

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Communication

Thème

**Contribution à la conception et à la
réalisation d'un softstarter pour un moteur
asynchrone triphasé de puissance**

Proposé et dirigé par :

M^r. OURABIA Nadir

Présenté par :

M^r. ABDELLAOUI Omar

&

M^r. CHERIDI Ali

Année universitaire 2008/2009

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Nous remercions vivement M^r. OURABIA Nadir, 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, le président du jury, d'avoir accepté de juger ce travail et de présider le jury.

Nos vifs remerciements et notre profond respect vont également aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail, leurs remarques seront vivement appréciés.

Nous sommes reconnaissants à M^{lle} ABDELLAOUI Karima, chargée de cours à l'université Mouloud Mammeri, pour son aide et ses conseils judicieux.

Notre profonde gratitude va à Messieurs BERCHICHE et AZZAM pour leur gentillesse et leur accueil chaleureux au laboratoire.

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 Mouloud Mammeri.

Dédicaces

A mes très chers parents qui m'ont accompagné durant toute ma vie et qui m'ont apporté l'amour et le soutien dont tous les enfants rêveraient d'avoir.

A mes grandes sœurs Sarah et Asma et mon petit frère Akrame pour leurs gentillesse et leurs compréhension.

A mes beaux frères Kamel et Nazim qui sont comme des frères pour moi.

A cet adorable petit bébé qui illuminera bientôt le cœur et la vie de la famille.

Je dédie mon travail

A la mémoire de mes grands parents
la famille
chers parents

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	01
I. RAPPELS SUR LES MOTEURS ASYNCHRONES	03
I.1. INTRODUCTION	03
I.2. LA CONSTITUTION	03
I.2.1. Le stator (partie fixe du moteur)	04
I.2.2. Le rotor	04
A. Le rotor à cage d'écureuil	04
B. Le rotor bobiné	05
I.3. LE SYMBOLE ELECTRIQUE	06
I.4. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	06
I.4.1. La vitesse de synchronisme	06
I.4.2. Le glissement	07
I.4.3. Le fonctionnement à vide	08
I.4.4. Le fonctionnement en charge	08
I.4.5. Le couple	08
I.4.6. Les caractéristiques mécaniques	08
I.5. LE BILAN DES PUISSANCES	10
I.5.1. La puissance électrique absorbée " P_a "	10
I.5.2. Les pertes par effet joule au stator " P_{JS} "	10
I.5.3. Les pertes fer au stator " P_{FS} "	10
I.5.4. La puissance transmise " P_{TR} "	10
I.5.5. Les pertes par effet joule au rotor P_{JR}	11
I.5.6. Les pertes fer au rotor P_{FR}	11
I.5.7. Le couple électromagnétique C_{em}	11
I.5.8. Les pertes mécaniques P_m	11
I.5.9. La puissance électromagnétique P_e	11
I.5.10. La puissance utile P_U	11
I.5.11. Le rendement	12
I.6. LE DEMARRAGE DU MOTEUR	12
I.7. CONCLUSION	16

II.SOFTSTARTER	17
II.1. INTRODUCTION	17
II.2. LA STRUCTURE DU SOFTSTARTER	17
II.2.1. Le module de puissance	19
II.2.2. Le module de contrôle	21
II.2.1. L'alimentation	22
II.2.2.2. Le microcontrôleur	23
A. Le brochage du pic 16F877	24
B. Les ports	24
C. La configuration minimale du PIC	25
1. L'alimentation	25
2. Le circuit d'initialisation	25
3. L'Oscillateur	25
D. Le rôle du pic 16F877 dans le module de commande	26
II.2.2.3. Le circuit R/2R	26
II.2.2.5. Le bloc de visualisation	28
A. L'afficheur LCD	28
B. Le brochage de l'afficheur LCD	28
C. Le fonctionnement de l'afficheur LCD	29
II.2.2.4. Le générateur de dents de scie	30
II.2.2.5. Le comparateur	31
III.CONCEPTION ET REALISATION	33
III.1. LA CONCEPTION MATERIELLE	33
III.1.1. Introduction	33
III.1.2. Le module de puissance	33
III.1.2.1. Le schéma électrique	33
III.1.2.2. Le circuit imprimé du module de puissance	33
III.1.2.3. L'implantation des composants	36
III.1.2.4. La nomenclature des composants de la carte de puissance	37
III.1.3. Le module de commande	38
III.1.3.1. Le schéma électrique	38

