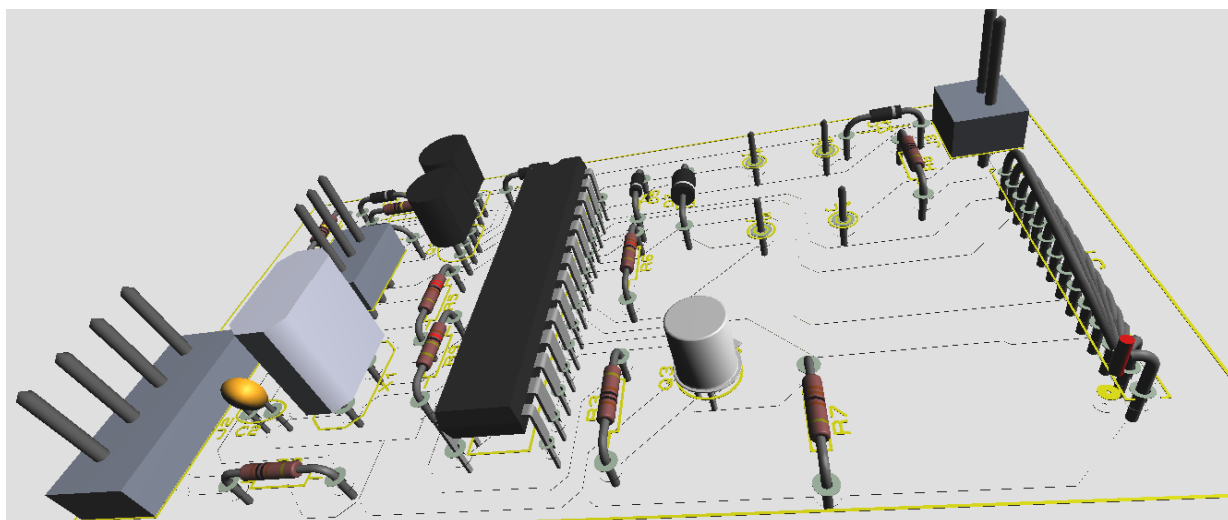





Filière : Génie Energétique et Electrique

RAPPORT DE MINI PROJET

CARTE DE COMMANDE DE THYRISTORS A BASE DE PIC



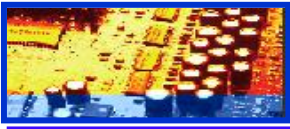
Réalisé par :

-  BIRBA Lamoussa
-  ELMAHRI abedlmoughite
-  Jarmouni Latifa

Encadré par :

M EL BALLOUTI

Année scolaire 2013/2014



REMERCIEMENTS

Avant de développer notre sujet, permettez-nous de remercier infiniment toutes les personnes de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre qui ont œuvré à la réalisation de ce projet.

Tout d'abord, nous remercions vivement M BALLOUTI, notre encadrant, pour son immense soutien, sa collaboration et toute l'aide qu'il nous a apportée.

Nous remercions également M HAJJAJI, M KANDOUSSI, M CHHITI, M OTHMANI et l'ensemble du corps professoral de l'ENSAJ pour leurs enseignements.

Nous ne saurons terminer ces quelques lignes sans remercier nos camarades, parents, amis pour leurs encouragements ainsi que toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce présent document.



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
INTRODUCTION GENERALE	5
CAHIER DE CHARGES :	6
REDRESSEMENT COMMANDE	7
Introduction	7
I-1- Redressement mono-alternance	8
I-2. Redressement commandé monophasé double alternance	10
I.3.Choix et protection d'un thyristor	11
Conclusion	12
LE MICROCONTROLEUR	13
Introduction	13
II. 1. Pourquoi un microcontrôleur ?	14
II.2. Le choix du microcontrôleur : pourquoi le PIC 16F876 ?	14
II.3. Le module de conversion A/N du 16F876	15
Conclusion	15
CONCEPTION DU CIRCUIT DE COMMANDE	16
Introduction	16
III-1- Schéma synoptique de la solution:	17
III-2 Dimensionnement des différentes parties	17
III.3. La programmation du PIC	21
III.4.Schema global	25
Conclusion	26
REALISATION	27
Introduction	27
IV.1.Simulation	28
IV.2. Le routage	29
IV.3.Estimation économique	30
Conclusion :	32
Conclusion générale	Error! Bookmark not defined.
ANNEXES :	34
Annexe 1 : Quelques caractéristiques du PIC 16F876	34
Annexe 2 : Caractéristiques des transistors	35
Annexe 3 : Caractéristiques thyristors	36
WEBLIOGRAPHIE	37



Table des tableaux

Table 1: Tableau du matériel utilisé.....	31
Table 2: Les sources d'interruption du 16F876	34
Table 3: Les registres du PIC 16F876	35

Table des figures

Figure 1: montage redressement commandé mono-alternance.....	8
Figure 2: montage redressement commandé débit sur charge inductive	9
Figure 3: Montage pont mixte symétrique	10
Figure 4: PIC 16F876.....	14
Figure 5: Structure du Convertisseur A/N	15
Figure 6: Schéma synoptique	17
Figure 7: Schéma du détecteur de zéro	17
Figure 8: Composants autour du Pic	19
Figure 9: Etage amplificateur de courant et séparation galvanique.....	20
Figure 10: Organigramme du programme.....	22
Figure 11: Programme LogiPic	24
Figure 12: LCD	25
Figure 13: Schéma global du circuit.....	26
Figure 14: relevés de la détection du zéro	28
Figure 15: Impulsion et tension redressée	29
Figure 16: Schéma de routage du circuit	30
Figure 17: Structure interne du PIC	34



INTRODUCTION GENERALE

L'énergie électrique est disponible soit sous forme alternative soit sous forme continue. Cependant la charge peut nécessiter une alimentation en alternatif ou en continu. Il s'avère donc indispensable de pouvoir passer d'une forme à une autre ; tel est le rôle de l'Electronique de Puissance(ENP).

L'ENP est la branche de l'électrotechnique qui traite des modifications de la présentation de l'énergie électrique à l'aide de semi-conducteurs fonctionnant en commutation. Depuis sa naissance, l'ENP ne cesse de croître de façon fulgurante et aujourd'hui encore.

En effet, Si les machines asynchrones occupent 80% des machines électriques employées à l'industrie, c'est en partie grâce à l'évolution de l'ENP qui a permis leur usage à vitesse variable.

L'essor de l'Electronique de Puissance est certes lié aux nouveaux composants, plus performants mais aussi et surtout grâce à la naissance de l'informatique industrielle qui a facilité la commande de ces composants.

Selon, les composants utilisés pour passer de l'énergie électrique sous forme alternative en continu, on définit le redressement non commandé et le redressement commandé. Ce dernier, occupe une place capitale dans la production, l'exploitation industrielle et domestique de l'électricité ; d'où le choix de notre sujet.

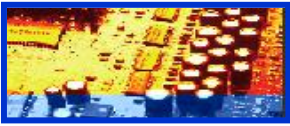
Notre projet porte donc sur l'élaboration d'une carte de commande d'un redresseur monophasé commandé à base de microcontrôleur.

Ce document rend compte des différentes étapes du projet. Il se structure comme suit :

Avant de développer le sujet proprement dit, nous consacrerons une première partie, sur l'étude théorique des montages redresseurs à thyristor et les microcontrôleurs.

Dans la deuxième partie, on s'intéressera à la réalisation du projet : Quelle solution adoptée ? On a la solution, mais quels composants choisir pour la réaliser ? Voici autant de questions qui feront l'objet de cette partie ; sans oublier la description des différents logiciels utilisés et la programmation du microcontrôleur.

Enfin, une synthèse globale.



CAHIER DE CHARGES :

Ce mini-projet vise la conception et la réalisation d'un circuit permettant de commander un pont de thyristors à partir d'un microcontrôleur.

Le projet sera présenté sous forme de maquette. Cette maquette sera utilisé pour des travaux pratiques de l'électronique de puissance de la filière Génie Energétique et Electrique. Pour se faire, elle doit respecter un certain nombre de sécurité pour les utilisateurs que pour le matériel.

Le système doit permettre la variation de l'angle d'amorçage ainsi que son affichage sur un écran.





Chapitre

I

REDRESSEMENT COMMANDE

Introduction

I-1- Redressement commandé mono-alternance

I-2- Redressement commandé double alternances

I-3- Choix et protection de thyristor

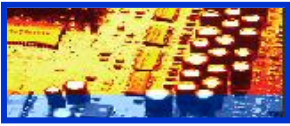
Conclusion

Introduction

Dans le cadre de notre projet, nous devons concevoir un circuit permettant de commander des interrupteurs utilisés dans un redresseur commandé.

Un montage redresseur commandé permet d'obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension alternative sinusoïdale. L'utilisation de composants tels que les thyristors permet de réaliser des redresseurs dont la tension moyenne de sortie peut varier en fonction de l'angle de retard à l'amorçage.

Ce premier chapitre est principalement consacré à l'étude qualitative et quantitative des principaux montages redresseurs commandés en monophasé ; ainsi qu'aux choix du composant à utiliser.



I-1- Redressement mono-alternance

I-1-1-Débit sur charge résistive

I-1-1-a- Principe

On considère que le thyristor est parfait. φ est appelé angle de retard à l'amorçage. Il est synchronisé sur le réseau. Il correspond à un temps de retard à l'amorçage $\varphi = \omega \cdot t_0$

*Montage

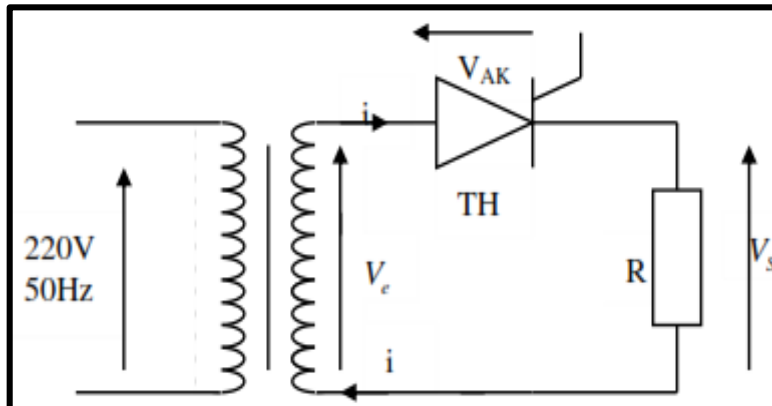
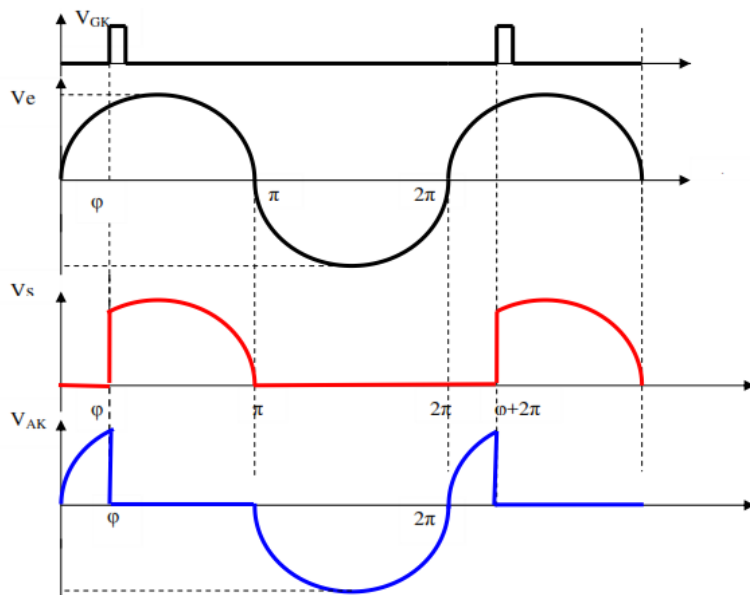


Figure 1: montage redressement commandé mono-alternance

Le thyristor est passant qu'à partir du moment où l'on envoie le signal de gâchette et à la condition que la tension VAK soit positive.

