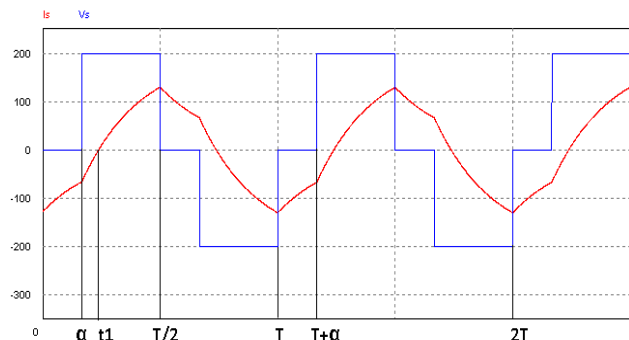


Figure II.4: V_s et I_s de sortie commande décalée

- Analyse pour $0 \leq t < T$:

- de 0 à α : T_2 et T_4 sont commandés

- $V_s = 0$ donc I_s tend vers 0 mais reste encore négatif
- Le courant passe par T_2 et D_4
- C'est la **phase de roue libre** (l'énergie est dissipée dans la résistance).

- de α à t_1 : T_1 et T_4 sont commandés

- $V_s = +E$ donc I_s augmente mais reste encore négatif.
- Le courant passe donc par les diodes D_1 et D_4
- C'est la phase de récupération (l'énergie est renvoyée vers la source).

- de t_1 à $T/2$: T_1 et T_4 restent commandés

- Le courant I_s est devenu positif.
- Les transistors T_1 et T_4 sont conducteurs.
- C'est la phase d'alimentation (l'énergie est fournie par la source).

- de $T/2$ à $T/2 + \alpha$: T_1 et T_3 sont commandés,

- $V_s = 0$ donc I_s tend vers 0 mais reste encore positif.
- Le courant passe donc par T_1 et D_3
- C'est la **phase de roue libre** (l'énergie est dissipée dans la résistance).

- de $T/2 + \alpha$ à $T/2 + \alpha + t_1$: T_2 et T_3 sont commandés

- Le courant I_s reste toujours positive.
- Les transistors D_2 et D_3 sont conducteurs.
- C'est la **phase de récupération** (l'énergie est renvoyée vers la source).

- de $T/2 + \alpha$ à T : T_2 et T_3 sont commandés

- Le courant I_s est devenu négatif.
- Les transistors T_2 et T_3 sont conducteurs.
- C'est la **phase d'alimentation** (l'énergie est fournie par la source).

II.2.3. Onduleur monophasé à commande MLI

La commande MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) est réalisée par la comparaison d'une onde sinusoïdale de basse fréquence avec une onde porteuse triangulaire de haute fréquence, pour un onduleur monophasé à 4 IGBT en pont H, on aurait besoin de 2 ondes sinusoïdales décalées chacun à l'autre par 180 degré pour chaque bras du pont.

Les instants de commutation sont déterminés par les points d'intersections entre la porteuse et l'onde sinusoïdale, la fréquence de commutation des interrupteurs est fixée par la porteuse. Puisque à la sortie de l'onduleur, la tension n'est pas purement sinusoïdale, donc elle comporte des harmoniques, ce qui engendre des pertes supplémentaires.

Cette technique de commande sert à remédier ces problèmes tout en profitant d'avantage de variation de fréquence de la tension de sortie et l'élimination de certaines harmoniques de tension. [14]

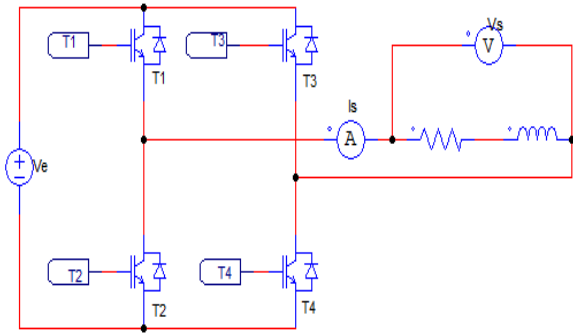


Figure II.5: Circuit puissance à commande MLI

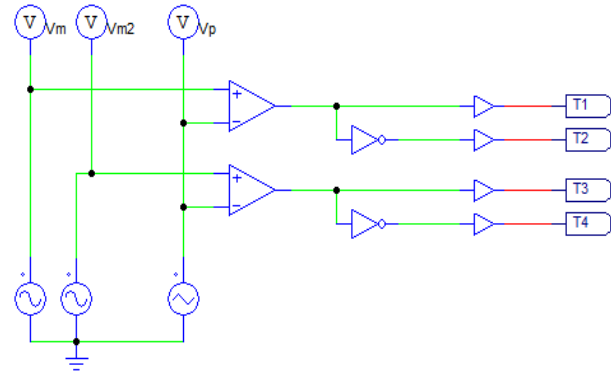


Figure II.6: Circuit commande analogique MLI

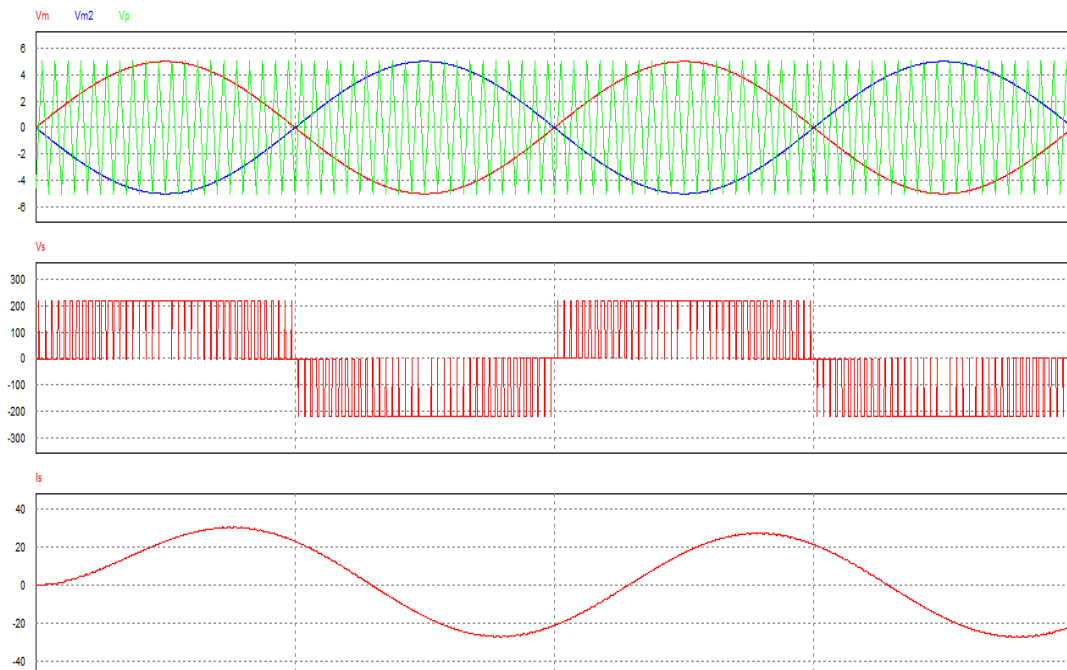


Figure II.7: Signaux de sortie (V_s , I_s) commande MLI

II.3. Les composants de commande, l'amplification et l'isolation galvanique

II.3.1. Buffer

Le rôle principale d'un buffer c'est de récupérer le signale numérique venu de microcontrôleur et le transformer à un signal analogique. Dans notre projet on a utilisé le buffer CD4503B.

CD4503B est un convertisseur CMOS/TTL hexadécimal non inverseur avec des sorties à 3 états ayant un niveau de dissipation et capacité de source de courant. Deux commandes de désactivation sont fournies, dont l'une commande quatre buffers et l'autre

contrôle les deux buffers restants. Ce buffer a le pouvoir d'adapter le signal dans son entrée comme il convient au niveau suivant de circuit en manipulant la forme électrique.[9]

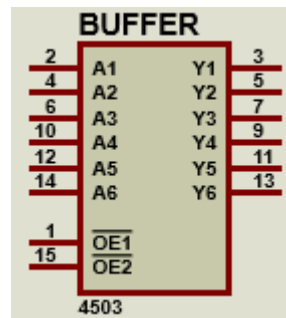


Figure II.8: Buffer CD4503B

II.3.2. Photo-coupleur

C'est un élément important pour la sécurité de circuit puissance et commande, dont il offre une isolation optique entre les 2 parties. On a utilisé l'opto-coupleur PC817 inverseur.

La série PC817X contient un IRED à couplage optique à un phototransistor. Il est conditionné dans un DIP 4 broches, disponible en large fil option d'espacement et option de forme de plomb papillon SMT. La tension d'isolation d'entrée-sortie (RMS) est de 5,0 kV. La tension collecteur-émetteur est de 80V (*) et le CTR est de 50% à 600 % à un courant d'entrée de 5 mA.[10]

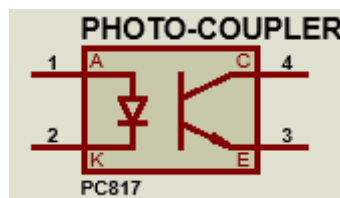


Figure II.9: Photo-coupleur PC817

II.3.3. Driver

Il est utilisé pour le pilotage des transistors, l'avantage c'est qu'il garantit la sécurité de la partie commande et puissance à la fois, en générant un temps mort lors de changement de conduction des transistors, afin d'assurer que dans chaque bras d'onduleur un seul transistor peut conduire et éviter les courts circuits. Le driver contient aussi un circuit intégré qui a la possibilité aussi d'absorber le courant flottant dans la gâchette des transistors et l'injecter à la masse. La partie haute nécessite de récupérer la tension entre la gâchette et la source VGS pour donner l'impulsion de commande qu'il faut, ceci sera fait par un circuit s'appelle le '**Bootstraps**'. Il existe nombreux de driver parmi on trouve IR2112. [14]

L'IR2112(S) est une alimentation haute tension et haute vitesse pilote MOSFET et IGBT avec haut et bas indépendants canaux de sortie référencés côté bas. HVIC propriétaire

et les technologies CMOS résistantes au verrouillage permettent une construction monolithique robuste.

Les entrées logiques sont compatibles avec les sorties standard CMOS ou LSTTL, jusqu'à 3,3 V logique. Les pilotes de sortie disposent d'un étage tampon à courant d'impulsion élevé conçu pour une conduction croisée minimale du pilote. Les retards de propagation sont adaptés pour simplifier l'utilisation dans les applications à haute fréquence.

Le canal flottant peut être utilisé pour piloter un MOSFET de puissance à canal N ou un IGBT dans la configuration côté haut qui fonctionne jusqu'à 600 volts.[11]

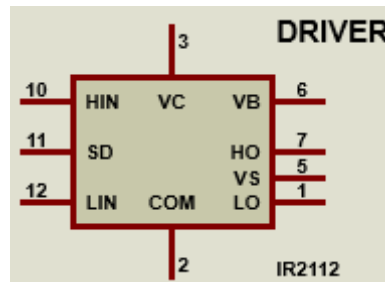


Figure II.10: Driver IR2112

II.4. Ecran d'affichage LCD 16x2

Les écrans à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display) en particulier une interface visuelle entre un système (projet) et l'homme (utilisateur). Son rôle est de transmettre les informations utiles d'un système à un utilisateur. Il affichera donc des données susceptibles d'être exploiter par l'utilisateur d'un système. En effet, il nous permet dans notre projet d'afficher la tension et la fréquence de sortie.