III.1.3.2. Le circuit imprimé du module de commande	39
III.1.3.3. L'implantation des composants	40
III.1.3.4. La nomenclature des composants de la carte commande	41
III.1.4. Le générateur de dents de scie	42
III.1.4.1. Le schéma électrique	42
III.1.4.2. Le circuit imprimé des générateurs de dents de scie	43
III.1.4.3. La nomenclature des composants de la carte de générateur de dents de scie	44
III.2.LA CONCEPTION LOGICIELLE	45
III.2.1. Introduction	45
III.2.2. La programmation du PIC16F877A	45
III.2.2.1. Le Micro Basic	45
III.2.2.2. L'IC Prog	45
III.2.3. L'organigramme du programme	46
III.2.4. L'explication du programme	50
CONCLUSION	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

Figure 01. Les moteurs électriques	03
Figure 02. Le stator	04
Figure 03. Schéma de principe d'une cage d'écureuil	05
Figure 04. Schéma d'un rotor bobiné.	05
Figure 05. Symboles électriques du moteur asynchrone à rotor bobiné (a) et à cage d'écureuil (b)	06
Figure 06. Schéma de principe du fonctionnement du moteur asynchrone d'écureuil	07
Figure 07. Allure du couple utile T_u d'un moteur asynchrone en fonction de n et g	09
Figure 08. Bilan des puissances	10
Figure 09. Caractéristiques types de courant et de couple lors du démarrage étoile – triangle	13
Figure 10. Rapport entre les courants avec couplage étoile et couplage triangle	14
Figure 11. Commutation étoile-triangle avec contacteurs	15
Figure 12. Connexion correcte du moteur	16
Figure 13. Structure générale du softstarter	18
Figure 14. Schéma explicitant le principe de fonctionnement sur une phase	19
Figure 15. Transfert de puissance par thyristors	20
Figure 16. MAS alimentée par un softstarter.	21
Figure 17. Schéma électrique de l'alimentation du softstarter	23
Figure 18. Brochage du pic 16F877 monté avec le circuit d'horloge	24
Figure 19. Configuration minimale du PIC 16F877	26
Figure 20. Circuit R/2R.	27
Figure 21. Câblage de l'Afficheur LCD	29
Figure 22. Générateur de dents de scie	30
Figure 23. Le comparateur	31
Figure 24. Variation du rapport cyclique du signal de commande	31
Figure 25. Schéma bloc du fonctionnement général.	32
Figure 26. Schéma électrique du module de puissance	34
Figure 27. Circuit imprimé du module de puissance	35

Figure 28. Implantation des composants	36
Figure 29. Schéma électrique du module de commande	38
Figure 30. Circuit imprimé du module de puissance	39
Figure 31. Implantation des composants de la carte commande	40
Figure 32. Schéma électrique des générateurs de dent de scie	42
Figure 33. Circuit imprimé des générateurs de dents de scie	43
Figure 34. Implantation des composants des générateurs de dents de scie	43
Figure 35. Programmation du PIC sous IC Prog-	46
Figure 35. Organigramme du programme	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01. Les valeurs des fréquences et des capacités.	25
Tableau 02. Les conditions du brochage de l'afficheur LCD	28
Tableau 03. Nomenclature des composants du module de puissance	37
Tableau 04. Nomenclature des composants de la carte de commande	41
Tableau 05. Nomenclature des composants de la carte de générateur de dents de scie	44