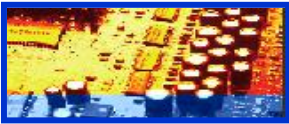
*Organigramme



Quel que soit l'état de T_H , $V_e = V_{AK} + V_s$.

- $V_e(t) > 0 \Rightarrow V_{AK} > 0$: le thyristor peut être amorcé.

-Si $i_g = 0$: T_H reste bloqué ($i=0$): $V_{AK} = V_e$ et $V_s = 0$.



-Si une impulsion i_G suffisante apparaît sur sa gâchette alors TH passant et $V_{AK} = 0$, $V_s = V_e$ et $i_D = \frac{V_e}{R}$

- $V_e(t)=0 \Rightarrow i=0A$: Le thyristor se bloque naturellement.
- $V_e(t) < 0 \Rightarrow V_{AK}>0$: Le thyristor ne peut pas être amorcé. Il est bloqué même si une impulsion de courant apparaît sur sa gâchette.

On peut remarquer que le thyristor doit supporter en inverse VM.

I-1-1-b- Valeur moyenne de la tension redressée

Calculons la valeur moyenne $\langle V_s \rangle$ de $v_s(t)$:

$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t).dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_s(\theta).d\theta = \frac{V_M}{2\pi} \int_{\varphi}^{2\pi} \sin(\theta).d\theta \Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{V_M}{2\pi} [-\cos(\theta)]_{\varphi}^{2\pi}$$

$$\Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{V_M}{2\pi} [-\cos(\pi) + \cos(\varphi)] = \frac{1 + \cos(\varphi)}{2\pi} \cdot V_M.$$

la valeur moyenne de la tension V_s peut être ajustée en fonction de l'angle de retard à l'amorçage φ .

$$\langle i_D \rangle = \frac{\langle V_s \rangle}{R} = \frac{1 + \cos(\varphi)}{2\pi \cdot R} \cdot V_M$$

I-1-2- Redressement monophasé sur charge RL :

Avant l'instant d'application de l'impulsion de commande à $t=t_0$ le thyristor est bloqué.

$\Rightarrow i=0$, d'où : $V_s = 0$; mais lorsque l'impulsion est appliquée : Th est fermé $\Rightarrow V_{AK}=0$.

$$\Rightarrow V_e = V_M \sin \omega t = V_s = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

Montage

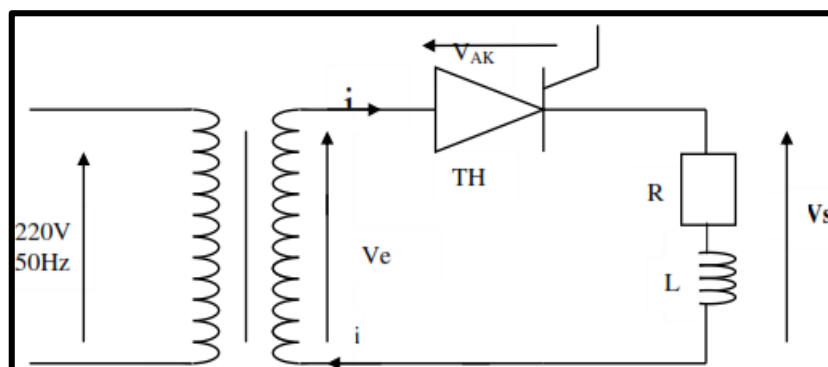
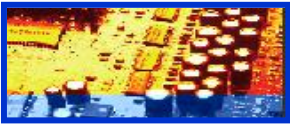


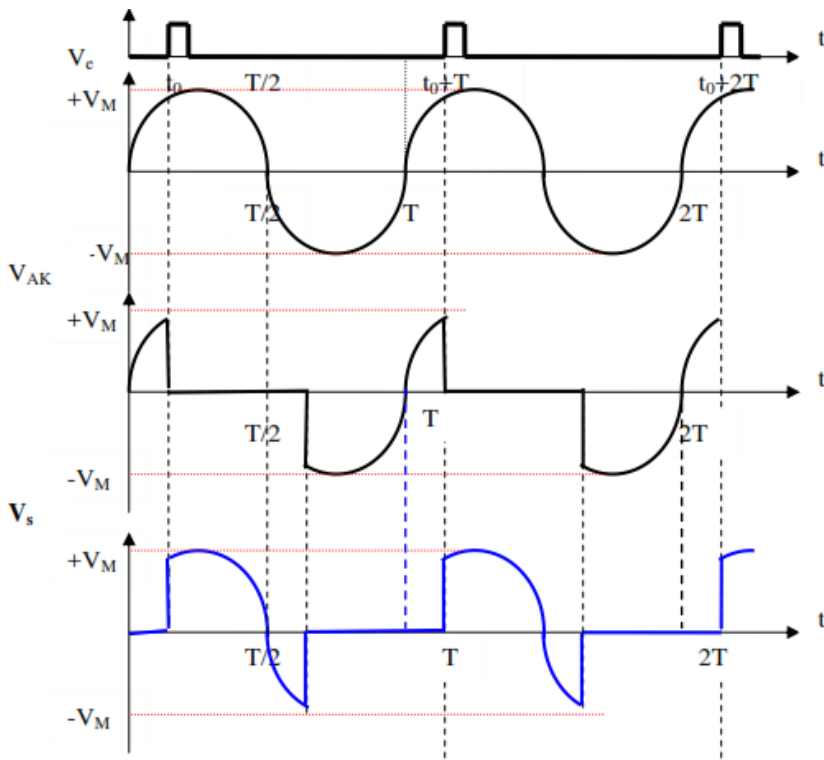
Figure 2: montage redressement commandé débit sur charge inductive

Si $i(t=0)=0$ alors :

$$i(t) = \frac{V_M}{\sqrt{(L\omega)^2 + R^2}} \left[\sin \varphi e^{-\frac{R}{L}(t-t_0)} + (\sin(\omega t - \varphi)) \right]$$



Donc le thyristor ne se bloquera que lorsque le courant s'annule.



Il y a apparition d'une partie négative au niveau de la tension d'entrée qu'on peut éviter avec l'emploi d'une diode de roue libre.

I-2. Redressement commandé monophasé double alternance

I-2-1-Principe de fonctionnement du pont mixte

Le plus souvent en industrie ou en travaux pratique, le redresseur alimente des charges comme un moteur à courant continu. Pour ce faire, nous allons utiliser un pont mixte symétrique afin de limiter le nombre de commande. Ce pont à ses 2 cathodes réunies, donc la même commande pour les deux thyristors. Le montage est le suivant.

⚡ Montage

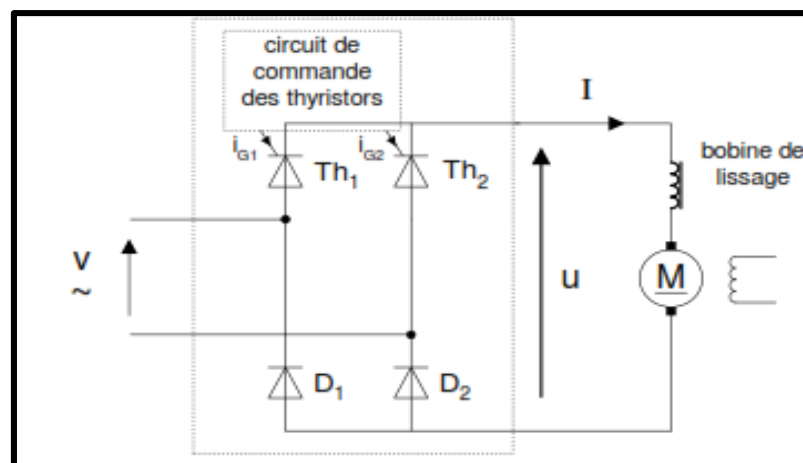
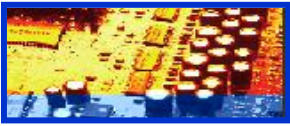
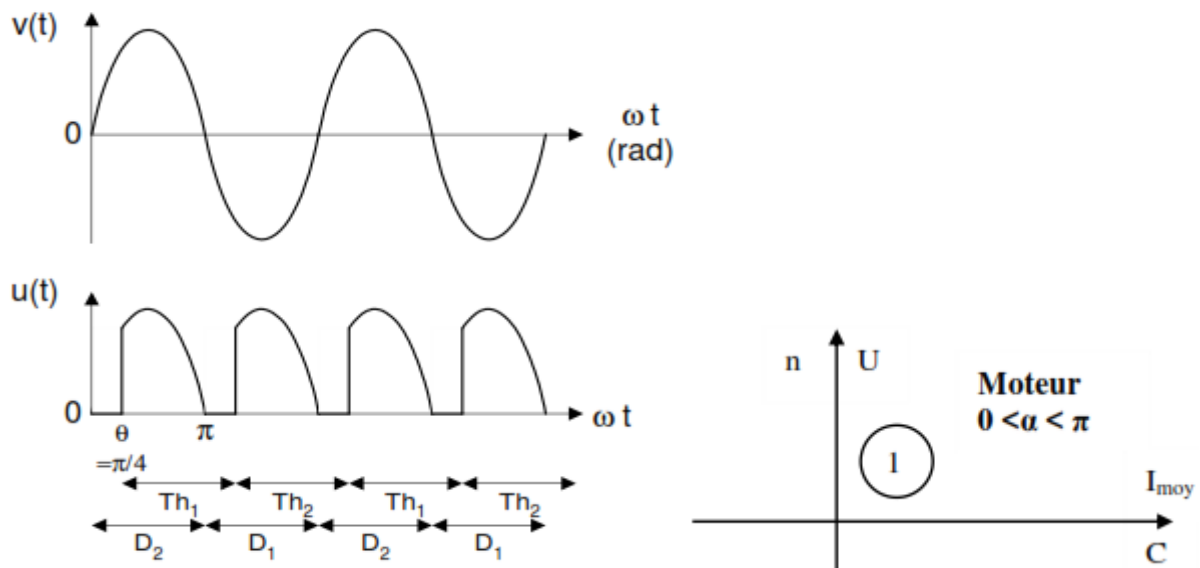


Figure 3: Montage pont mixte symétrique



Organigramme



Le courant est complètement continu à cause de la présence de la bobine de lissage ; d'où l'impossibilité de travailler dans un autre quadrant à tension positive.

I-2-1. Valeur moyenne et valeur efficace de la tension au borne du moteur

$$\langle u \rangle = \frac{\hat{u}}{\pi} (1 + \cos \vartheta) = E + RI$$

Si $E=kn$ à excitant constant ; alors $n = \frac{\hat{u}(1 + \cos \vartheta) - RI}{k}$; donc la variation de la vitesse se fait en fonction de l'angle ϑ .

I.3. Choix et protection d'un thyristor

I.3.1-Choix d'un thyristor

Le choix d'un thyristor se fait principalement en fonction :

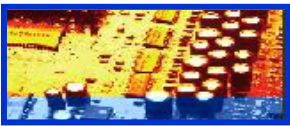
- du courant moyen I_0 ou IFAV
- du courant de pointe répétitif IFRM
- de la tension inverse répétitive VRRM
- des temps d'amorçage et de désamorçage

Nous faisons l'hypothèse que les charges à alimenter sont de courant moyen inférieure ou égale à **10 A**, **VRRM < 265V**, **f= 50Hz** ; donc à partir d'un catalogue, nous avons choisi le thyristor **2N6398** dont les caractéristiques sont les suivantes:

Type : Thyristor

Boîtier : TO220

I max : 12A



Tension : 600V

IG max : 30mA

Pour protéger le montage contre les amorçages dus aux dV/dt , nous pourrions mettre un circuit RC en parallèle avec chaque thyristor.