Le contrôleur d'affichage à cristaux liquides à matrice de points HD44780U et le pilote LSI affichent des alphanumériques, caractères kana japonais et symboles. Il peut être configuré pour piloter un écran à cristaux liquides à matrice de points sous le contrôle d'un microprocesseur 4 ou 8 bits. Étant donné que toutes les fonctions telles que la RAM d'affichage, le caractère un générateur et un pilote à cristaux liquides, nécessaires pour piloter un affichage à cristaux liquides à matrice de points sont internes fourni sur une seule puce, un système minimal peut être interfacé avec ce contrôleur/pilote. Un seul HD44780U peut afficher jusqu'à une ligne de 8 caractères ou deux lignes de 8 caractères.

Le HD44780U a une compatibilité de fonction de broche avec le HD44780S qui permet à l'utilisateur de remplacer facilement un LCD-II avec un HD44780U. La ROM du générateur de caractères HD44780U est étendue pour générer 208 5 × 8 polices de caractères à points et 32 polices de caractères 5 × 10 points pour un total de 240 polices de caractères différentes.

La faible alimentation (2,7 V à 5,5 V) du HD44780U convient à tout produit portable alimenté par batterie nécessitant une faible dissipation de puissance.[12]

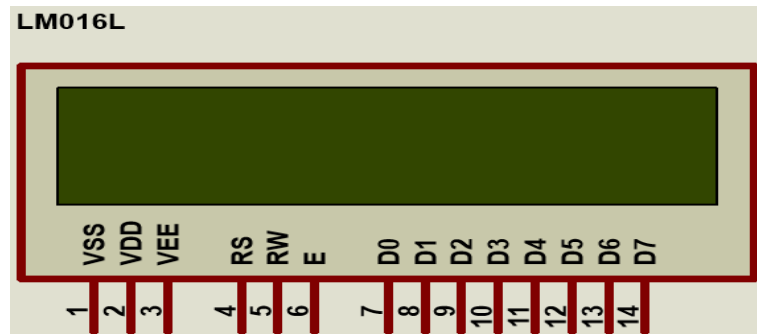


Figure II.11: Afficheur LCD

II.4.1. Rôle des pins du contrôleur HD44780U

Tableau II. 1: configuration des pins de l'écran[12]

Signale	No. De pin	I/O	Fonctionnement
R/S	4	I	Sélection des registres. 0 : Registre d'instructions (pour écriture) Indicateur d'occupation compteur d'adresses (pour lecture) 1 : Registre de données (pour écriture et lecture)
R/W	6	I	Sélection de lecture ou écriture. 0 : Écrire 1 : Lire
E	8	I	Démarre la lecture/écriture des données.
DB4 to DB7	11-14	I/O	Quatre bus de données à trois états bidirectionnels d'ordre supérieur épingles. Utilisé pour le transfert et la réception de données entre le MPU et le HD44780U. DB7 peut être utilisé comme un drapeau occupé.
DB0 to DB3	7-10	I/O	Quatre broches de bus de données à trois états bidirectionnels d'ordre inférieur. Utilisé pour le transfert et la réception de données entre le MPU et le HD44780U. Ces broches ne sont pas utilisées pendant le fonctionnement 4 bits
VEE	3	-	Ajustement de contraste
GND,VDD	1-2	-	VDD : 2,7 V à 5,5 V, GND : 0 V

II.4.2. L'affichage dans l'écran LCD

II.4.2.1. Commande d'afficheur LCD

Il existe des instructions de commandes prédéfinies dans l'écran LCD, que nous devons envoyer à l'écran LCD via un microcontrôleur. Certaines instructions de commande importantes sont données ci-dessous :

Tableau II.2: Les instruction du commande[12]

Code hexadécimal	Commande au registre d'instructions LCD
0F	LCD allumé, curseur allumé
01	Réinitialisation d'écran d'affichage
02	Retourner vers le début
04	Décrémenter le curseur (déplacer le curseur vers la gauche)
06	Incrémenter le curseur (déplacer le curseur vers la droite)
05	Décaler l'affichage vers la droite
07	Décaler l'affichage vers la gauche
0E	Affichage ON, curseur clignotant
80	Forcer le curseur au début de la première ligne
C0	Forcer le curseur au début de la deuxième ligne
38	2 lignes et matrice 5×7
83	Curseur ligne 1 position 3
3C	Activer la deuxième ligne
08	Affichage OFF, curseur OFF

II.4.2.2. L'écriture et la lecture des données

L'envoi et la réception des données se fait à partir de la configuration des pins de contrôle :

RS=0, R/W=0 pour l'envoi de données d'instructions.

RS=1, R/W=0 pour la lecture et l'affichage de données.

II.4.2.3. Interface LCD avec le microcontrôleur

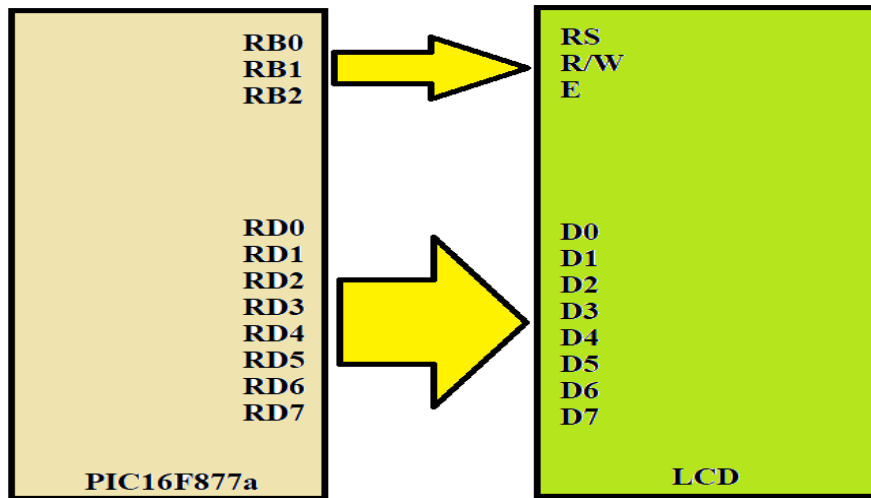


Figure II.12: Connexion d'LCD avec MPU

II.5. L'alimentation

Tout appareil électrique ou électronique a besoin d'une alimentation qui délivre une ou plusieurs tensions continues. En effet on a utilisé une alimentation continue pour fournir la tension et le courant nécessaire au fonctionnement du circuit électronique.

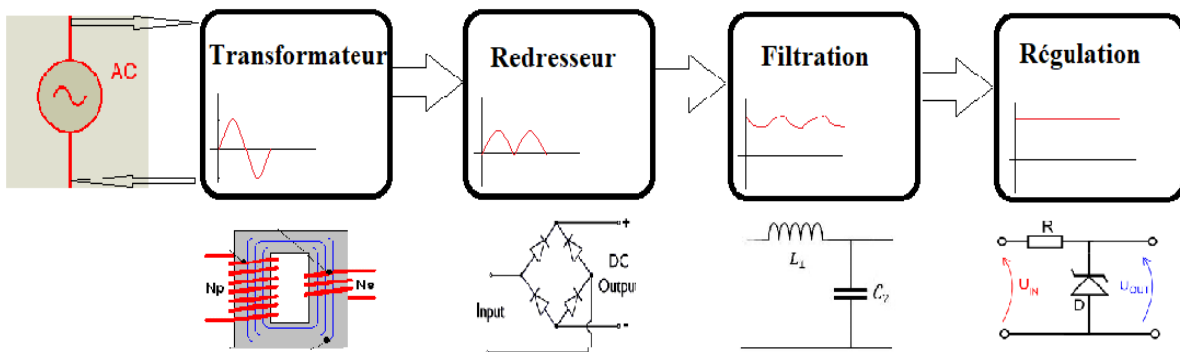


Figure II.13 : Schéma synoptique d'alimentation stabilisé

Pour assurer une très bonne alimentation pour le circuit électronique, en première étape il faut connecter le générateur de tension alternatif au transformateur qui abaissera la tension d'entrée (Figure II.14). Ensuite, il faut raccorder le secondaire du transformateur aux bornes indiquées "AC" du pont de diode.

Un pont de diode se câble toujours en diagonales et de ce fait les bornes associées sont en diagonales (Figure II.13). Ce câblage va permettre de redresser le courant pour que ces cycles soient uniquement positifs (Figure II.13). Enfin, il faut connecter un condensateur afin de réduire l'amplitude entre la tension basse et la tension haute du cycle pour lisser au

maximum la courbe et rendre le courant le plus semblable possible à un courant continu, Où on a utilisé un régulateur de tension de sortie positive (7805) pour avoir +5v.

La tension continue positive de 5v récupéré par un transformateur abaisseur de (220v/5v) est utilisé pour alimenter le microcontrôle et l'écran d'affichage LCD.

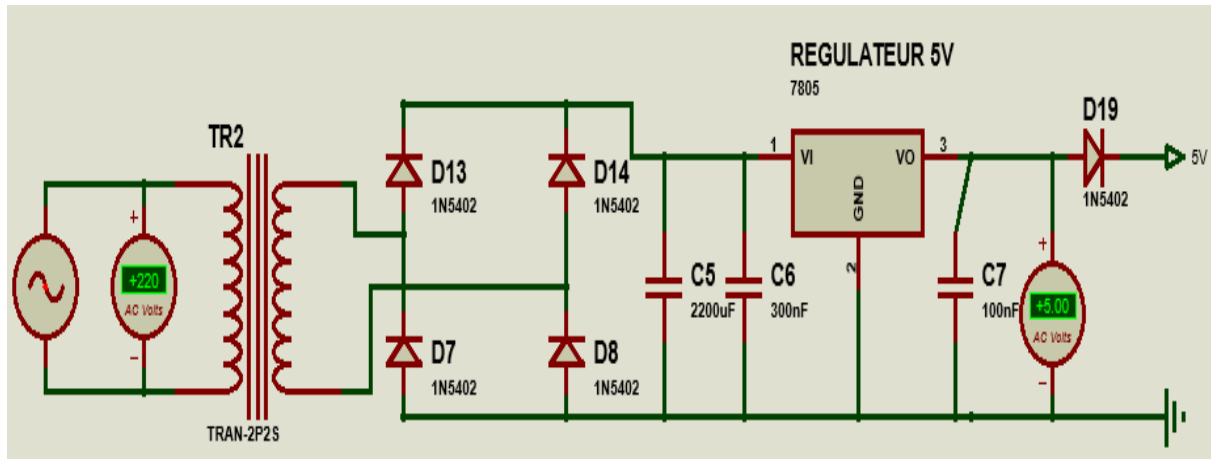


Figure II.14 : Montage de l'Alimentation de 5v

Une tension continue positive de 15v récupéré par un transformateur abaisseur de (220v/15v) utilisé pour alimenter les composants suivant : photo-coupleur , buffer , driver.