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Annexe logicielle

Annexe 2. Annexe matérielle

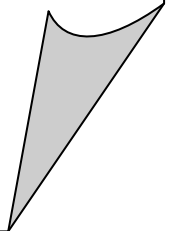
LISTE DES ABREVIATIONS

C_{em}	couple électromagnétique
$\cos\phi$	facteur de puissance
g	glissement
I	intensité du courant de ligne
I_A	caractéristique de courant avec commutation étoile triangle
I_D	courant avec couplage triangle
I_e	courant de service nominal du moteur
I_{LY}	courant d'alimentation avec couplage étoile
I_{LD}	courant d'alimentation avec couplage triangle
I_W	courant d'enroulement
I_Y	courant avec couplage étoile
MAS	moteur asynchrone
M_D	couple avec couplage triangle
M_E	couple avec couplage étoile
M_L	couple résistant
n_s	vitesse de rotation du rotor (tr/s)
n	vitesse de rotation de synchronisme du champ tournant (tr/s)
P_a	puissance électrique absorbée
P_{js}	pertes par effet joule au stator
P_{ts}	pertes fer au stator
P_{tr}	puissance transmise
P_{jr}	pertes par effet joule au rotor
P_{fr}	pertes fer au rotor
P_m	pertes mécaniques

P_M	puissance mécanique totale
P_e	puissance électromagnétique
P_U	puissance utile
R	résistance d'une phase statorique.
R_r	résistance d'une phase rotorique.
Th	thyristor
U	tension entre deux phases du moteur.
U_e	tension réseau entre phases.
U	valeur efficace aux bornes de la charge
U_{eff}	valeur efficace a l'entrée du softstarter
V	volts
Z_w	impédance enroulement
α	angle d'amorçage
Γ	rendement

INTRODUCTION

GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

Grâce à leur simplicité, leur robustesse et leur coût attractif, les moteurs à cage sont les moteurs les plus souvent utilisés dans l'industrie. En commutation directe, ils absorbent un courant de démarrage jusqu'à 8 fois plus important que le courant nominal. La ligne électrique de l'usine n'est pas capable de fournir ce courant. Pour ne pas détériorer le moteur, il convient de réduire cet appel.

Il existe deux procédés :

- ❖ utilisation de résistances de démarrage ;
- ❖ démarrage sous tension réduite.

Pour démarrer sous tension réduite, deux solutions peuvent être apportées :

- ❖ une tension réduite puis sous tension nominale : démarrage étoile triangle.
- ❖ une tension réduite puis progressivement la tension nominale : utilisation d'un softstarter.

Pour le démarrage étoile-triangle, dans un premier temps : à la mise sous tension, les enroulements statoriques du moteur sont couplés en étoile. Ainsi, le couple de démarrage est divisé par 3 et l'appel de courant par 3.

Dans un second temps : les enroulements statoriques sont couplés en triangle, le moteur fonctionne sur ses caractéristiques naturelles.

La valeur de la vitesse angulaire, à l'instant où le basculement du couplage étoile vers le couplage triangle a lieu, est d'une grande importance :

- ❖ si cette vitesse est trop faible l'appel de courant est très important,
- ❖ si cette vitesse est trop proche de la vitesse de synchronisme le moteur risque de caler.

A cause du couple de démarrage réduit, la commutation étoile-triangle consiste à diminuer, le temps du démarrage, la tension d'alimentation et convient bien aux entraînements avec une grande masse mobile, mais peu à ceux avec un couple résistant augmentant avec la vitesse. Elle est utilisée de préférence dans les applications où l'entraînement est soumis à une charge seulement après l'accélération. Ce procédé n'est donc possible que si le moteur a été conçu pour fonctionner en triangle sous la tension composée du réseau.

Ce démarrage convient aux machines de moyenne puissance ($P < 50\text{KW}$) démarrant de préférence à vide ou à faible couple résistant.