I.3.2. Refroidissement des thyristors

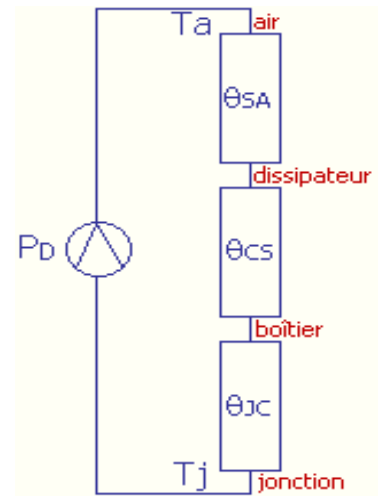
Le schéma thermique équivalent est :

La formule à appliquer est la suivante :

$$P_D = \frac{T_j - T_a}{(\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA})}$$

Or le constructeur précise pour le thyristor 2N6398 :

Boîtier	TO 220
T j max	150 °C
P D max	Internally limited (donc, on ne sait pas)
θ_{JC}	Typique : 3 °C/W - Max : 5 °C/W
θ_{JA}	Typique : 60 °C/W - Max : 65 °C/W



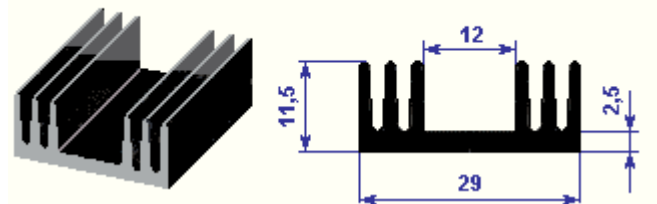
Par sécurité, on peut fixer T j à 110 °C et prendre 4 °C/W pour θ_{JC} .

d'où $8.4 = \frac{110-50}{4+0.1+\theta_{SA}}$ et donc $\theta_{SA} = 3.05$ °C/W maximum.

D'un catalogue de choix de radiateur du même constructeur, nous avons choisi le radiateur :

TO 220, 8°C/W,

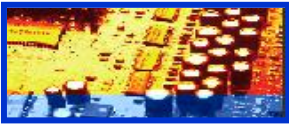
Longueur = 37,5 mm - Rth = 8°C/W



Conclusion

Finalement, il ressort donc que les montages redresseurs permettent d'obtenir une tension continue de valeur moyenne variable à partir du secteur. Ces montages sont très utiles pour le transport d'électricité en continu, l'alimentation des trains en continu, la variation de vitesse des moteurs à courant continu,...

Dans ce chapitre, nous avons également dimensionné les thyristors que nous utiliserons dans le circuit de puissance et comment les protéger.



Chapitre
II

LE MICROCONTROLEUR

Introduction

I-1- Pourquoi le microcontrôleur PIC ?

I-2- Pourquoi le 16F876 ?

I-3- Comment fonctionne le module CAN du 16F876 ?

Conclusion

Introduction

Un microcontrôleur se présente comme une unité de traitement de l'information de type microprocesseur contenant tous les composants d'un système informatique, à savoir microprocesseur, des mémoires et des périphériques (ports, timers, convertisseurs...). Chaque fabricant a sa ou ses familles de microcontrôleur. Une famille se caractérise par un noyau commun (le microprocesseur, le jeu d'instruction...). Ainsi les fabricants peuvent présenter un grand nombre de pins qui s'adaptent plus ou moins à certaines tâches.



II. 1. Pourquoi un microcontrôleur ?

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables a plusieurs points forts et bien réels. Il suffit pour s'en persuader, d'examiner la spectaculaire évolution de l'offre des fabricants de circuits intégrés en ce domaine depuis quelques années.

- Tout d'abord, un microcontrôleur intègre dans un seul et même boîtier ce qui, avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement de matériel et de circuit imprimé.
- Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de donnée d'un composant à un autre.
- L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composants diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimés diminue.
- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux :
 - Moins cher que les autres composants qu'il remplace.
 - Diminuer les coûts de main d'œuvre.
 - Réalisation des applications non réalisables avec d'autres composants.

II.2. Le choix du microcontrôleur : pourquoi le PIC 16F876 ?

Le choix d'un microcontrôleur est primordial car c'est de lui que dépendent en grande partie les performances, la taille, la facilité d'utilisation et le coût du montage. Ce choix est justifié par les facteurs suivants:

- ❖ Les PIC sont des microcontrôleurs très disponibles, offrent une large marge de choix, faciles à programmer ;
- ❖ l'intégration d'un convertisseur analogique numérique auquel on aura recours dans notre application, et qu'on ne trouve pas sur un 16F84 .
- ❖ Le coût raisonnable de ce circuit, contrairement au 16F877 qui est à peu près un 16F876 mais avec plus de broches entrées/sorties, de pages et de temporisateurs.

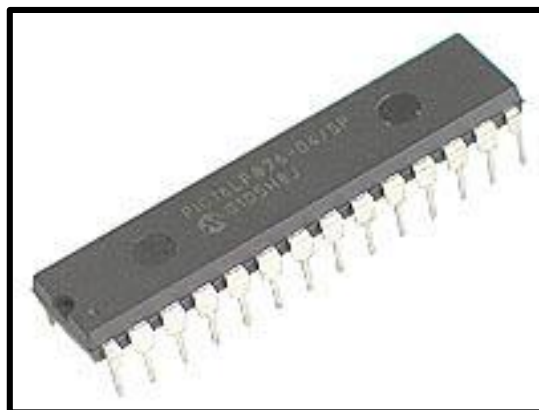
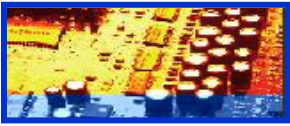


Figure 4:PIC 16F876



II.3. Le module de conversion A/N du 16F876

Ce module est constitué d'un convertisseur Analogique Numérique 10 bits dont l'entrée analogique peut être connectée sur l'une des 5 entrées analogiques externes.

On dit qu'on a un CAN à 5canaux. Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA. L'échantillonneur bloqueur est intégré, il est constitué d'un interrupteur d'échantillonnage et d'une capacité de blocage de 120 pF. Les tensions de références permettant de fixer la dynamique du convertisseur.Elles peuvent être choisies parmi V_{dd} , V_{ss} , V_{r+} ou V_{r-} .

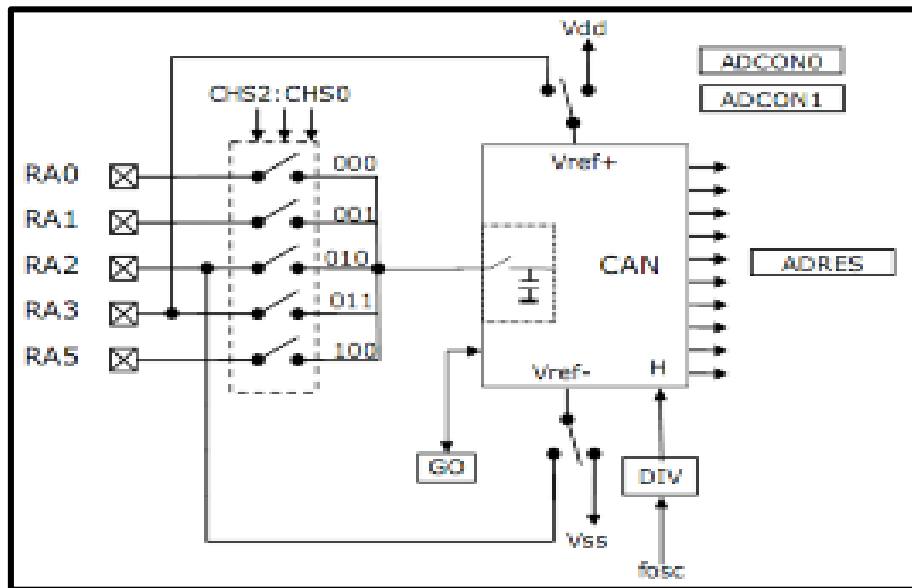
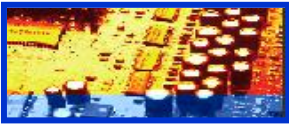


Figure 5:Structure du Convertisseur A/N

Conclusion

Dans cette partie nous avons étudié les microcontrôleurs et en particulier nous avons choisi de travailler avec le 16F876 qui comporte un module de Conversion Analogique-Numérique.

Dans le chapitre à venir, nous nous pencherons donc, sur l'étude des composants qui accompagne ce PIC ainsi qu'à sa programmation.



Chapitre

III

CONCEPTION DU CIRCUIT DE COMMANDE

Introduction

III-1- Schéma synoptique de la carte

III-2- Dimensionnement des composants

III-3- Programmation du PIC

III-4- Schéma global

Conclusion

Introduction

Ce chapitre est sans doute l'étape la plus cruciale dans notre étude. En effet, il touche la conception des montages de la carte de commande. En effet, un mauvais choix ou un dysfonctionnement d'un montage ou d'un composant perturbera celui de toute la carte de commande ; ou mettre les utilisateurs ou tous les composants en danger. D'où tout l'obligation aussi de dimensionnement les différents composants.



III-1- Schéma synoptique de la solution:

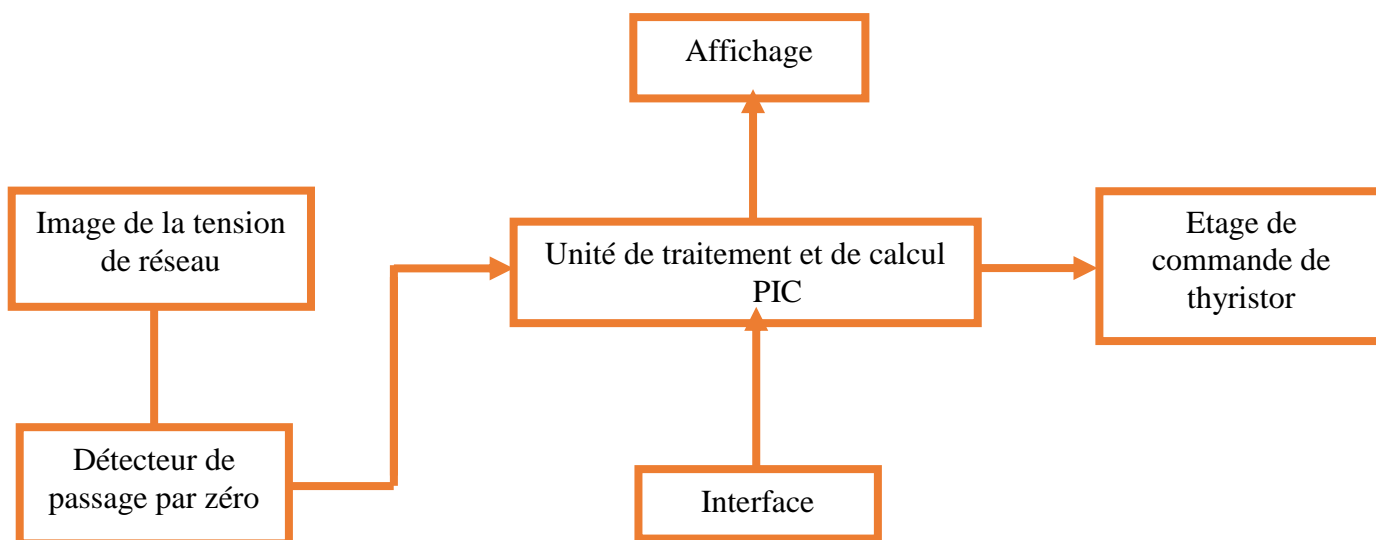


Figure 6: Schéma synoptique

III-2 Dimensionnement des différentes parties

III-2-1- Image de la tension du réseau:

La détection du passage par zéro de la tension du réseau sert comme référence de calcul du retard d'enclenchement des thyristors ; il permet ainsi de synchroniser les impulsions générées avec la tension du secteur.