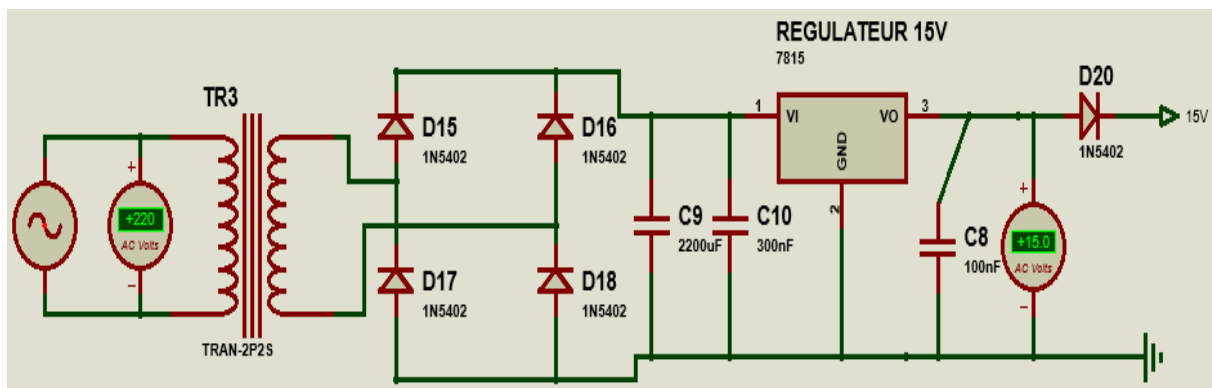


Figure II.15 : Montage d'Alimentation de 15v

II.6. Conclusion

Nous avons bien détaillé dans ce chapitre le concept de la commande, commençant par les stratégies de commande des onduleurs monophasé, passant par les circuit d'amplifications et d'isolation, en terminant par la réalisation des alimentations pour les différents composants.

Dans ce qui suit, nous allons traiter le microcontrôle PIC16877a ainsi que les logiciels utilisée pour la programmation et la simulation.

Chapitre III :
Microcontrôleur
PIC16F877a et
simulation Proteus

III.1. Introduction

Prochainement, nous allons décrire le PIC16F877a le microcontrôleur qui va piloter les transistors de notre pont onduleur, puis nous allons présenter le compilateur MPLAB HiTech PICC et le logiciel de simulation PROTEUS-ISIS ainsi que le schéma global élaboré.

III.2. Microcontrôleur

Un microcontrôleur est un circuit intégré, conçu pour contrôler une opération particulière. Il se compose d'un processeur, une mémoire et des périphériques d'entrée et de sortie. Les microcontrôleurs sont utilisés dans des différents domaines, y compris les véhicules, les robots, les machines industrielles, les ordinateurs, les mobiles,...etc.

Soit que ce soit dans l'électronique ou l'automatisation industriel, l'avantage de ce circuit intégré c'est qu'il permet de diminuer la taille du système électronique dont il est implanté, et puis l'économie de la consommation électrique ce qui est bénéfique sur tout pour les systèmes embarqués, sans oublié la réduction des couts de frais de fabrication ce qui rend le microcontrôleur robuste et économique.

Il existe plusieurs fabricant et type de microcontrôleur, parmi on trouve le PIC la fameuse famille conçue par MICROCHIP Corp.

Les PICs sont des composants RISC (Reduce Instructions Construction Set), ou encore composant à jeu d'instructions réduit. L'avantage est que plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne. La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles : La famille BaseLine, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits, la famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie la 16F84 et 16F876), et la famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits (18FXXX). 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.[13]

III.3. Le microcontrôleur PIC16F877a

Le microcontrôleur PIC16f877a est l'un des microcontrôleurs les plus fameux de l'industrie. Il est très pratique, et puis sa programmation est également plus simple. L'un des principaux avantages est qu'il peut être effacé en écriture autant de fois que possible car il utilise la technologie de mémoire FLASH. Il a un nombre total de 40 broches et il y a 33 broches pour l'entrée et la sortie. Le PIC16F877A a de nombreuses applications dans les circuits électroniques numériques.

Une EEPROM y est également présente, ce qui permet de stocker certaines informations de manière permanente, telles que les codes d'émetteur et les fréquences de récepteur, ainsi que d'autres données connexes. Le coût de ce contrôleur est faible et sa prise en main est également aisée. Il est flexible et peut être utilisé dans des domaines où les microcontrôleurs n'ont jamais été utilisés auparavant, comme dans les applications de microprocesseur et les fonctions de minuterie, etc.

- Il a un plus petit jeu de 35 instructions.
- Il peut fonctionner jusqu'à une fréquence de 20 MHz.
- La tension de fonctionnement est comprise entre 4,2 volts et 5,5 volts. Si vous lui fournissez une tension supérieure à 5,5 volts, il peut être endommagé de façon permanente.
- Le courant maximum que chaque PORT peut absorber ou générer est d'environ 100 mA. Par conséquent, la limite de courant pour chaque broche du PIC16F877A est de 10 mA.
- Il est disponible dans quatre boîtiers IC tels que PLCC 40 broches PDIP 44 broches, TQFP 44 broches, QFN 44 broches.[13]

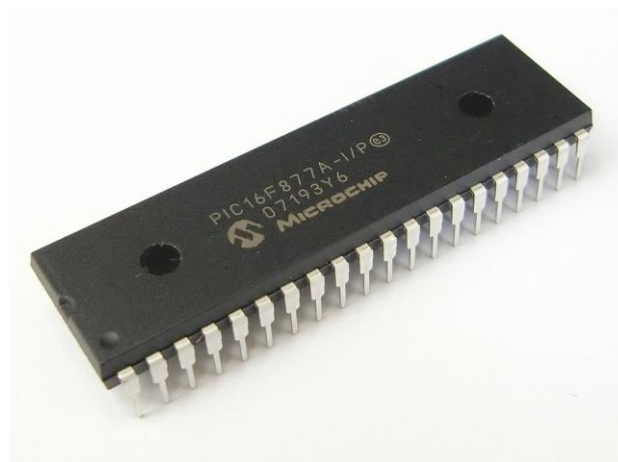


Figure III.1: PIC16F877a

III.3.1. Structure externe

III.3.1.1. PIC16F877a diagramme

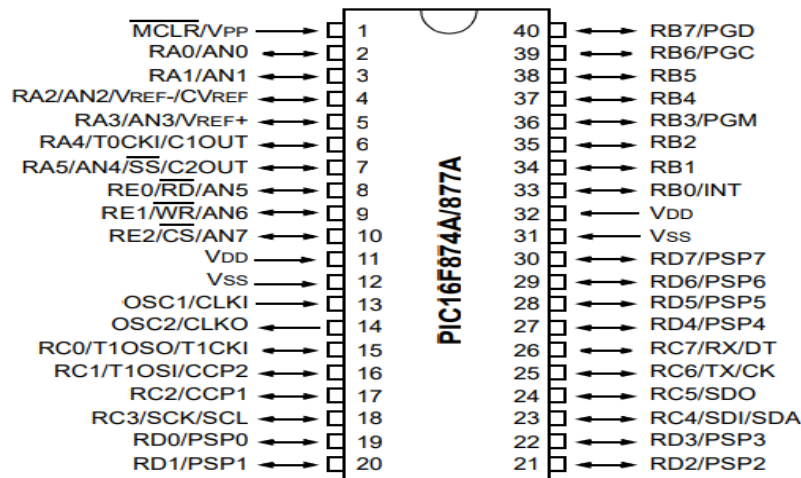


Figure III.2: Structure externe PIC16F877a

III.3.1.2. Fonction des pins de PIC16F877a

Tableau III.1 : Description des pins de PIC16F877a[13]

Nom	Numéro	Fonction	Description
MCLR/VPP	1	MCLR	Master clear (reset)
		VPP	Programmation de voltage d'entrée
RA0/AN0	2	RA0	Port E/S à usage général A
		AN0	Entrée Analogique 0
RA1/AN1	3	RA1	Port E/S à usage général A
		AN1	Entrée Analogique 1
RA2/AN2/Vref-/CVref	4	RA2	Port E/S à usage général A
		AN2	Entrée Analogique 2
		Vref-	Entrée de référence de tension négative A/D
RA3/AN3/Vref+	5	RA3	Port E/S à usage général A
		AN3	Entrée Analogique 3
		Vref+	Entrée de référence de tension positive A/D
RA4/T0CKI/C1OUT	6	RA4	Port E/S à usage général A
		T0CKI	Temporisateur 0 entrée horloge
		C1OUT	Sortie de Comparateur 1
RA5/AN4/SS/C2OUT	7	RA5	Port E/S à usage général A
		AN4	Entrée Analogique 4
		SS	Entrée du module SPI (sélection esclave)
		C2OUT	Sortie de Comparateur 2
RE0/AN5/RD	8	RE0	Port E/S à usage général E

		AN5	Entrée Analogique 5
		RD	Contrôle de lecture du port esclave en parallèle
RE1/AN6/WR	9	RE1	Port E/S à usage général E
		AN6	Entrée Analogique 6
		WR	Contrôle d'écriture du port esclave en parallèle
RE2/AN7/CS	10	RE2	Port E/S à usage général E
		AN7	Entrée Analogique 7
		CS	Sélection de chip du port esclave
VDD	11	+	Alimentation positive
Vss	12	-	Mise à la terre
OSC1/CLKIN	13	OSC1	Oscillateur 1
		CLKIN	Entrée de l'oscillateur
OCS2/CLKOUT	14	OCS2	Oscillateur 2
		CLKOUT	Sortie de l'oscillateur
RC0/T1OSO/T1CKI	15	RC0	Port E/S à usage général C
		T1OSO	Temporisateur 1 Sortie de l'oscillateur
		T1CKI	Temporisateur 1 entrée d'horloge externe
RC1/T1OSI/CCP2	16	RC1	Port E/S à usage général C
		T1OSI	Temporisateur 1 entrée de l'oscillateur
		CCP2	Entrée de capteur 2, sortie de comparateur 2, sortie de PWM 2
RC2/CCP1	17	RC2	Port E/S à usage général C
		CCP1	Entrée de capteur 1, sortie de comparateur 1, sortie de PWM 1
RC3/SCK/SCL	18	RC3	Port E/S à usage général C
		SCK	E/S d'horloge série synchrone pour le mode SPI
		SCL	E/S d'horloge série synchrone pour le mode I2C
RD0/PSP0	19	RD0	Port E/S à usage général D
RD1/PSP1	20	RD1	Port E/S à usage général D
RD2/PSP2	21	RD2	Port E/S à usage général D
RD3/PSP3	22	RD3	Port E/S à usage général D
RC4/SDI/SDA	23	RC4	Port E/S à usage général C
		SDI	Entrée de donnée SPI
		SDA	E/S de donnée I2C
RC5/SDO	24	RC5	Port E/S à usage général C
		SDO	Sortie de donnée SPI
RC6/TX/CK	25	RC6	Port E/S à usage général C
		TX	USART asynchrone transmission
		CK	USART1 synchrone horloge
RC7/RX/DT	26	RC7	Port E/S à usage général C
		RX	USART asynchrone réception
		DT	USART synchrone data
RD4/PSP4	27	RD4	Port E/S à usage général D

		PSP4	Port de données d'esclave parallèle
RD5/PSP5	28	RD5	Port E/S à usage général D
		PSP5	Port de données d'esclave parallèle
RD6/PSP6	29	RD6	Port E/S à usage général D
		PSP6	Port de données d'esclave parallèle
RD7/PSP7	30	RD7	Port E/S à usage général D
		PSP7	Port de données d'esclave parallèle
RB0/INT	33	RB0	Port E/S à usage général B
		INT	Interruption externe
RB1	34	RB1	Port E/S à usage général B
RB2	35	RB2	Port E/S à usage général B
RB3/PGM	36	RB3	Port E/S à usage général B
		PGM	Activation d'ICSP programmation
RB4	37	RB4	Port E/S à usage général B
RB5	38	RB5	Port E/S à usage général B
RB6/PGC	39	RB6	Port E/S à usage général B
		PGC	Débogueur interne et ICSP horloge
RB7/PGD	40	RB7	Port E/S à usage général B
		PGD	Débogueur interne et ICSP data