Au cours de notre étude, nous nous intéresserons au démarrage progressif (softstarter). Par ce procédé, on augmente progressivement la tension efficace aux bornes du moteur, ce qui évite les à-coups tout en réduisant la pointe du courant d'appel. Ce résultat est obtenu par l'intermédiaire d'un gradateur à thyristors.

Nous nous sommes fixés comme objectif le démarrage sous tension réduite dont nous allons illustrer des solutions pour le démarrage.

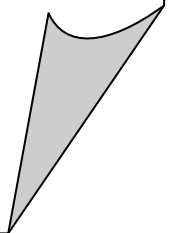
Dans ce travail, nous consacrerons la première partie aux rappels sur les moteurs asynchrones et les softstarters et par la suite la conception matérielle et logicielle des plaques pour le démarrage des moteurs asynchrones.

CHAPITRE I

RAPPELS SUR LES

MOTEURS

ASYNCHRONES



I. RAPPELS SUR LES MOTEURS ASYNCHRONES

I.1. INTRODUCTION

Les moteurs électriques sont des convertisseurs d'énergie électrique en une énergie mécanique.

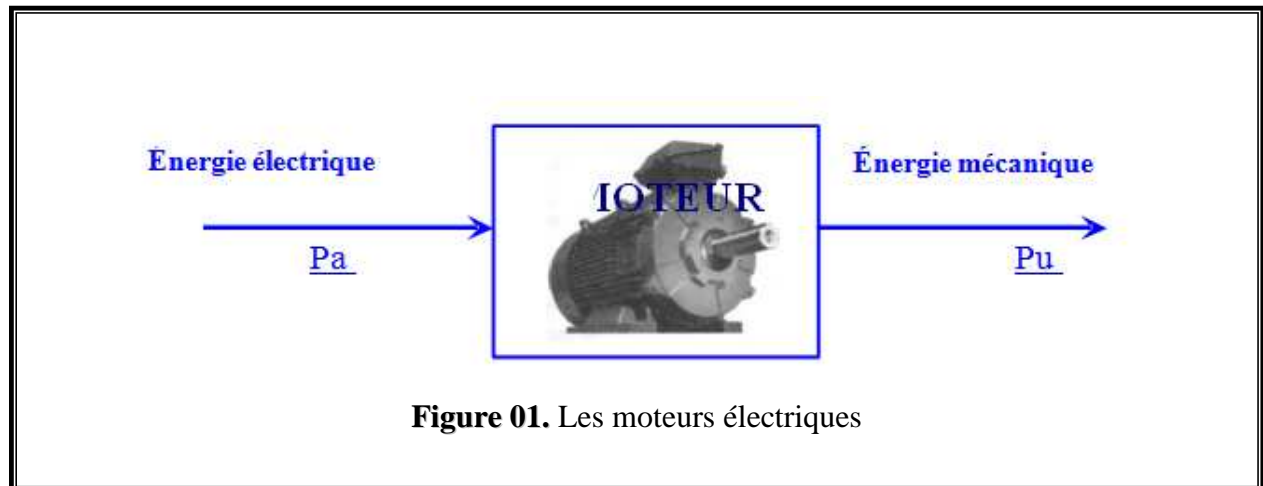


Figure 01. Les moteurs électriques

Le moteur asynchrone est une machine tournante aussi appelé moteur à induction. Sa particularité est de fonctionner avec un induit en court-circuit, sur lequel il n'y a pas donc besoin de connexion électrique. Ceci permet de s'affranchir des problèmes liés aux collecteurs et aux balais, rencontrés dans les moteurs à courant continu par exemple.

Ce moteur peut, selon sa construction, être relié par son circuit inducteur à un réseau électrique alternatif monophasé ou polyphasé. Nous étudierons pour notre part le cas où le moteur est alimenté par un réseau triphasé. En effet, les moteurs triphasés présentent pour une masse donnée des performances jusqu'à 50% supérieures à leurs homologues monophasés.