III-2-1-a- Montage

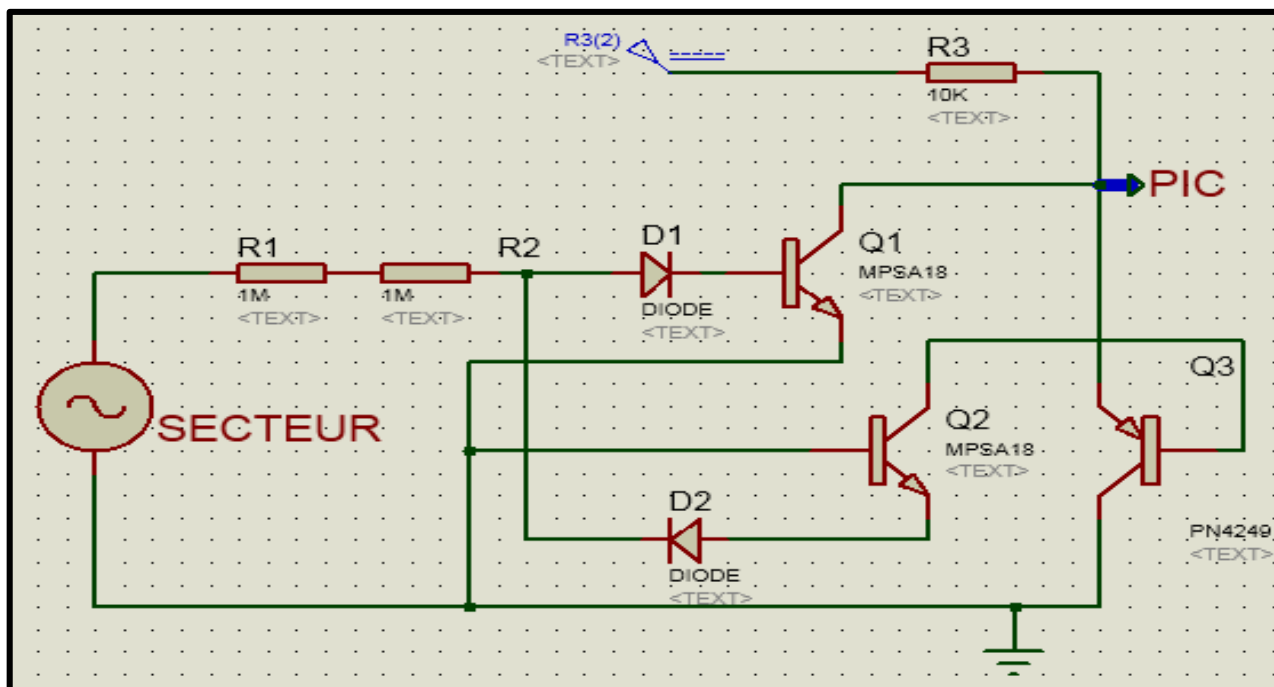
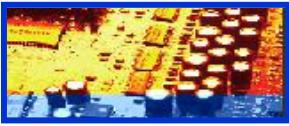
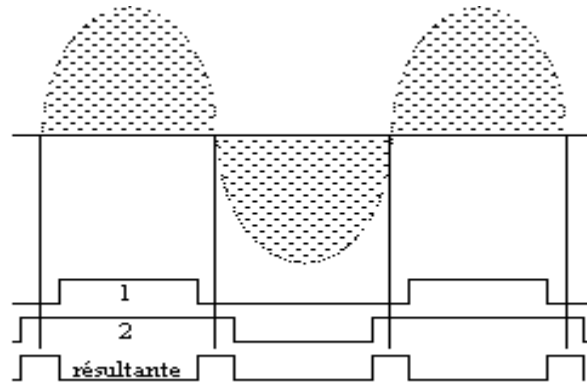


Figure 7: Schéma du détecteur de zéro



III-2-1-b- Analyse

Le montage ci-dessus est aussi appelé **détection double**. Cette astuce permet de centrer le pulse de détection du passage à zéro. Cela requiert 2 circuits de détection, un pour détecter en amont de l'arche positive, et l'autre pour détecter en aval. Le passage à zéro positif sera connu avec le front montant de D2, le passage à zéro suivant sera connu avec le front descendant de D1.



En effet :

A la sortie des diodes nous utilisons des transistors que nous faisons fonctionner en commutation lorsque V_e est comprise entre $-0.6V$ et $+0.6V$ les deux diodes **D1** et **D2** seront bloquées, la sortie est reliée à V_{cc} ; sinon l'une des diodes est passante, le collecteur du transistor se trouve donc relié à la masse.

III-2-1.c. Détermination des résistances :

Les résistances $R1$ et $R4$ doivent être assez grande pour permettre d'avoir le courant de base maximale de saturations des transistors.

Le catalogue en annexe donne $I_b = 100\mu A$

$$R1 = R4 = \frac{V_e - V_d - V_{BE}}{I_b} = \frac{220 - 1.4}{100 \times 10^{-6}} = 2.2M\Omega$$

Nous prendrons 2 résistances de $1M\Omega$.

$R2$ permet de limiter le courant à l'entrée du PIC ($10mA$) :

$$R_2 = \frac{V_{cc}}{I_{pic}} = \frac{5}{10 \times 10^{-3}} = 0.5K\Omega$$

On prend donc $R2=1K\Omega$

III.2.2. Unité de traitement et de calcul

III. 2.2.1. Schéma

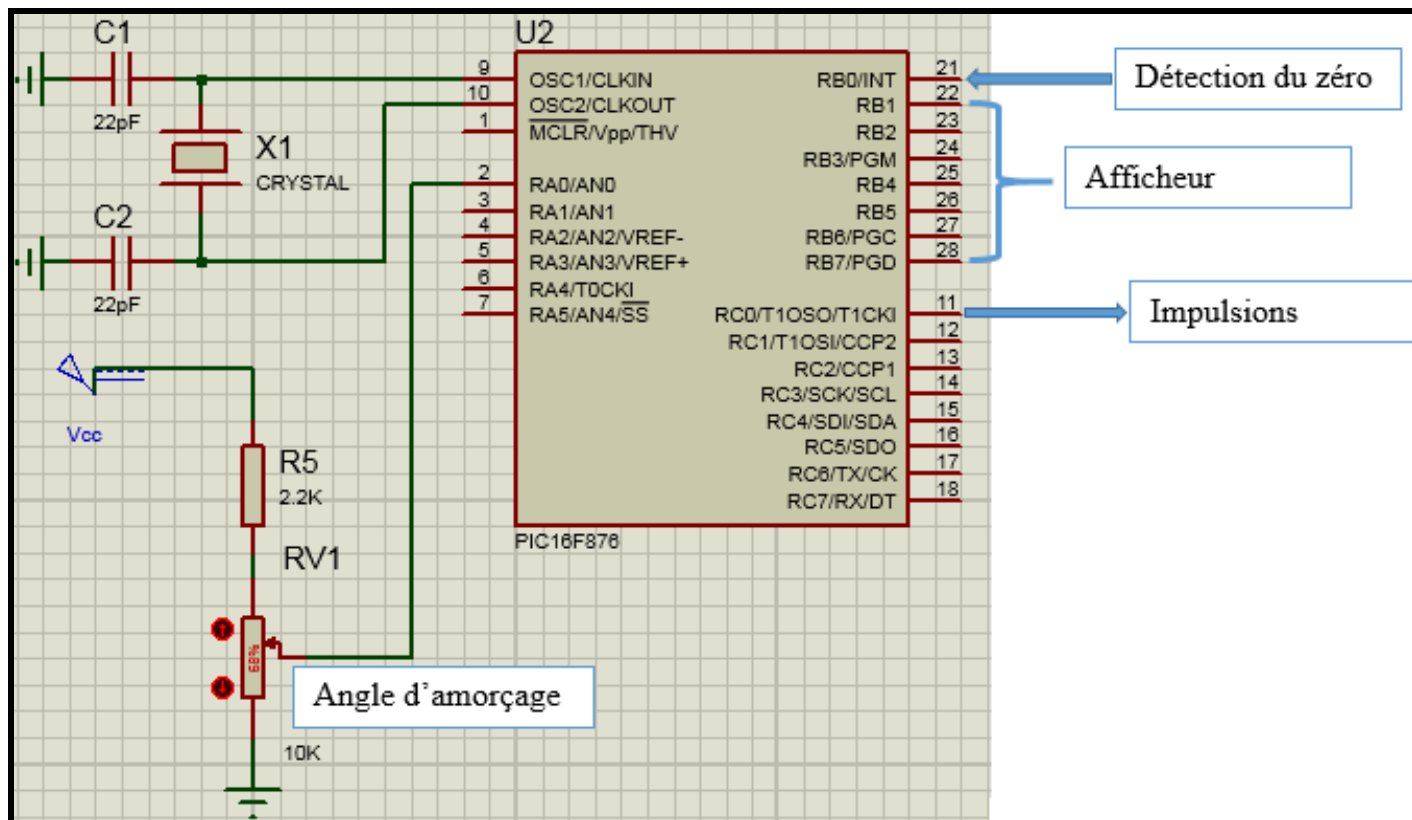
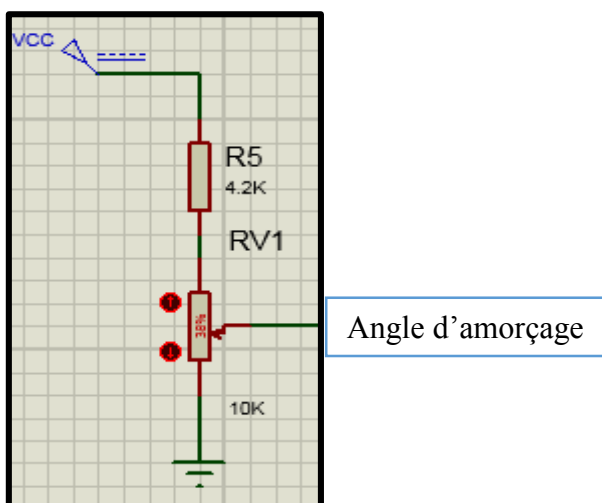


Figure 8: Composants autour du Pic

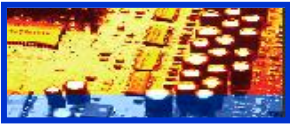
Le microcontrôleur acquiert le signal venant de la variation de l'angle d'amorçage, le converti en un signal numérique(CAN), puis génère des impulsions dont le retard par rapport au passage par zéro du réseau correspond à la valeur numérique du signal acquis.

❖ Choix des composants

- Le circuit d'acquisition



Lors de la configuration du convertisseur on a inséré une résistance de 4.2kΩ pour éviter le débordement de l'angle d'amorçage au niveau de l'afficheur.



Le choix de cette résistance est effectué comme suit :

5V → 255 ; 180(degré) doit → X=3.53V.