III.3.2. Structure interne

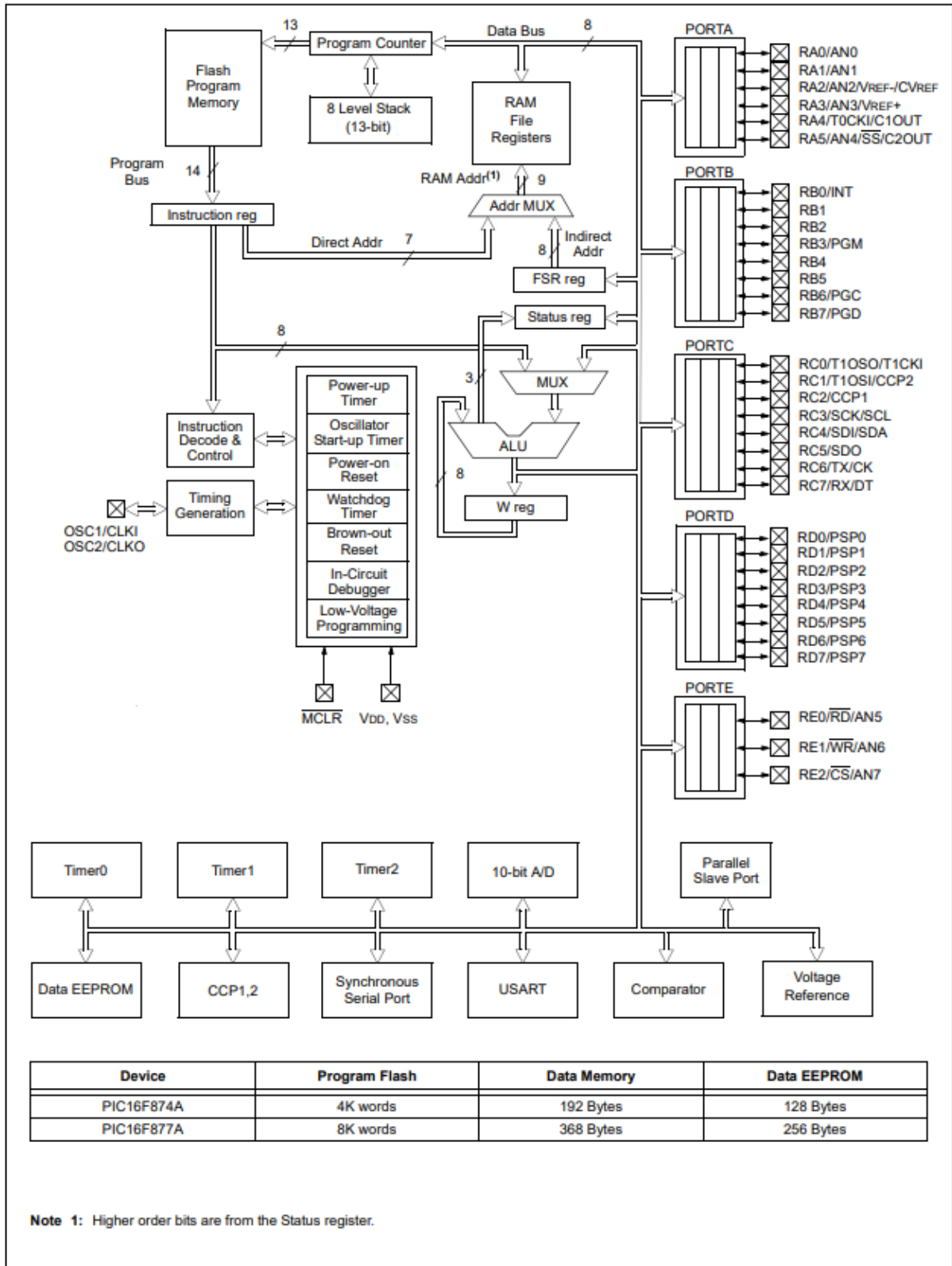


Figure III.3: Structure interne de PIC16F877a

III.3.3. Les registres utiles

Le PIC16F877a contient plusieurs registres prêts à utiliser selon le besoin d'utilisateur, nous allons décrire parmi eux ceux qui seront utilisable dans notre projet.

III.3.3.1. ADC

C'est un module de conversion analogique-numérique à 10 bits, il a 8 branche (AN0~AN7 de pin 2~10). Le résultat de la conversion se trouve dans 2 registres à 8 bits chacun ADRESL et ADRESH, il contient aussi de 2 registres de contrôle ADCON0 et ADCON1.[13]

- **ADCON0**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

- ADON : bit d'activation du module ADC
- GO/DONE : bit de statut de la conversion
- CH2-CH0 : bits de sélection de branche
- ADCS1-ADCS0 : bits de sélection d'horloge de conversion

- **ADCON1**

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

- PCFG3-PCFG0 : bits de contrôle de configuration des ports d'ADC
- ADCS2 : bit de sélection d'horloge de conversion (complément d'ADCS1-ADCS0)
- ADFM : bit de sélection du forme de résultat de la conversion
 {Justifié à droite ADRESL contient les bits les plus faibles de droite à gauche
 {Justifié à gauche ADRESH contient les bits les plus fort de gauche à droite

III.3.3.2. Timer

Le rôle principal d'un timer c'est la génération d'une base de temps ou le comptage, Il existe 3 timer dans le PIC16F877a (Timer 0, Timer1 et Timer2), le timer0 est en 8bits il permet de compter de 00h jusqu'à FFh, timer1 est en 16bits qui compte de 0000h à FFFFh, timer2 est en 8bits aussi qui compte de 00h à FFh, ce dernier est utilisé comme une base de temps pour le PWM de module CCP et il n'a qu'un seul registre de contrôle T2CON, tandis que la valeur de module se trouve dans le registre TMR2, et la valeur de période dans PR2. Il est possible de générer une interruption durant le comptage en accédant au 1^{er} bit des 2 registres PIR1 et PIE1.[13]

• **TIMER2**

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit 7							bit 0

- T2CKPS1-T2CKPS0 : bits de pré-diviseur d’horloge du TIMER2
- TMR2ON : bit d’activation du TIMER2
- TOUTPS3-TOUTPS0 : bits de postscaler de sortie du TIMER2

III.3.3.3.PWM

PWM (Pulse Width Modulation) est un mode intégré dans le module CCP du PIC16F877a ce qui donne la possibilité de générer 2 PWM à l’aide des branches CCP1 et CCP2, leurs registres de rapport cyclique CCPxL : CCPxCON ont une résolution de 10bits et utilisent le TIMER2 comme une base de temps. Ce mode a 2 registres de contrôle CCP1CON et CCP2CON pour le CCP1 et CCP2 à la suite.[13]

• **CCP1CON/CCP2CON**

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0
bit 7							bit 0

- CCPxM3-CCPxM0 : bits de sélection du mode (11xx pour mode PWM)
- CCPxX-CCPxY : les 2bits les plus faibles du rapport cyclique. Les 8bits restant sont au registre CCPRxL.

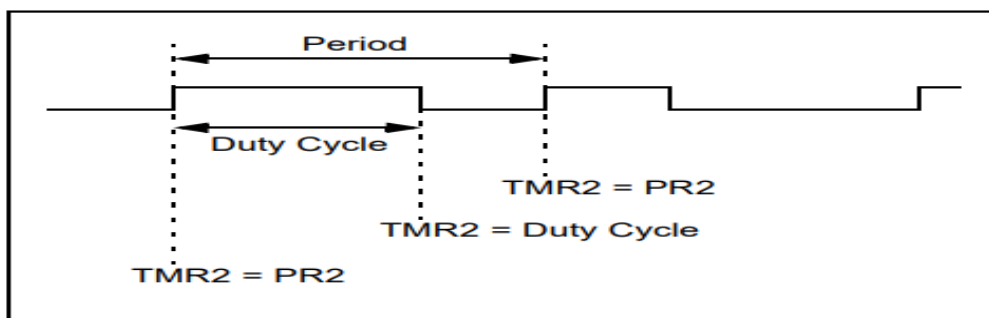


Figure III.4: Sortie de PWM

Pour calculer la période de PWM on utilise la formule suivante :

$$PWM_{per} = (PR2 + 1) \times 4 \times T_{osc} \times TMR2_{prescaler}$$

Pour calculer de rapport cyclique (Duty cycle) :

$$PWM_{DC} = (CCR1L: CCP1CON < 5:4 >) \times T_{osc} \times TMR2_{prescaler}$$

III.4. Compilateur et logiciel de simulation Proteus

III.4.1. MPLAB HiTech

MPLAB IDE c'est l'interface qui détient les compilateurs officiels de MICROCHIP corporation, il existe plusieurs compilateurs tout dépend la famille de microprocesseur et le langage de programmation utilisé. Le PIC16F877a compatible avec le HiTech en langage C.

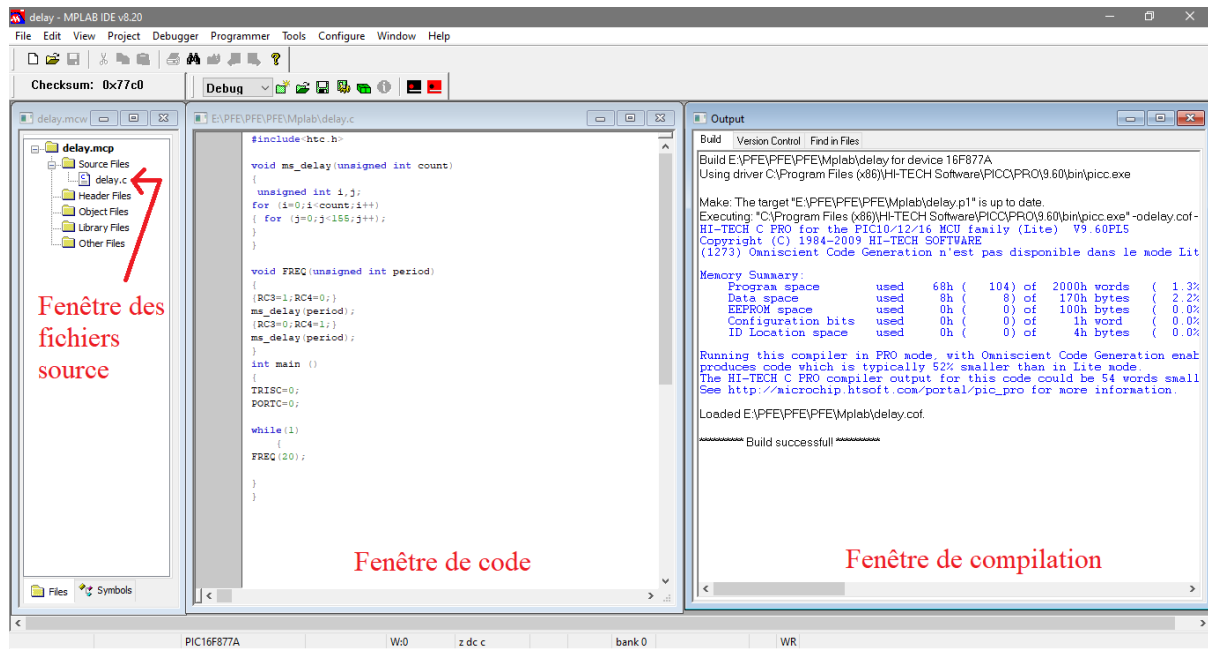


Figure III.5: MPLAB IDE v8.20

III.4.2. Proteus ISIS

Proteus est un software édité par la société Labcenter Electronics, le logiciel ISIS de Proteus PRO est principalement conçu pour l'élaboration et la simulation des schémas électriques, il possède plusieurs composants électronique (résistances, transistors, microcontrôleurs, ... etc). Le grand avantage de ce logiciel c'est qu'il permet de réaliser le circuit électronique et le simuler en temps réel, sa permet d'éviter les erreurs de la réalisation directe et de gagner beaucoup de temps et de frais.