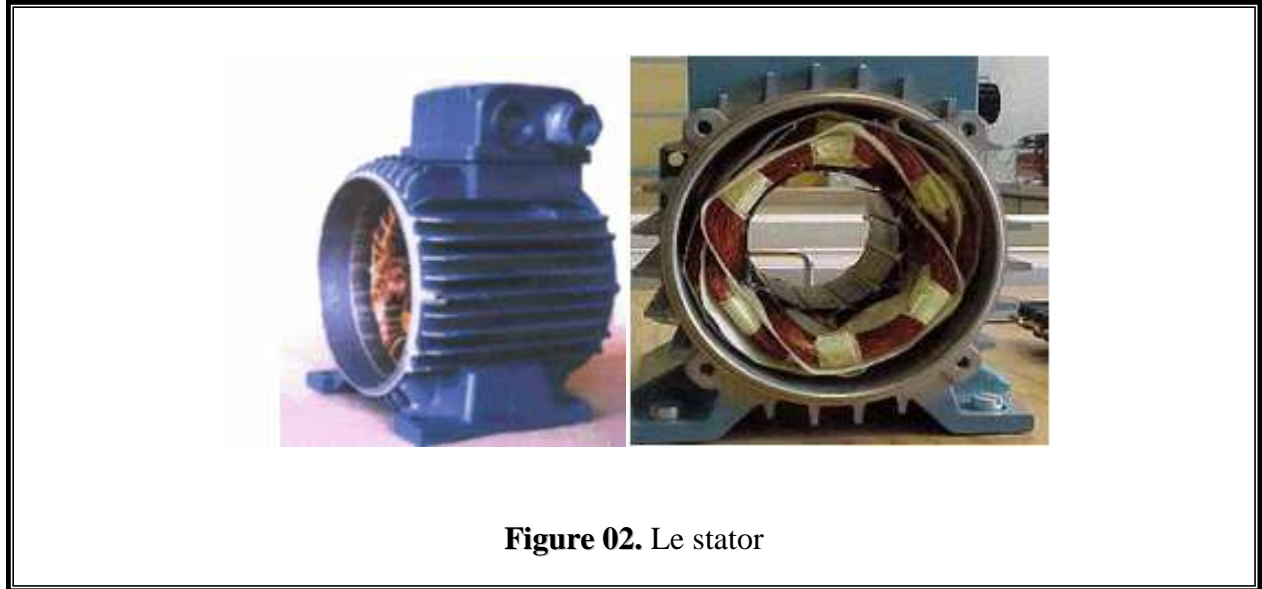
Pour les applications de puissance, au-delà de quelques kilowatts, les moteurs asynchrones sont uniquement alimentés par des systèmes de courants triphases.

I.2. LA CONSTITUTION

Les moteurs asynchrones, sont pratiquement tous des moteurs triphasés, ils sont basés sur l'entraînement d'une masse métallique par l'action d'un champ tournant. Ils comportent deux armatures à champ tournant coaxiales, l'une est fixe et l'autre est mobile, on les appelle aussi respectivement stator et rotor.

I.2.1. Le stator (partie fixe du moteur)

Le stator est une couronne faite de tôles magnétiques, isolées entre elles par un vernis. Les tôles sont munies d'encoches qui renferment un bobinage triphasé à une couche, bobinage qui est relié au réseau. Il est appelé également inducteur ou primaire, car c'est au champ tournant qu'il développe que sont dus les courants induits du rotor.

**I.2.2. Le rotor**

Le rotor n'est lié électriquement à aucune source d'énergie, ni continue, ni alternative. Le courant dans ses enroulements est uniquement induit par le champ statorique.