Donc la résistance doit permettre d'avoir cette tension limite :

On aura : $5(V) \frac{R}{R+10} = 1.47V \Rightarrow R = 4.18K$, on prend $R = 4.2K$

III.2.3. Etage amplificateur de courant

III.2.3.a-Montage

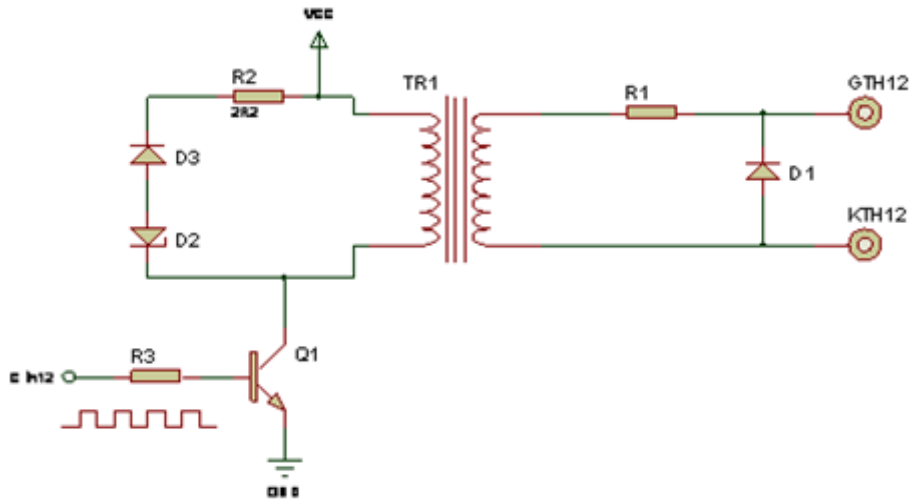


Figure 9: Etage amplificateur de courant et séparation galvanique

III.2.3.b- Analyse du circuit d'isolement

Analyse

Pour protéger l'unité de traitement (pic16F876) de mauvais fonctionnement du circuit de puissance on doit assurer son isolation galvanique du circuit de puissance constitué des thyristors et des diodes. Pour cette raison on fait recourt au **transformateur d'impulsion** (rapport m=1).

III.2.3.c- Etude du circuit d'amplification de courant

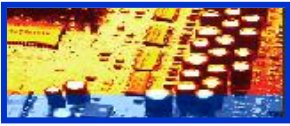
A la sortie du Pic 16 F876, le signal formé d'impulsions n'est pas assez puissant pour pouvoir amorcer les thyristors pour cette raison nous sommes amenés à réaliser un circuit d'amplification de courant afin de piloter les thyristors à partir de sa gâchette.

III.2.3.c- Choix des composants :

Le transistor bipolaire choisi doit avoir un gain permettant d'amplifier le courant à la sortie du PIC ($\leq 10mA$) pour amorcer les thyristors de puissance.

Donc le transistor à choisir doit avoir un $I_b \geq 15mA$; d'où le choix du transistor **2N1711** qui est caractérisé par : $I_{csta}=150mA$; $I_{bsat}=15mA$; $h_{21}=100$, $V_{be}=0.7V$; $V_{CEsat}=0.2V$

- Calcul de I_b

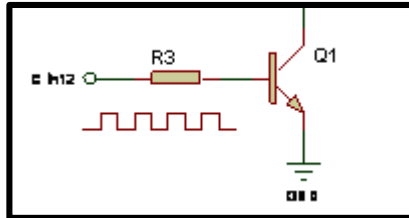


I_{gmax} du thyristor utilisé est de $I_s=30mA$

$I_{cmax} = 4.I_s/m + t_0.U/L$ ($m=1$, $L=21mH$, $t_0=$ durée d'impulsion= $100\mu S$)

$I_{cmax}=122mA$; $I_c/\beta \Rightarrow I_b=1,22mA$

- Calcul de la résistance R_b



Loi des mailles

$$U - U_{rb} - V_{be} = 0$$

$$U_{rb} = U - V_{be}$$

$$R_b \cdot I_b = U - V_{be} \Rightarrow R_b = (U - V_{be}) / I_b \text{ or } V_{be} = 0.7V$$

AN:

$$\text{Donc } R_b = (5 - 0.7) / 1.22 = 3.5K\Omega$$

Par convention $R_b = 4.7 K\Omega$

III.3. La programmation du PIC

III.3.1. Organigramme basic

Notre programme dans sa partie principale, après l'initialisation convertit la tension de commande appliquée sur la broche (RA0) et l'enregistre à chaque boucle dans une variable 'alfa', une interruption de ce programme est générée chaque fois qu'il y a un changement d'état sur la broche RB0 sur laquelle on a branché notre sortie du détecteur de zéro.

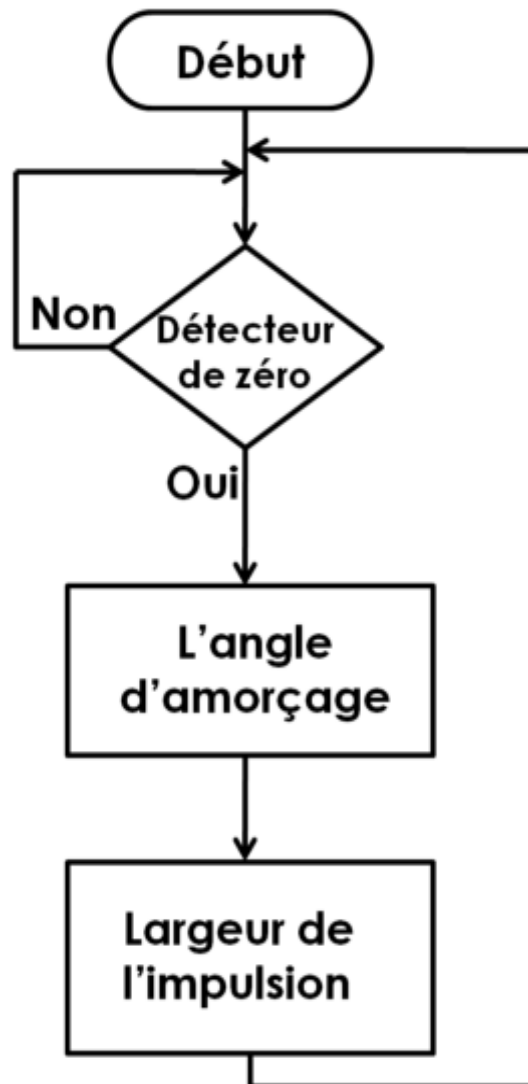
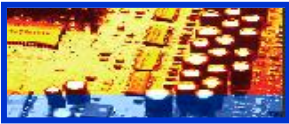


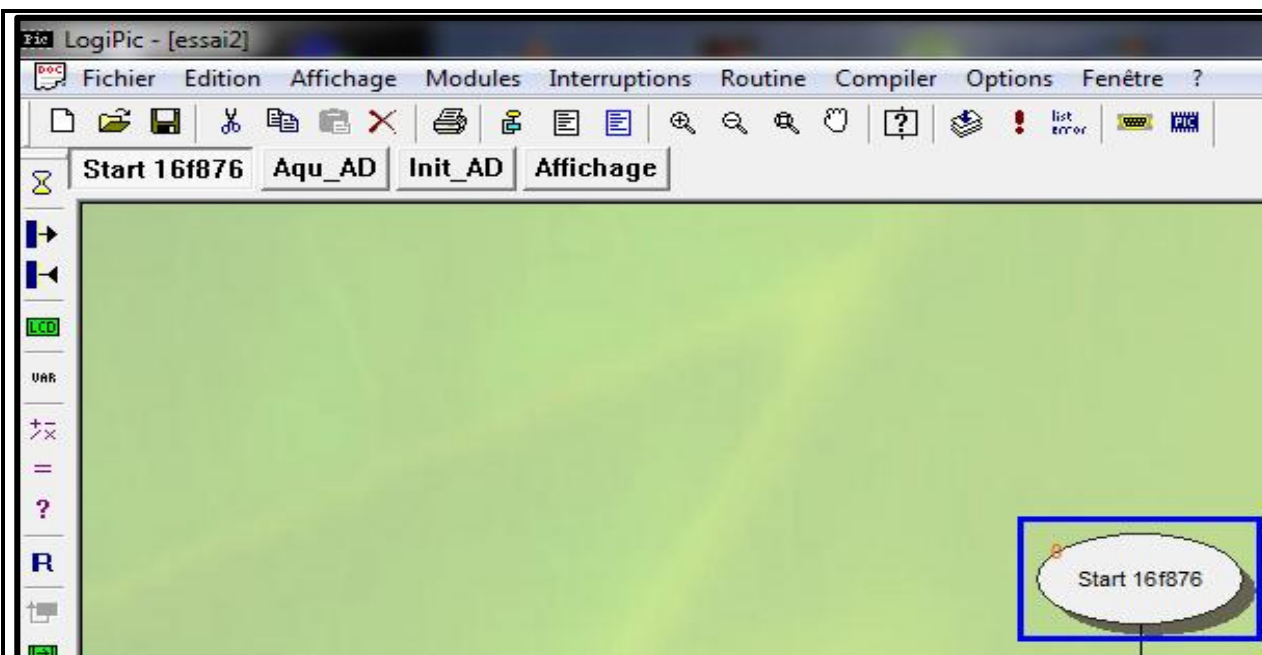
Figure 10: Organigramme du programme

Le programme est élaboré sur un IDE (logiciel), dans notre projet, l'IDE utilisé est LOGIPIC.

III.3.2. L'interface LogiPic

C'est un regroupement de 3 sous logiciels :

- Logipic qui permet de transformer un organigramme en langage compatible avec la programmation (ce langage s'appelle **assembleur**),
- MPASMWIN qui permet de transformer le langage asm en format compatible avec le microprocesseur,
- IC-Prog qui permet d'envoyer le programme dans le microcontrôleur.



Comme le montre son interface, Logipic permet la saisie des organigrammes, cet organigramme est ensuite converti par le logiciel lui-même en assembleur d'une part, puis en Hexadécimal (exécutable par ISIS).

Programme

Notre programme (organigramme) est assez simple et structuré en 3 parties principales :

- **L'acquisition**

Le signal issu du diviseur de tension à rapport variable est appliqué sur le PIN RA0, il sera ensuite converti en une valeur numérique stockée dans la variable « **alpha** ». c'est les deux modules en vert(figure ci-dessous).

Logipic possède déjà un module de CAN(Idmax) ; il suffit donc qu'on précise le pin où est appliqué le signal à convertir.

Le module de test en violet (voir organigramme ci-dessous) vérifie le passage par 0 de la tension secteur.

- **Si non, on continue l'acquisition ;**
- **Si oui temporisation de durée= alpha (modules en verts)**
- **Temporisation terminée, appliquer l'impulsion de durée=80 μ S sur les pins de sortie (RC0 & RC1) ; modules en brune**
- **Terminer par l'affichage du alpha en degré**

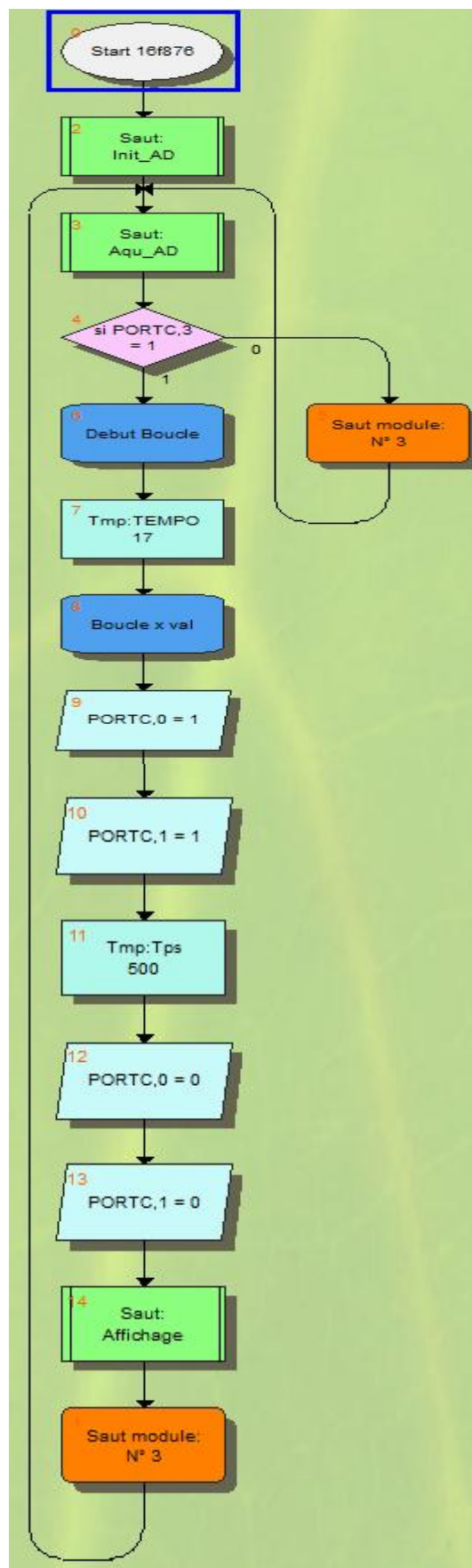
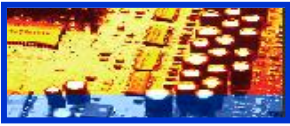


Figure 11:Programme LogiPic



III.3.3. L'affichage

Un des avantages de LogiPic est qu'il sait gérer l'affichage de texte sur un écran LCD.