Figure III.6: Proteus v8.0

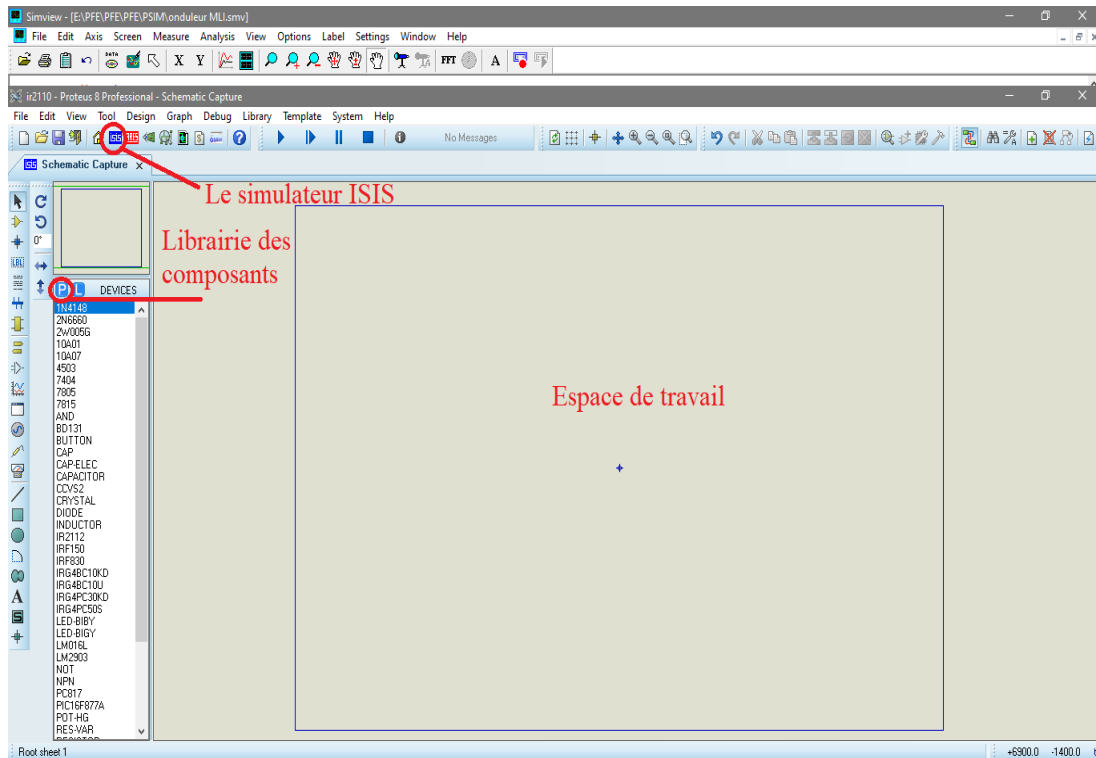


Figure III.7: L'interface PROTEUS ISIS

III.4.3. L'algorithme de fonctionnement

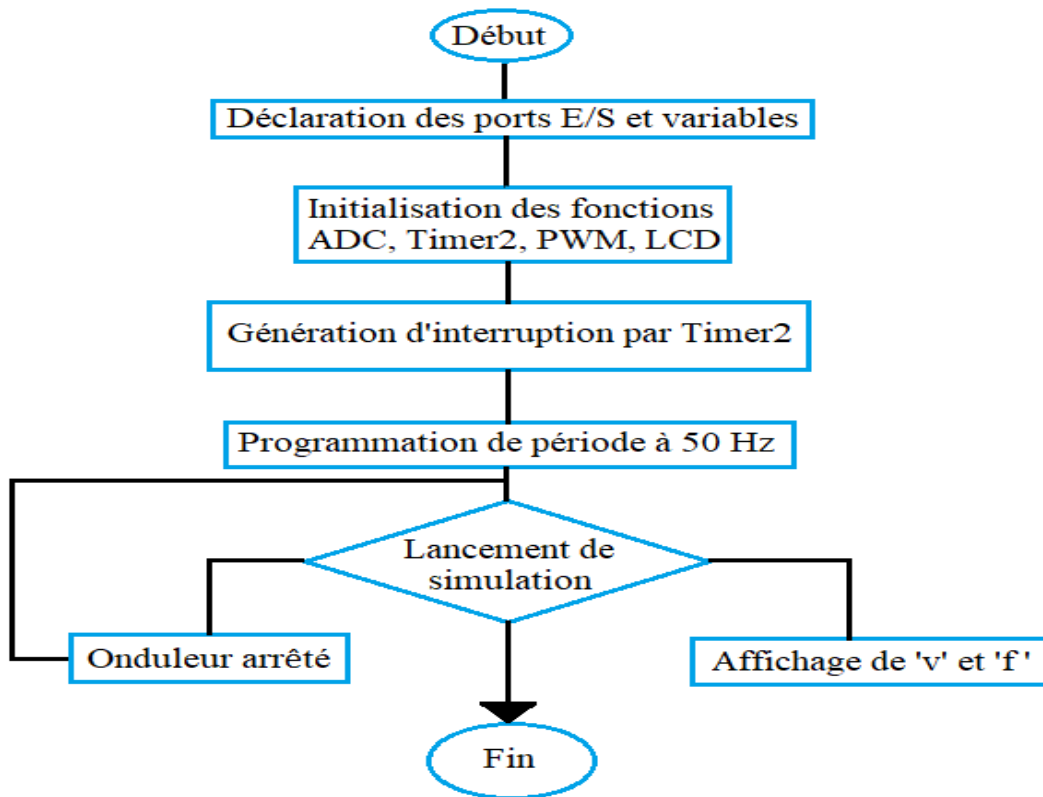


Figure III.8: L'algorithme de fonctionnement

III.4.4. Schéma global de la carte commande et puissance

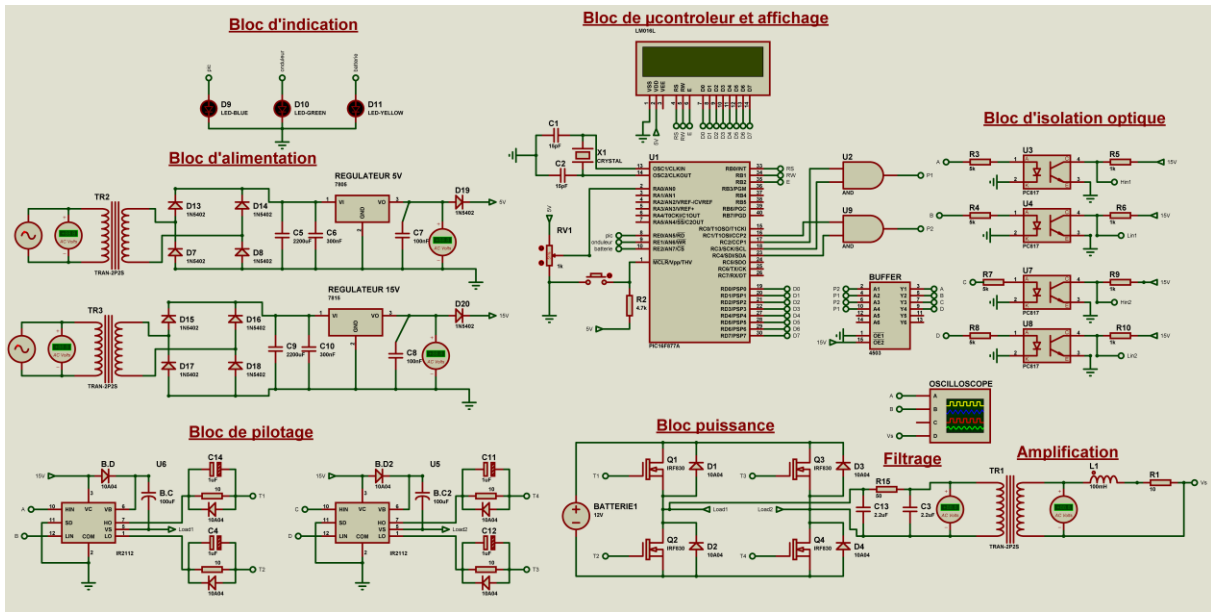


Figure III.9: Schéma global

III.4.4.1. Bloc alimentation

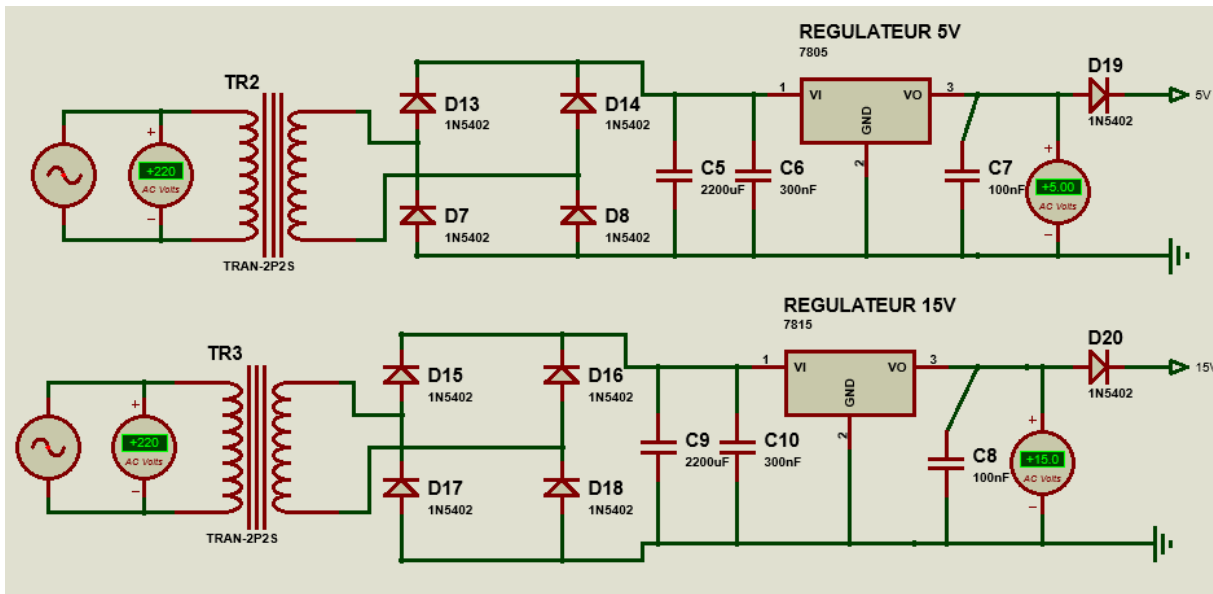


Figure III.10: Bloc d'alimentation

Interprétation :

Les paramètres de transformateur sont négligeables avec la présence des régulateurs 7805 pour 5V, 7815 pour 15V. Les capacités 2200uF et 300nF sont implantées pour le filtrage du signal redressé, tandis que la capacité 100nF est utilisé pour la compensation de tension au cas où le régulateur avait une chute de tension.