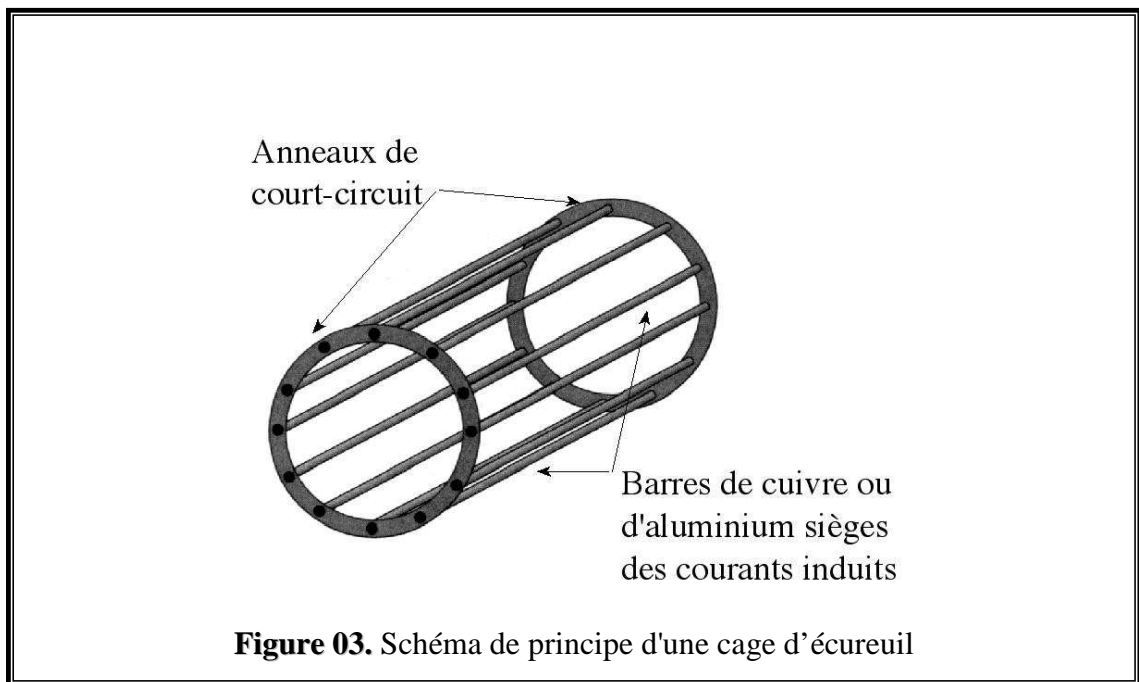
On distingue deux catégories de moteur asynchrone en fonction du type de rotor :

- ❖ Rotor à cage d'écureuil
- ❖ Rotor bobiné

A. Le rotor à cage d'écureuil : Il porte un ensemble de barres conductrices, en aluminium, logées dans un empilement de tôles.