La gestion se fait en mode 4 bits ce qui réduit le nombre de pin nécessaire au fonctionnement de l'écran. Par défaut, les pins utilisés sont les 0, 3, 4, 5,6 ,7 du port B. Cette attribution peut être modifier dans le menu Options. Le choix du LCD est donc définit par le de bits ; on a 4 bits indispensable donc le LM13 avec 8 bits puis on relie les 4 autres à la masse.

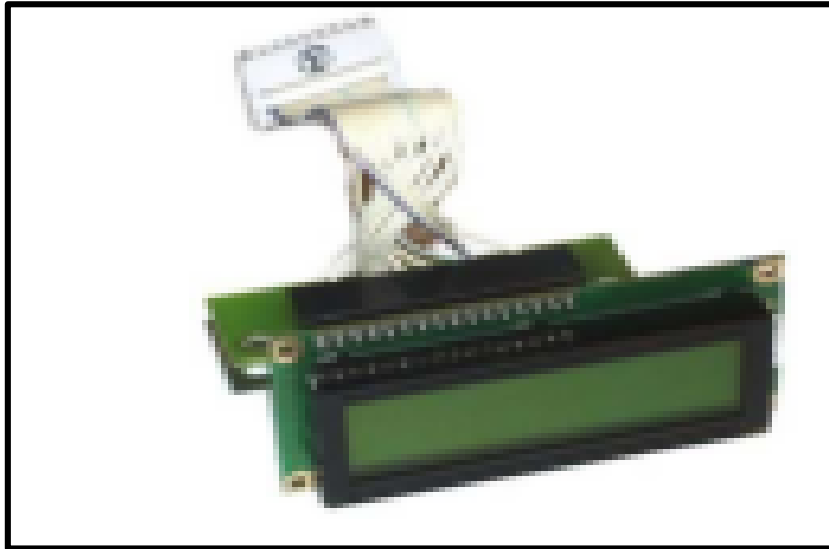


Figure 12:LCD

Algorithme de commande du LCD

L'angle variant de 0 à 180°, alors on définit un coefficient de correspondance tel que :

$180^\circ \rightarrow 255$; soit $k=0.7$

III.4.Schema global

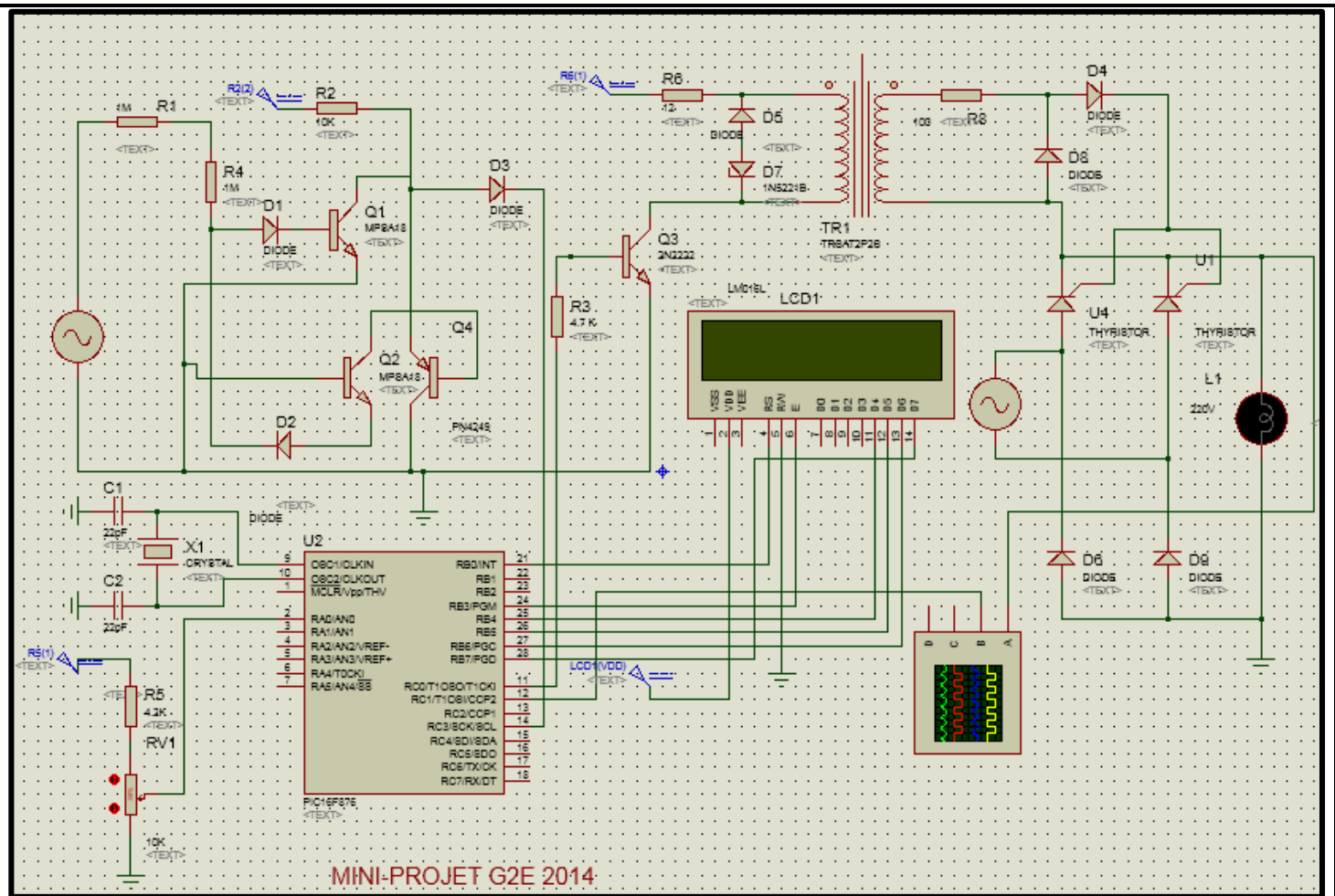
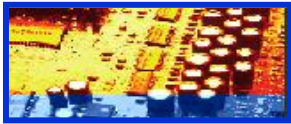
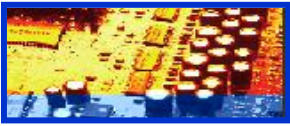


Figure 13: Schéma global du circuit

Conclusion

Nous arrivons au terme de cette partie dédiée au dimensionnement des différents composants. On pense à une solution, on calcule la valeur possible de chaque composant puis on le choisit à base de catalogues constructeur. A partir de la solution adoptée pour répondre au cahier de charges, nous avons choisi le PIC 16F876, dimensionné les composants qui l'accompagnent puis élaboré un programme sous LogiPic.



Chapitre

IV

REALISATION

Introduction

IV.1.Simulation

IV.2.Routage

IV.3. Estimation économique

Conclusion

Introduction

Une fois les composants dimensionnés, avant de passer à un test sur LABDEC, nous avons effectué des simulations sur le logiciel ISIS.

Dans cette partie, nous présentons les résultats de ces simulations ainsi que les étapes de routage de la carte électronique puis terminer par une évaluation du coût de réalisation.



IV.1.Simulations

IV.1.1.Simulation du détecteur de passage par zéro

Le détecteur du double zéro permet d'émettre une impulsion au passage du signal sinusoïdal de l'alternance positive à celle négative et inversement.

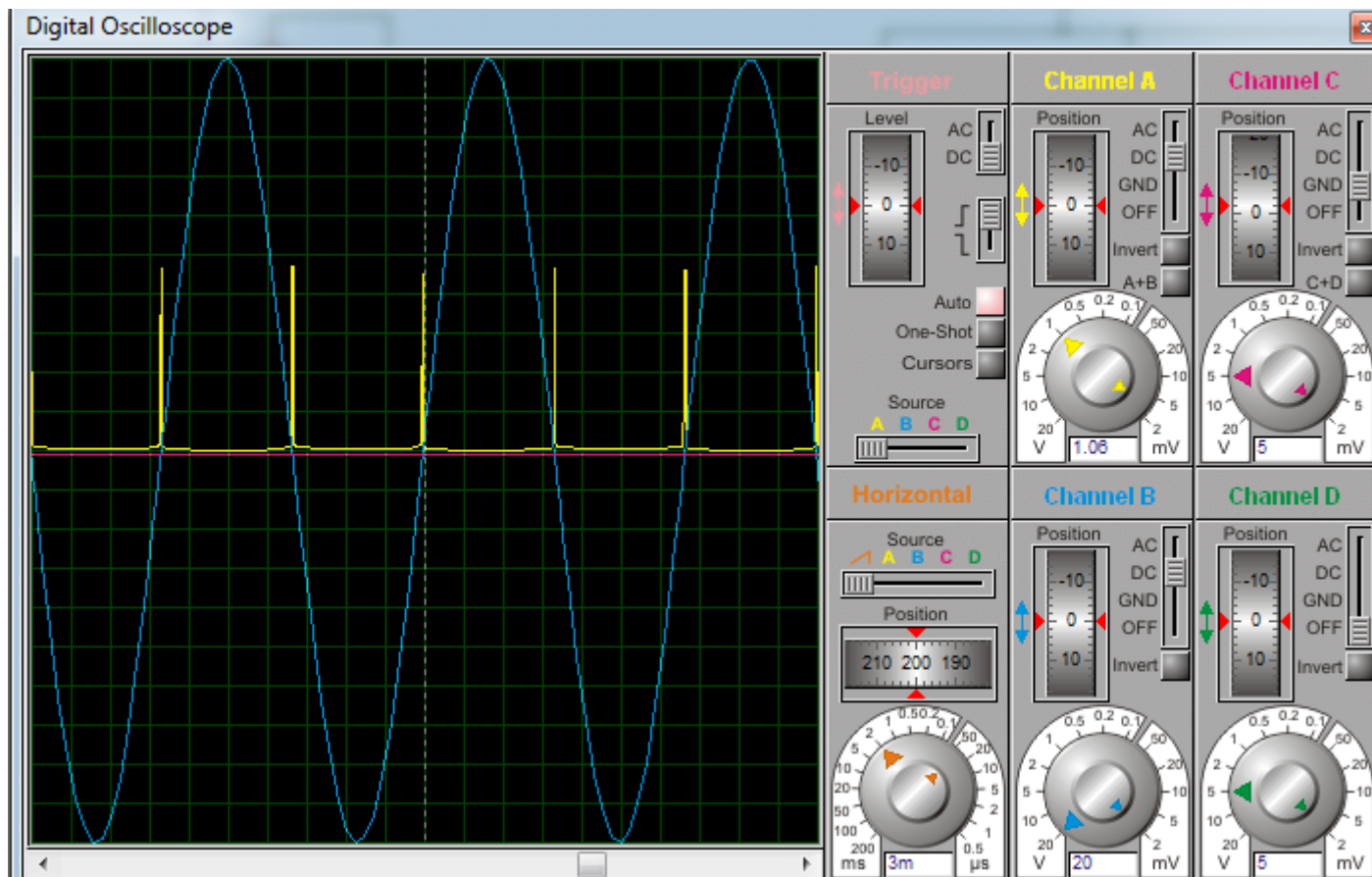


Figure 14:relevés de la détection du zéro

IV.1.2.Simulation du pont sur une charge résistive

Le pont mixte débite sur une charge quelconque de courant moyen $<8A$; la tension dépend fortement de la valeur de l'angle d'amorçage ; et par conséquent le courant aussi.