III.4.4.2. Bloc microcontrôleur et buffer

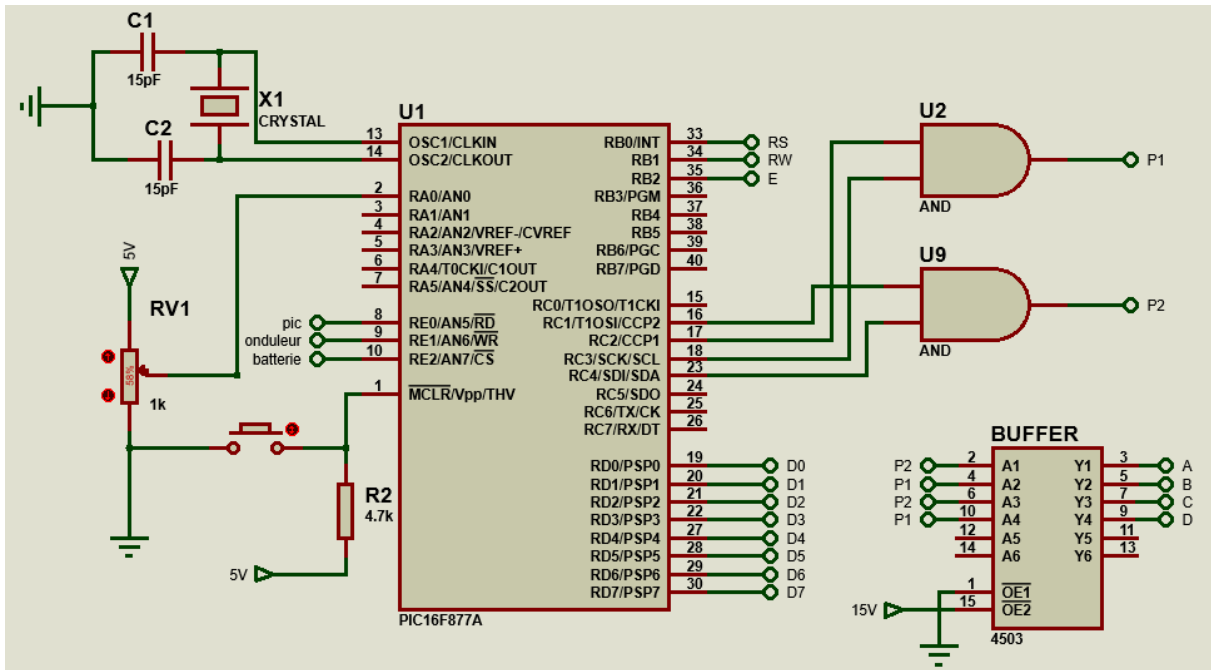


Figure III.11: Bloc µcontrôleur et buffer

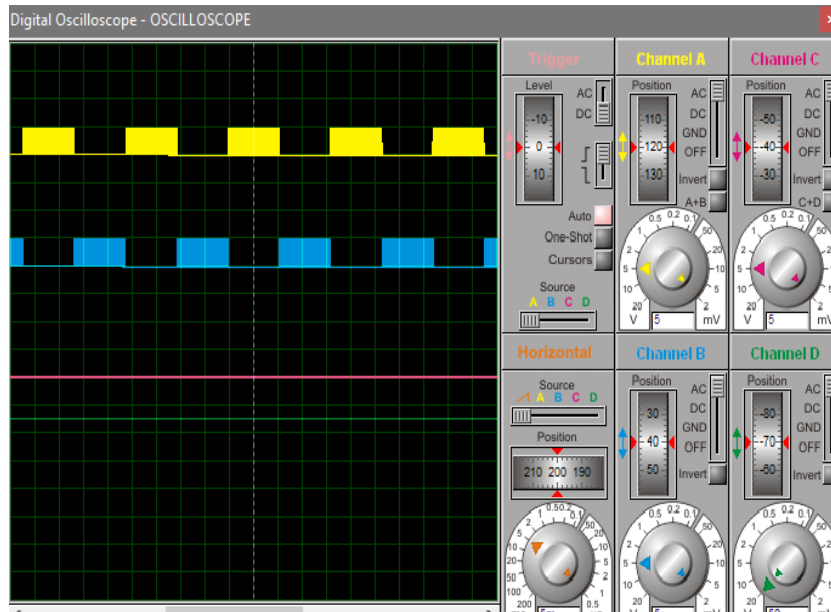


Figure III.12: Les signaux de MLI de commande

Interprétation :

Le PIC16F877a génère le signal de commande, le rôle des portes logiques ‘AND’ c’est de créer des périodes de 20ms (défini dans le code par l’utilisateur) c’est-à-dire les 2 PWM s’alternent pendant la demi-période de 10ms. Le buffer récupère le signal de sortie de PIC et l’adapte vers les opto-coupleurs.

III.4.4.3. Bloc d'isolation

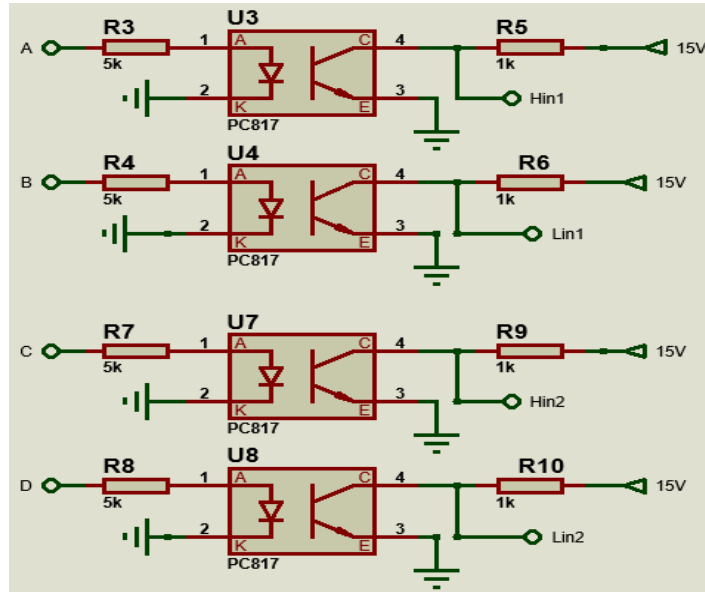


Figure III. 13: Bloc d'isolation

Interprétation :

Les opto-coupleurs transmettent le signal de buffer aux drivers en offrant une isolation optique pour la sécurité de la carte commande.

III.4.4.4. Bloc de pilotage

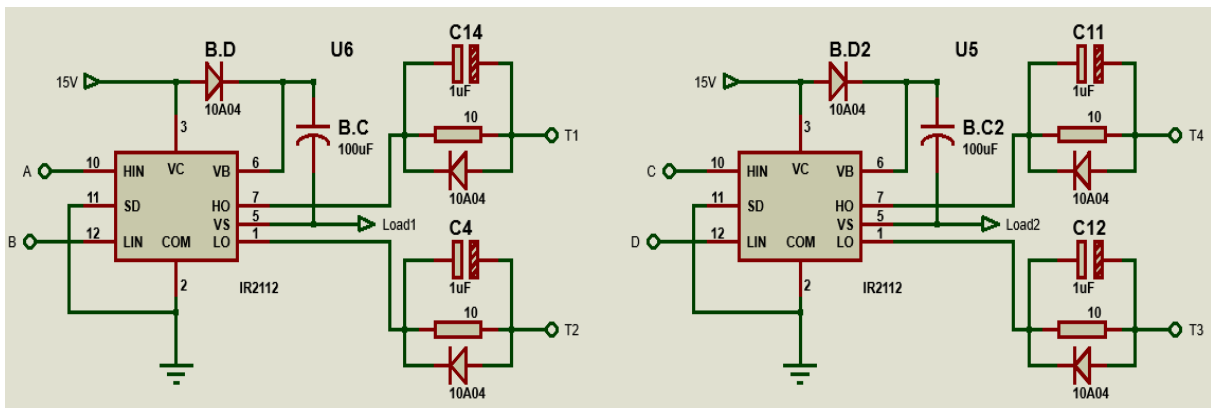


Figure III.14: Bloc de pilotage

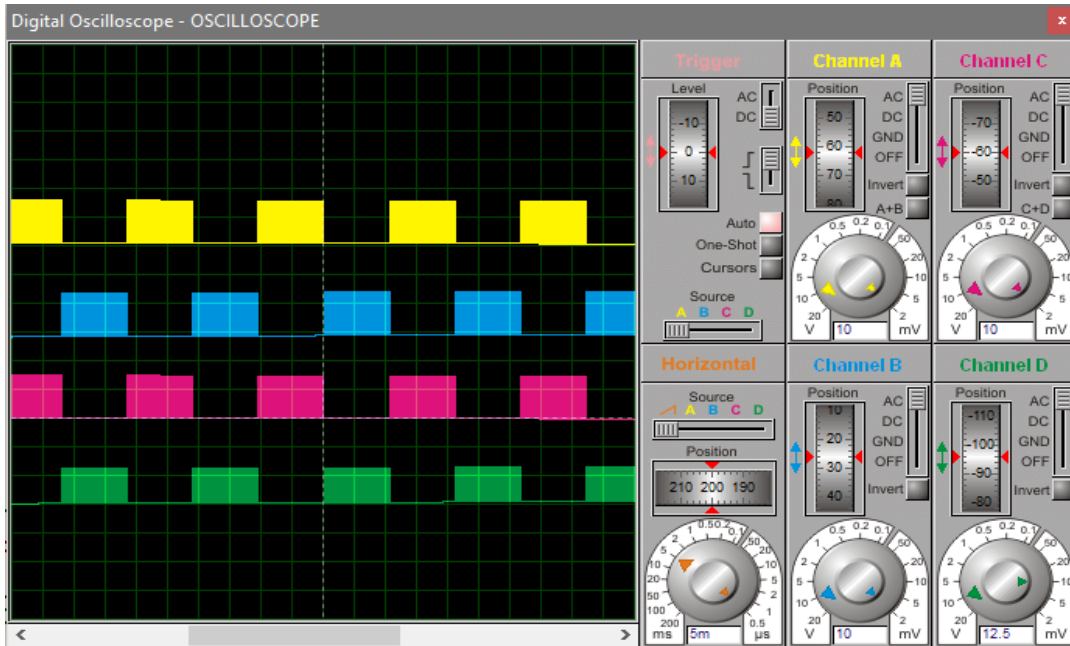


Figure III.15: Signaux de sortie des drivers IR2112

Interprétation :

Les drivers amplifient le signal de commande afin d'alimenter les transistors, tout en générant un temps mort pour la sécurité contre les courts circuits.