Pour un angle de 68° , on obtient :

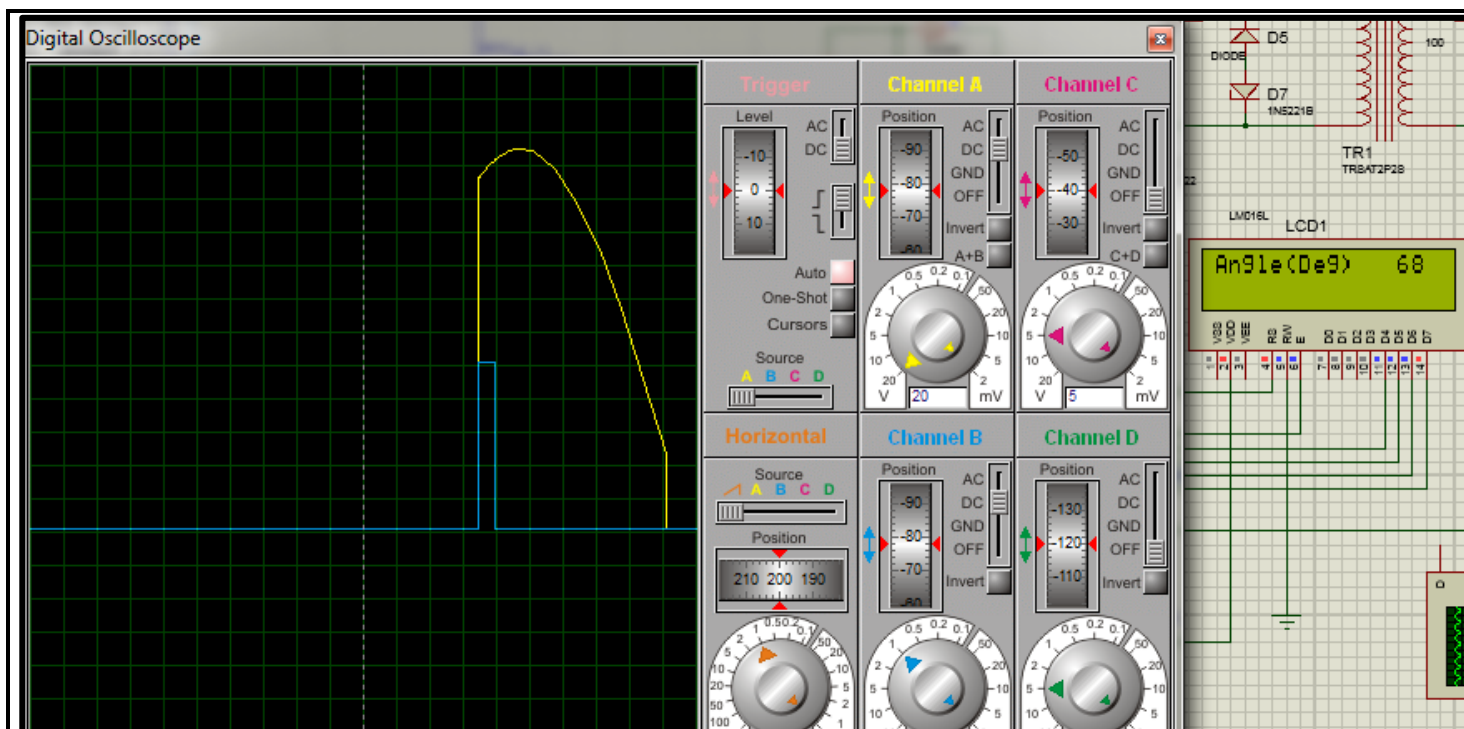


Figure 15: Impulsion et tension redressée

IV.2. Le routage

Le routage est l'opération permettant de réaliser une carte électronique où seront soudés les différents composants. Sa réalisation sur PROTEUS passe par les étapes suivantes :

a. Saisi du schéma sur ISIS :

Dans notre projet, c'est la figure n°13.

b. Octroie de PACKAGE :

Certains composants de la bibliothèque ISIS possède d'avance leur boîtier ou package ; d'autres (TI, LCD, sources, charges,...) n'en possèdent pas. Dans le dernier cas, on crée un package ou on remplace les pattes du composants par des pins ou des connecteurs. On obtient un schéma plus lisible.

c. Passage sous ARES :

Avec PROTEUS 8, il se fait en cliquant simplement sur le label « ARES » en rouge, suivi de « OUTILS », « Net List ». A cette étape tous composants sont transférés de ISIS ver ARES.

d. Dimension de la carte et placement des composants :

La dimension de la carte est le plus souvent fixée par le cahier de charge ou on prend une dimension optimale. On place ensuite les composants dans l'aire délimitée en commençant par ceux qui possèdent plus de pattes ; puis on termine par « Auto-Router ».

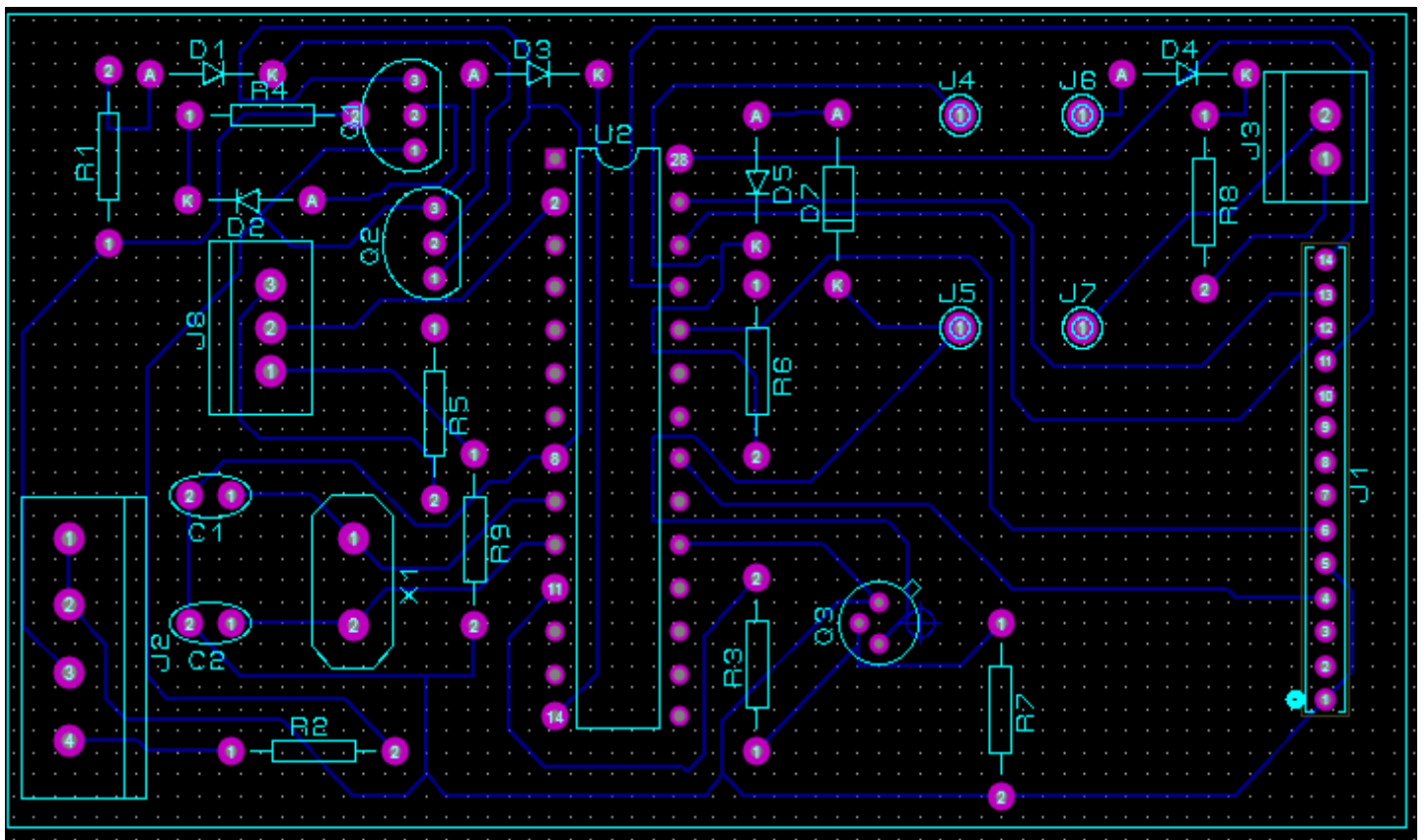
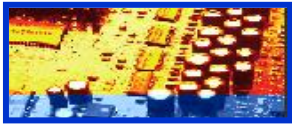


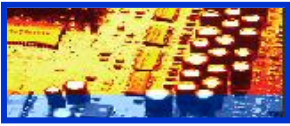
Figure 16:Schéma de routage du circuit

IV.3.Estimation économique



Table 1: Tableau du matériel utilisé

Désignation	Caractéristique	Prix Unitaire(Dhs)	Quantité
PIC	16F76	50	1
Transfo d'impulsion	IT237	160	2
Fusible	1.5A	5	3
Thyristor	2N 6398	22	2
Radiateur	TO220	8	2
Transistor	2N1711	23	2
Transistor	BC847	25	1
Transistor	BC857	25	1
Condensateur	22pF	1.5	2
Quartz	8Mhz	35	1
LCD	LM016L	110	1
Diodes	1N4001	8	12
Potentiomètre	10k	22	1
Résistance	1M	3	2
Résistance	4.2K	2	2
Résistance	100 ohms	1	3
Résistance	1K	1	1
Résistance	12 ohms	1	1
PCB	A4	100	1
TOTAL(Dhs) :	922		

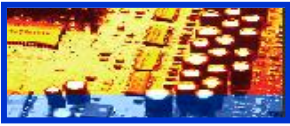


Conclusion :

Dans cette dernière partie, nous avons présenté les résultats de la simulation de notre carte. Sur la base de ces simulations, on a pu également modifier la valeur de certains composants (comme par exemple R12, qu'on a augmenté de 10 à 12 ohms).

La simulation donne les résultats correspondant à la théorie ; notre carte fonctionne.

On a également fait une petite estimation pour connaître le coût de réalisation de la carte, elle s'élève à plus de 900Dhs.



CONCLUSION GENERALE

Ainsi, notre mini projet de la première année du cycle d'ingénieur portait sur la conception et la réalisation d'une carte de commande de thyristors à base de microcontrôleur.

Après une brève aperçue sur les redresseurs monophasés commandés et sur les microcontrôleurs, nous avons procédé au dimensionnement des différentes composantes de la carte.

Après avoir choisi les composants nécessaires, il nous restait qu'à élaborer le programme du PIC sous Logipic.

Une dernière partie a été réservée aux résultats de nos simulations et à l'estimation monétaire de notre mini projet.

La somme nécessaire est de 900 Dhs. Cette valeur est bien inférieure au prix de rien que la carte de commande « CARTE DRIVER UNITED AUTOMATION » qui est de l'ordre de **1300Dhs**.

Notons également que nous n'avons pas encore effectué la réalisation du mini projet mais la simulation marche.

En guise de perspective, on penserait à une utilisation de carte Arduino pour réduire davantage le coût et l'encombrement. Avec trois détecteur de zéro, on pourrait concevoir une commande en triphasé.