III.4.4.5. Bloc puissance, filtrage et amplification

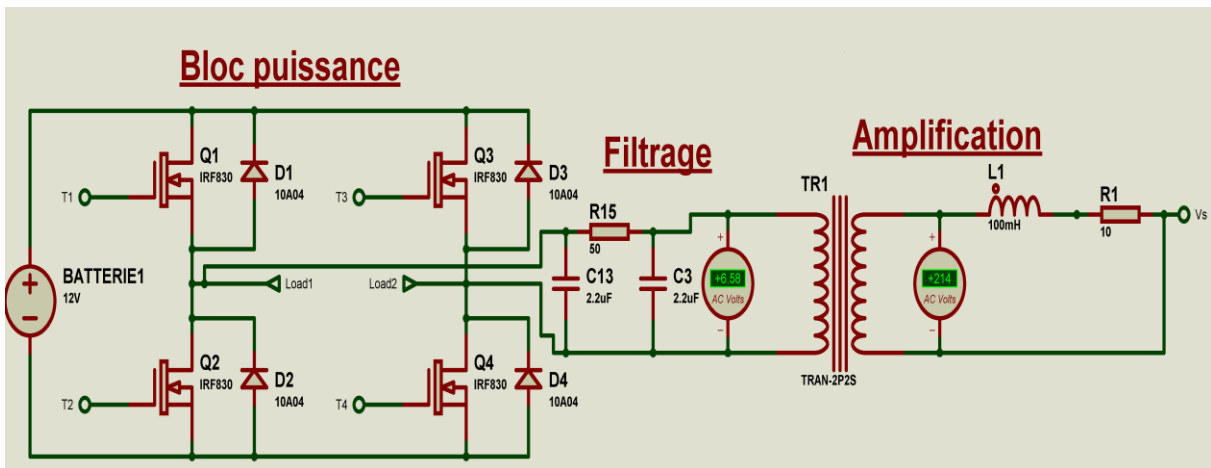


Figure III.16: Bloc puissance, filtrage et amplification

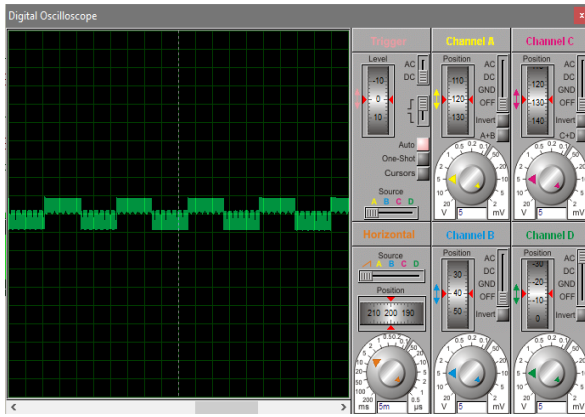


Figure III.17: Tension de sortie avant l'amplification

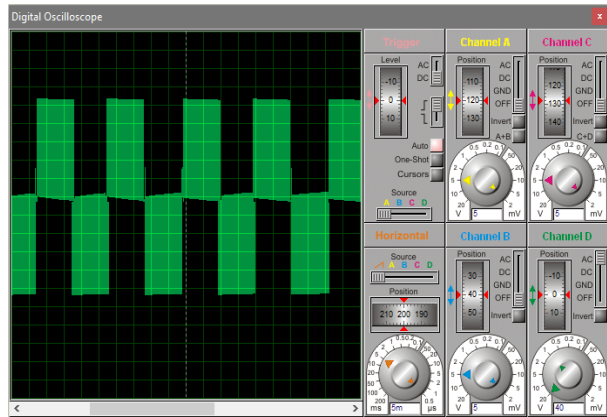


Figure III.18: Tension de sortie après l'amplification

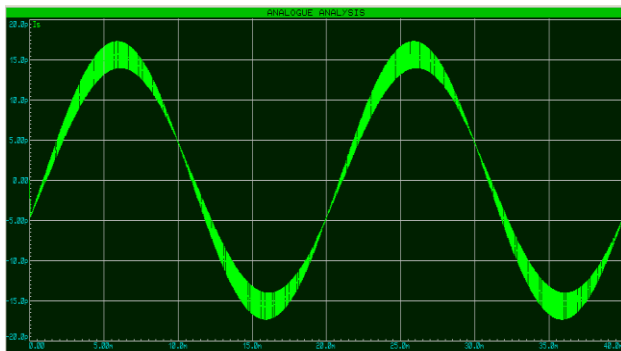


Figure III.19: Courant avant filtrage

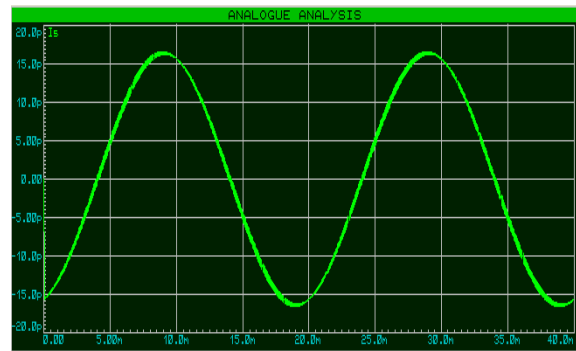


Figure III.20: Courant après filtrage

Interprétation :

Nous avons alimenté le pont d'onduleur avec une tension continue de +12v (batterie), V_s à la sortie est $\pm 6v$, le transformateur élévateur 6v/220v sert à augmenter l'amplitude, dans notre essai nous avons pas réussi à atteindre 220v uniquement 214v à cause des différentes pertes.

La tension de sortie de l'onduleur est un signal carré suit le signal de commande, avec une fréquence fixé auparavant 50Hz ceci dit une alternance à chaque 10ms.

Le courant est presque sinusoïdal, il présente quelques harmoniques à cause de différentes pertes.

III.4.4.6. Bloc affichage

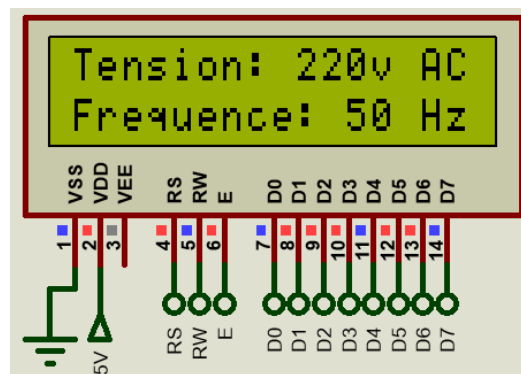


Figure III.21: Bloc d'affichage

Interprétation

Au fonctionnement d'onduleur l'écran LCD affiche directement la tension et la fréquence prédéfinis dans le programme.

III.4.4.7. Bloc indication

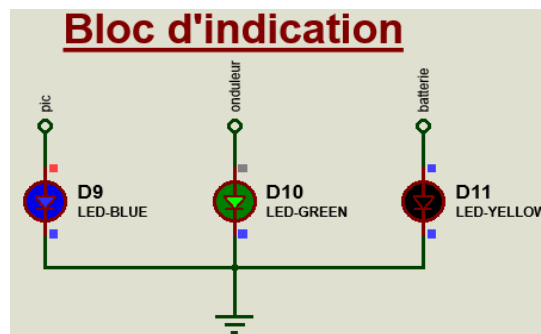


Figure III.22: Bloc indication

Interprétation

Nous avons ajouté quelques indicateurs, la LED bleu indique que le microcontrôleur fonctionne, la LED verte indique que l'onduleur fonctionne, tandis que la LED jaune indique que la batterie d'onduleur est déchargée.

III.5. Les difficultés rencontrées

Durant la rédaction de ce projet, nous avons rencontré nombreux obstacles parmi :

- Des difficultés dans la programmation et la simulation, qu'on a réussi à traverser.
- Manque de temps pour atteindre la partie pratique de ce projet.

III.6. Conclusion

Ce chapitre a clôturé le projet avec la présentation de son noyau de commande le PIC16F877a, avec le logiciel de la simulation PROTEUS-ISIS.

La programmation du microcontrôleur a été basique et originale avec MPLAB, et les résultats de simulation par Proteus ont été trop proches à l'objectif et expose le bon fonctionnement du convertisseur DC/AC.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'automatisation des systèmes est indispensable dans nos jours, la commande par des circuits programmables donne l'avantage de réduire la taille, les erreurs et les coûts de fabrication, Microchip a la famille PIC qui est très fiable et adaptable à pas mal de systèmes dans les différents domaines.

Dans ce projet de fin d'étude, le choix a été tombé sur le microcontrôleur PIC16F877a, afin de piloter les transistors de convertisseur DC/AC.

Nous avons passé par plusieurs stations dans ce mémoire :

- ❖ 1^{er} chapitre a été comme une introduction au monde de l'électronique de puissance, il a présenté des généralités sur les semi-conducteurs et les convertisseurs statique, y compris l'onduleur qui était la base de ce thème.
- ❖ 2^{ème} chapitre a regroupé les différentes techniques de commande d'un onduleur, ainsi que les composants utilisés pour la commande, l'amplification et l'isolation galvanique.
- ❖ 3^{ème} chapitre a exposé le noyau de ce projet qui est le PIC16F877a, puis il y avait des présentations de compilateur et le logiciel de simulation PROTEUS avant de clôturer par les résultats de simulation.

L'objectif principale de ce mémoire c'était d'obtenir une conversion de la tension continue à une tension alternative 220v AC, ce qui est atteint à la fin avec moins de précision malheureusement à cause de nombreux problèmes qui nous ont empêché d'améliorer notre dimensionnement des composants. Ceci n'a pas gêné de vivre une expérience enrichissante concernant tout ce qui est utilisé comme logiciels.

Comme perspectives, pour ceux qui veulent développer ce travail à l'avenir de se baser sur :

- ✓ Optimisation de programme en C utilisé dans le PIC16F877a.
- ✓ Amélioration de dimensionnement des valeurs des composants.
- ✓ Ajouter des capteurs à la sortie d'onduleur pour construire un système interactif avec le microcontrôleur.
- ✓ Profiter de ce projet comme d'appuis pour réaliser l'onduleur MLI triphasé.
- ✓ La réalisation pratique de la carte de commande.

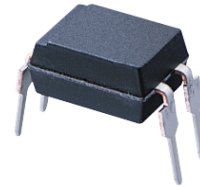
Bibliographie

- [1] **F. HAMOUDI**, « Cours d'Electronique de puissance ». Université A.Mira, Bejaia, 2020.
- [2] **A. P. MALVINO et D. J. BATES**, *Principes d'électronique - 8e éd. : Cours et exercices corrigés*. Dunod, 2016.
- [3] **SCHNEIDER ELECTRIC**, Éd., « Démarreurs et variateurs de vitesse électroniques, Cahier Technique Schneider Electric n° 208 ». 2003.
- [4] **P. AGATI, G. CHATEIGNER, D. BOUIX, et M. BOES**, *Aide-Mémoire Électricité - Électronique de commande et de puissance - Électrotechnique*. 2020.
- [5] **G. SEGUIER, F. LABRIQUE, et P. DELARUE**, *Electronique de puissance. Structures, commandes, applications*, 10^e éd. Dunod, 2015.
- [6] **S. LEFEBVRE et F. MISEREY**, *Composants à semi-conducteur pour l'électronique de puissance*. Tec & Doc Lavoisier, 2004.
- [7] **H. BÜHLER**, *Convertisseurs statiques*. PPUR presses polytechniques, 1991.
- [8] **G. SERGUIER**, *Electronique de puissance*. Dunod 7^{ème} édition, 1999.
- [9] **TEXAS INSTRUMENTS**, « CD4503B datasheet ». 2003.
- [10] **SHARP CORPORATION**, « PC817X Series datasheet ». 2003.
- [11] **INTERNATIONAL RECTIFIER**, « IR2112 driver datasheet ». 2005.
- [12] **HITACHI**, « HD44780U (LCD-II datasheet) ».
- [13] **MICROCHIP**, *PIC16F87XA datasheet*. Microchip Technology Inc., 2001.
- [14] **K. SIAH et H. MERBOUTI**, « Etude et Réalisation d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil ». Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011.

PC817X Series

DIP 4pin General Purpose Photocoupler

*4-channel package type is also available.
(model No. **PC847X Series**)



■ Description

PC817X Series contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

Collector-emitter voltage is 80V(*) and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

■ Features

1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage (V_{CEO} :80V(*)
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at $I_F=5$ mA, $V_{CE}=5$ V)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ($V_{iso(rms)}$: 5.0 kV)

(*) Up to Date code "P7" (July 2002) V_{CEO} : 35V.
From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by $BV_{CEO}=70$ V.

■ Agency approvals/Compliance

1. Recognized by UL1577 (Double protection isolation), file No. E64380 (as model No. **PC817**)
2. Package resin : UL flammability grade (94V-0)

■ Applications

1. I/O isolation for MCUs (Micro Controller Units)
2. Noise suppression in switching circuits
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

Figure A.1 : Datasheet de l'opto-coupleur PC817X

PIC16F87XA

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Figure A.2 : Datasheet de Microcontrôleur PIC16F877a

IR2112(-1-2)(S)PbF

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

- Floating channel designed for bootstrap operation
- Fully operational to +600V
- Tolerant to negative transient voltage dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- 3.3V logic compatible
- Separate logic supply range from 3.3V to 20V
- Logic and power ground $\pm 5V$ offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs

Description

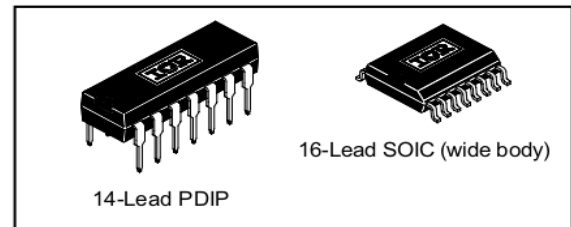
The IR2112(S) is a high voltage, high speed power MOSFET and IGBT driver with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL outputs, down to 3.3V logic.

The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 600 volts.

Product Summary

V_{OFFSET}	600V max.
$I_{\text{O}+/-}$	200 mA / 420 mA
V_{OUT}	10 - 20V
$t_{\text{on/off}}$ (typ.)	125 & 105 ns
Delay Matching	30 ns

Packages



Typical Connection

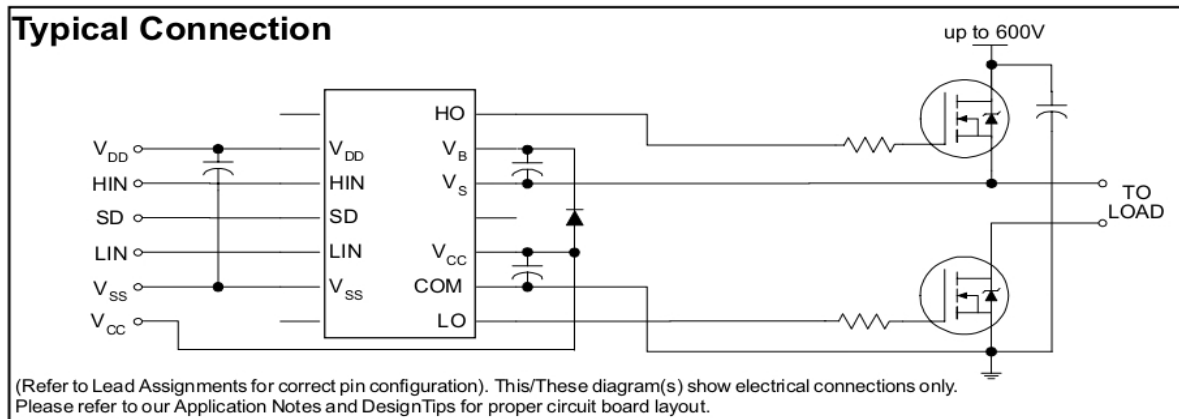


Figure A. 3 : Datasheet Driver IR2112S

Functional Block Diagram

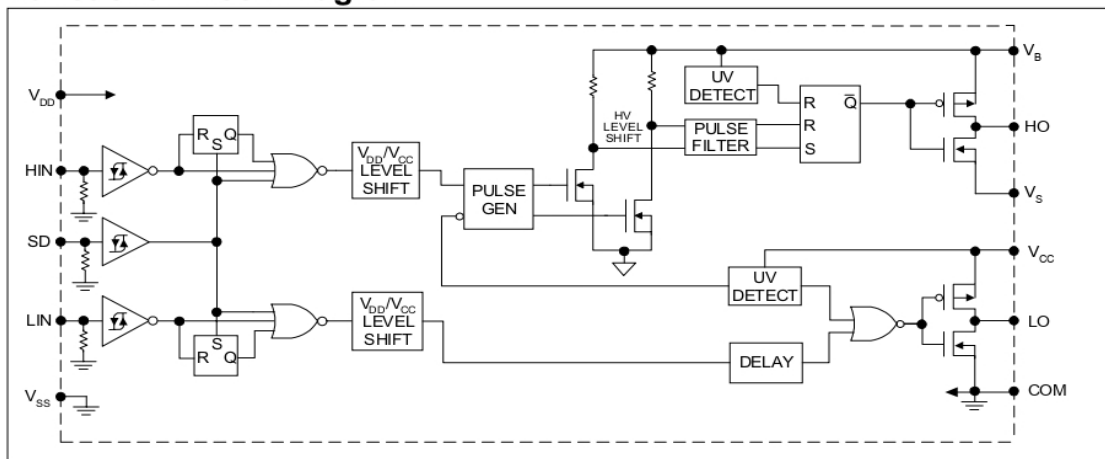


Figure A. 4 : Diagramme de fonctionnement de driver IR2112S

Annexe

Code en C HiTech Pro MPLAB v8.20

```
#include<htc.h>
#include<stdio.h>

#define _XTAL_FREQ 20000000;// Fréquence OSC 20Mhz
#define rs RB0
#define rw RB1
#define e RB2
#define delay for(k=0;k<=20;k++)
unsigned int VAL=0;
int k;
void lcd_int();
void cmd(unsigned char a);
void dat(unsigned char b);
void show(unsigned char *s);
int duty=0;
int counter=0;

// Fonction Delay////////////////////////////////////
void ms_delay(unsigned int count)
{
    unsigned int i,j;
    for (i=0;i<count;i++)
    { for (j=0;j<100;j++);
    }
}
////////////////////////////////////

// initialisation LCD////////////////////////////////////
void lcd_int()
{
    cmd(0x38);
    cmd(0x0c);
    cmd(0x06);
    cmd(0x80);
}
////////////////////////////////////
// Envoie dde commande au LCD////////////////////////////////////
void cmd(unsigned char a)
{
    PORTD=a;
    rs=0;
    rw=0;
    e=1;
    delay;
    e=0;
}
// Envoie de Data au LCD////////////////////////////////////
void dat(unsigned char b)
{
    PORTD=b;
    rs=1;
    rw=0;
    e=1;
    delay;
    e=0;
}
// Ecriture de caractères //////////////////////////////////////
void show(unsigned char *s)
{
    while(*s) {
        dat(*s++);
    }
}
```

Annexe

```
// valeurs de PWM////////////////////////////////////
const unsigned char sin_table[32]=
{0, 25, 49, 73, 96, 118, 139, 159, 177, 193, 208, 220, 231, 239, 245, 249, 250,
 249, 245, 239, 231, 220, 208, 193, 177, 159, 139, 118, 96, 73, 49, 25};

// Fonction d'interruption////////////////////////////////////
void interrupt isr()
{
  if (TMR2IF== 1)
  {
    duty++;
    if(duty>=32)
    {
      duty=0;
      CCPR1L=0;
      CCPR2L=0;
    }

    CCPR1L = sin_table[duty];
    CCPR2L = sin_table[duty];

    TMR2IF= 0;

  }
}

////////////////////////////////////

// Fonction de fréquence////////////////////////////////////
void FREQ(unsigned int period)
{
  {RC3=1;RC4=0;}
  ms_delay(period);
  {RC3=0;RC4=1;}
  ms_delay(period);
}

// Fonction ADC////////////////////////////////////
void ADC()
{
  GODONE=1;
  while(GODONE); //reste ici tant que GO/Done=1
  VAL=((ADRESH<<8)+(ADRESL)); //Lire la valeur complète d'ADC
}

// Fonction d'indicateurs lumineux////////////////////////////////////
void Indication()
{
  if (RA0==1)
  {PORTE=2;}
  else
  RE2=0;
}
}
```

Annexe

```
//PROGRAMME PRINCIPALE////////////////////////////////////

int main ()
{
ADCON0=0x81;           //Fosc/32,CH0,GO/Done=1,ADON
ADCON1=0x80;           //Right adjusted

TRISC=0;
PORTC=0;
TRISB=0;
TRISD=0;
TRISE=0;
TRISA=0xFF;
T2CON=0b00000100;     //T2CON Initiation,Prescaler 1:1
TMR2=0;                //Start value=0
PR2=255;               //Stop value
TMR2IE=1;
TMR2IF=0;
GIE=1;
PEIE=1;

CCP1CON=0x0C;        // pwm mode
CCP2CON=0x0C;

lcd_int();

    while(1)
    {
FREQ(20);
ADC();
Indication();
show("Tension: 220v AC ");
cmd(0xC0);
show("Frequence: 50 Hz");
}
}
```

Résumé/Abstract

Résumé

L'objectif de ce projet c'est l'étude et la conception d'un onduleur MLI monophasé à base d'un microcontrôleur PIC17F877a qui garantit la commande et la surveillance de l'onduleur avec une tension d'entrée de 12v DC et une sortie de 220v AC à une fréquence de 50 Hz.

Ce mémoire se compose de trois parties, la première concerne l'étude théorique sur les semi-conducteurs et les convertisseurs statiques, la deuxième partie se tourne sur les stratégies de commande d'un onduleur monophasé, la troisième partie donne le fonctionnement du PIC16F877a et l'exposition des logiciels de compilation et de simulation.

Enfin, une conclusion résume l'intégralité de ce projet de fin d'étude présentés avec des perspectives et opinions aux futurs travaux qui seront proposés.

Abstract

The objective of this project is the study and design of a single-phase PWM inverter based on a PIC17F877a microcontroller which guarantees the control and monitoring of the inverter with an input voltage of 12v DC and an output of 220v AC at a frequency of 50 Hz.

This thesis consists of three parts, the first concerns the theoretical study of semiconductors and static converters, the second part focuses on the control strategies of a single-phase inverter, the third part gives the operation of PIC16F877a and exhibition of compilation and simulation software.

Finally, a conclusion summarizes the entire end-of-study project presented with perspectives and opinions for future works that will be offered.

الملخص

الهدف من هذا المشروع هو دراسة وتصميم عاكس PWM أحادي الطور يعتمد على متحكم PIC17F877a الذي يضمن التحكم في العاكس ومراقبته بجهد دخل 12 فولت تيار مستمر ومخرج 220 فولت تيار متردد بتردد 50 هرتز.

تتكون هذه الأطروحة من ثلاثة أجزاء، الأول يتعلق بالدراسة النظرية لأشباه الموصلات والمحولات الثابتة، أما الجزء الثاني فيركز على استراتيجيات التحكم في العاكس أحادي الطور، والجزء الثالث من PIC17F877a يعرض برامج التجميع والمحاكاة.

أخيراً، تلخص الخاتمة مجمل مشروع نهاية الدراسة هذا الذي تم تقديمه ووجهات نظر وآراء للعمل المستقبلي.