ANNEXES :

Annexe 1 : Quelques caractéristiques du PIC 16F876

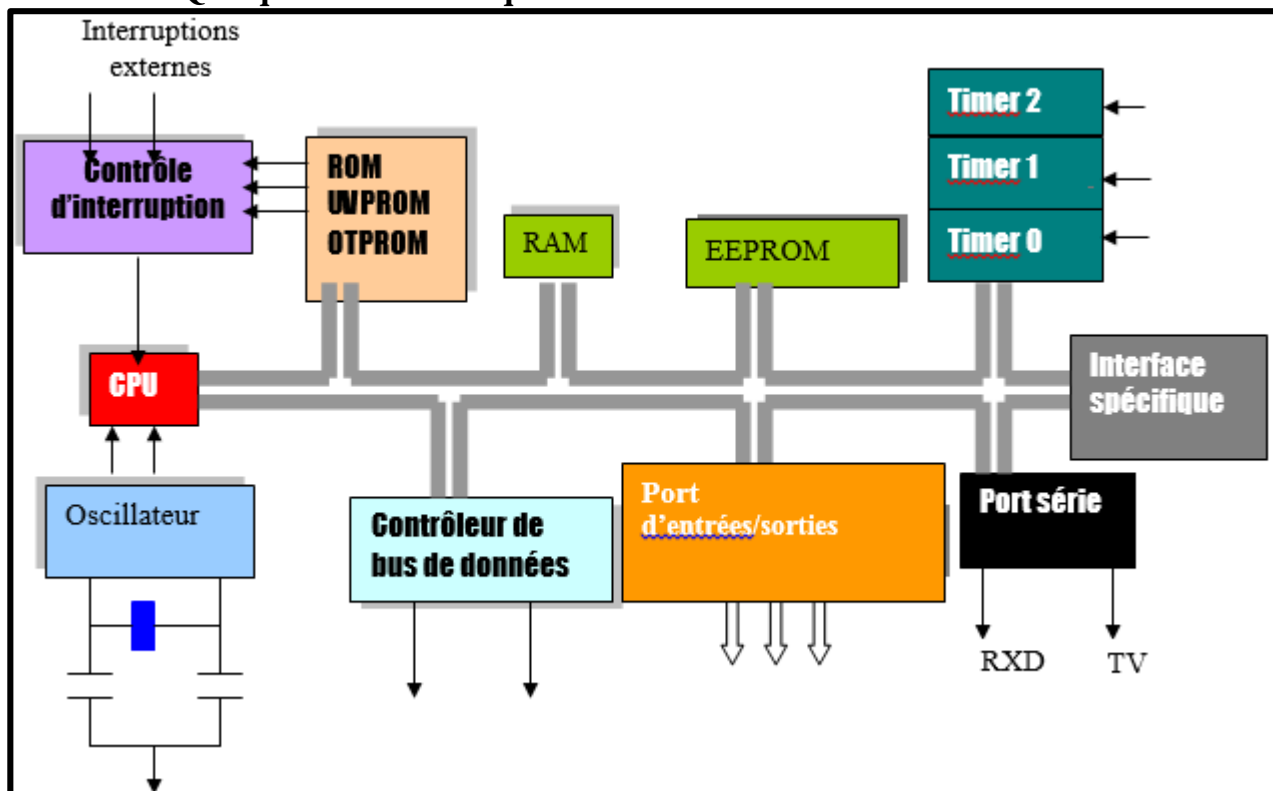


Figure 17: Structure interne du PIC

Table 2: Les sources d'interruption du 16F876

Déclencheur	Flag	Registre	Adr	PEIE	Enable	Registre	Adr
Timer 0	T0IF	INTCON	0x0B	NON	T0IE	INTCON	0x0B
Pin RB0 / INT	INTF	INTCON	0x0B	NON	INTE	INTCON	0x0B
Ch. RB4/RB7	RBIF	INTCON	0x0B	NON	RBIE	INTCON	0x0B
Convert. A/D	ADIF	PIR1	0x0C	OUI	ADIE	PIE1	0x8C
Rx USART	RCIF	PIR1	0x0C	OUI	RCIE	PIE1	0x8C
Tx USART	TXIF	PIR1	0x0C	OUI	TXIE	PIE1	0x8C
Port série SSP	SSPIF	PIR1	0x0C	OUI	SSPIE	PIE1	0x8C
Module CCP1	CCP1IF	PIR1	0x0C	OUI	CCP1IE	PIE1	0x8C
Module CCP2	CCP2IF	PIR2	0x0D	OUI	CCP2IE	PIE2	0x8D
Timer 1	TMR1IF	PIR1	0x0C	OUI	TMR1IE	PIE1	0x8C
Timer 2	TMR2IF	PIR1	0x0C	OUI	TMR2IE	PIE1	0x8C
SSP mode I2C	BCLIF	PIR2	0x0D	OUI	BCLIE	PIE2	0x8D
EEPROM	EEIF	PIR2	0x0D	OUI	EEIE	PIE2	0x8D



Table 3: Les registres du PIC 16F876

00h	INDF	80h	INDF	100h	INDF	180h	INDF
01h	TMR0	81h	OPTION_REG	101h	TMR0	181h	OPTION_REG
02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h	PCL
03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h	STATUS
04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h	FSR
05h	PORTA	85h	TRISA	105h		185h	
06h	PORTB	86h	TRISB	106h	PORTB	186h	TRISB
07h	PORTC	87h	TRISC	107h		187h	
08h	PORD (*)	88h	TRISD (*)	108h		188h	
09h	PORT (*)	89h	TRISE (*)	109h		189h	
0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah	PCLATH
0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh	INTCON
0Ch	PIR1	8Ch	PIE1	10Ch	EEDATA	18Ch	EECON1
0Dh	PIR2	8Dh	PIE2	10Dh	EEADR	18Dh	EECON2
0Eh	TMR1L	8Eh	PCON	10Eh	EEDATH	18Eh	
0Fh	TMR1H	8Fh		10Fh	EEADRH	18Fh	
10h	T1CON	90h					
11h	TMR2	91h	SSPCON2				
12h	T2CON	92h	PR2				
13h	SSPBUF	93h	SSPADD				
14h	SSPCON	94h	SSPSTAT				
15h	CCPR1L	95h					
16h	CCPR1H	96h					
17h	CCP1CON	97h					
18h	RCSTA	98h	TXSTA				
19h	TXREG	99h	SPBRG				
1Ah	RCREG	9Ah					
1Bh	CCPR2L	9Bh					
1Ch	CCPR2H	9Ch					
1Dh	CCP2CON	9Dh					
1Eh	ADRESH	9Eh	ADRESL				
1Fh	ADCON0	9Fh	ADCON1				

Annexe 2 : Caractéristiques des transistors

Marquage composant: 2N1711

Matériau utilisé: Si

Polarité du transistor: NPN

Puissance dissipable maximale pour une température du boîtier de 25°C (Pc): 0.8

Tension collecteur-base (maximale) Ucb: 75

Tension maximale de VCE au delà de laquelle le transistor risque d'être détruit (Uce): 50

Tension émetteur-base (maximale) Ueb: 7

Courant collecteur maximal (Ic): 0.6

Température maximale de jonction (Tj), °C: 175

Fréquence maximale de fonctionnement fT: 70

Capacité collecteur (Cc), pF: 25

Gain en courant DC hFE (hfe): 100

Boîtier: TO5

TRANSISTOR PNP BOITIER SOT-23

Polarité transistor: PNP



Tension Collecteur-Emetteur $V_{(br)ceo}$: 45V
Fréquence de transition f_t : 100MHz
Dissipation de puissance P_d : 250mW
Courant de collecteur DC: 100mA
Gain en courant DC h_{FE} : 125
Type de boîtier de transistor: SOT-23
Nombre de broches: 3
Température de fonctionnement max.: 150°C
MSL: MSL 1 - Illimité
SVHC: No SVHC (16-Jun-2014)
Courant de collecteur continu I_c max.: 100mA
Courant, I_c (h_{fe}): 2mA
Courant, I_c max.. permanent à: 100mA
FB max.: 10dB
Gain Bande-passante f_t , type.: 100MHz
 H_{fe} , min.: 125
Marquage composant: BC857
Marquage, CMS: 3H
Nombre de transistors: 1
Puissance, P_{tot} : 250mW
Température de fonctionnement: -65°C à +150°C
Température d'utilisation min: -65°C
Tension de saturation Collecteur-Emetteur $V_{ce(on)}$: -300mV
Tension, V_{cbo} : 50V
Type de packaging: Bande découpée
Type de terminaison: CMS
 f_t , min.: 100MHz

Annexe 3 : Caractéristiques thyristors

Caractéristiques :

Type : Thyristor

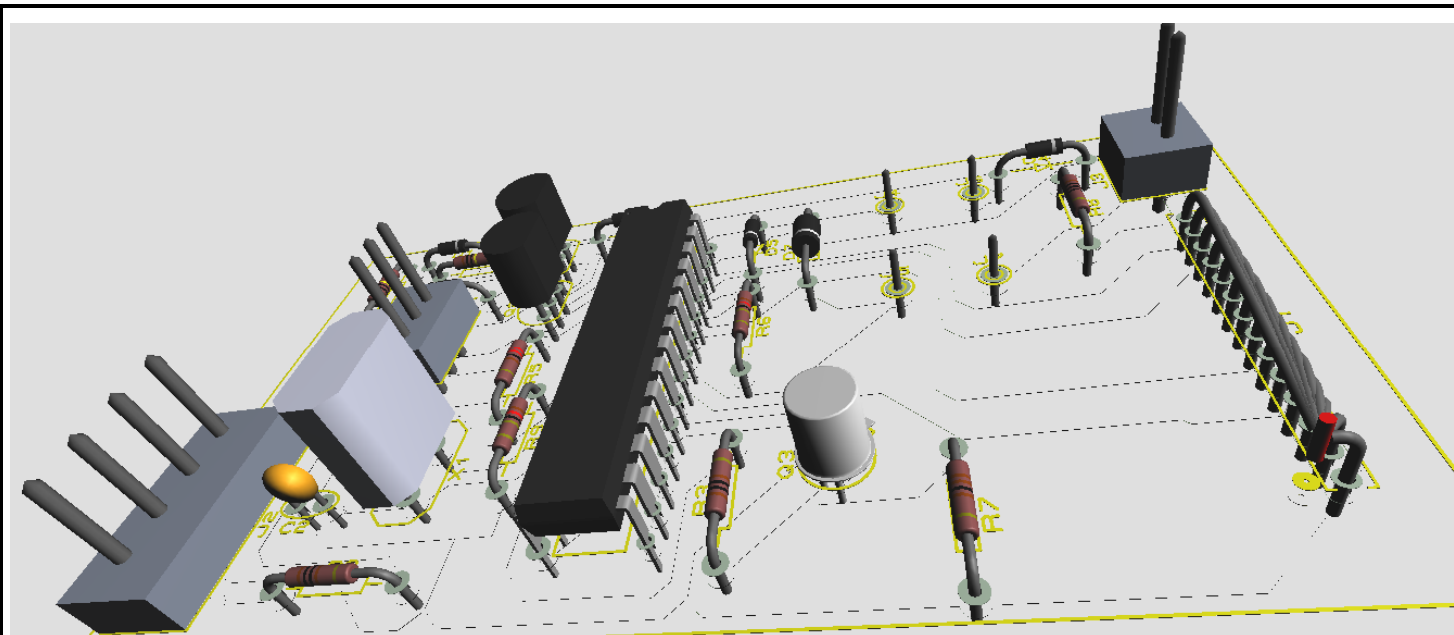
Boîtier : TO220

I_{max} : 12A

Tension : 600V

I_G max : 30mA

Vue De la carte



WEBLIOGRAPHIE

Cours Electronique de Puissance M Kandoussi,

Redressement monophasé commandé C.P.G.E-TSI-SAFI

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F876>

http://users.skynet.be/epatix/0_10v.htm

http://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_gradateur_lumiere_013.html

<http://idmax.free.fr/Coach/Coach.html>

Livre d'Electronique de puissance collection Dunod,

Cours microcontrôleur de M. Baloutti