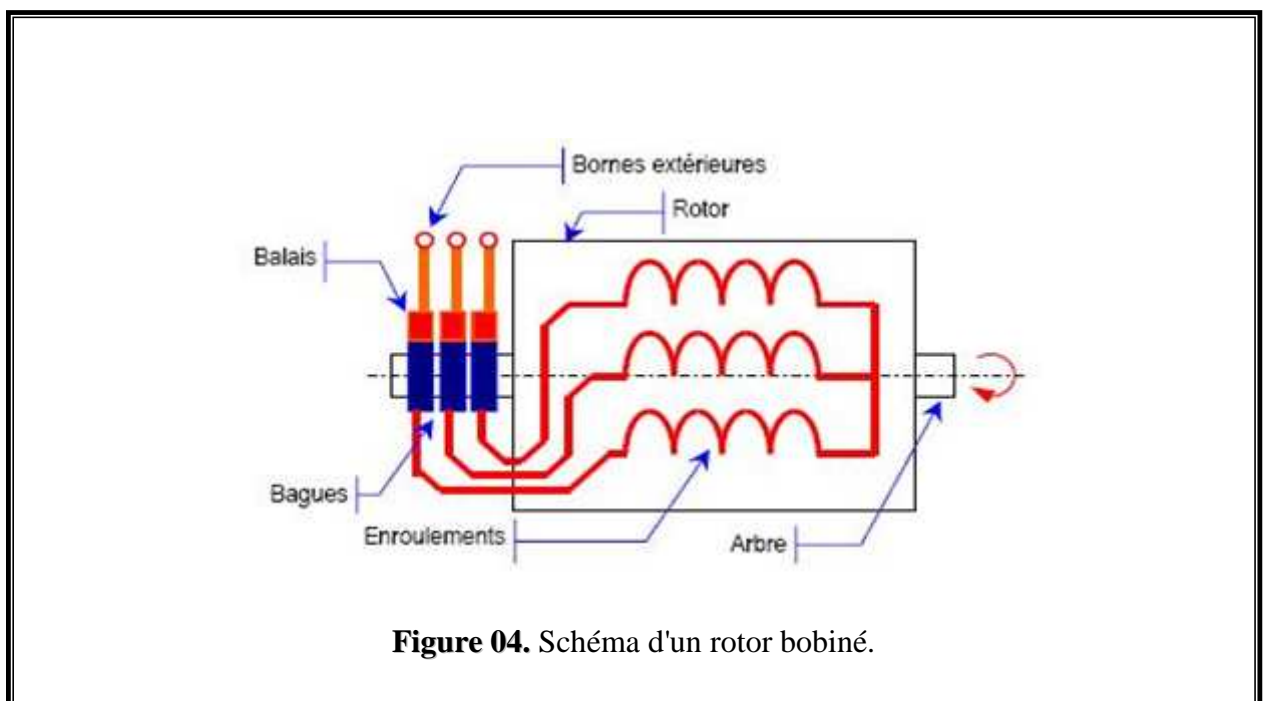
Les extrémités des barres sont réunies par deux couronnes conductrices.

Remarque : Le rotor en cage d'écureuil est court-circuité.



B. Le rotor bobiné

Il peut, théoriquement, être quelconque mais il est préférable qu'il soit triphasé. Les trois enroulements peuvent être couplés en étoile ou en triangle, leurs extrémités sont réunies à trois bagues sur lesquelles frottent des balais.



I.3. LE SYMBOLE ELECTRIQUE

Les symboles électriques du moteur asynchrone dans le cas d'un rotor bobiné et dans celui d'un rotor à cage d'écureuil sont reportés sur la figure 5.

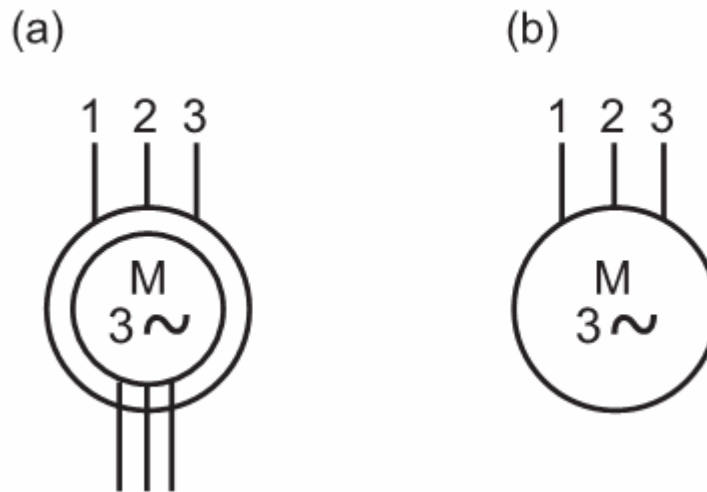


Figure 05. Symboles électriques du moteur asynchrone à rotor bobiné (a) et à cage d'écureuil (b)

I.4. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le stator crée au niveau de l'entrefer un champ magnétique tournant à la vitesse $\Omega = \omega/p$ (vitesse de synchronisme) et à la fréquence $n = f/p$.

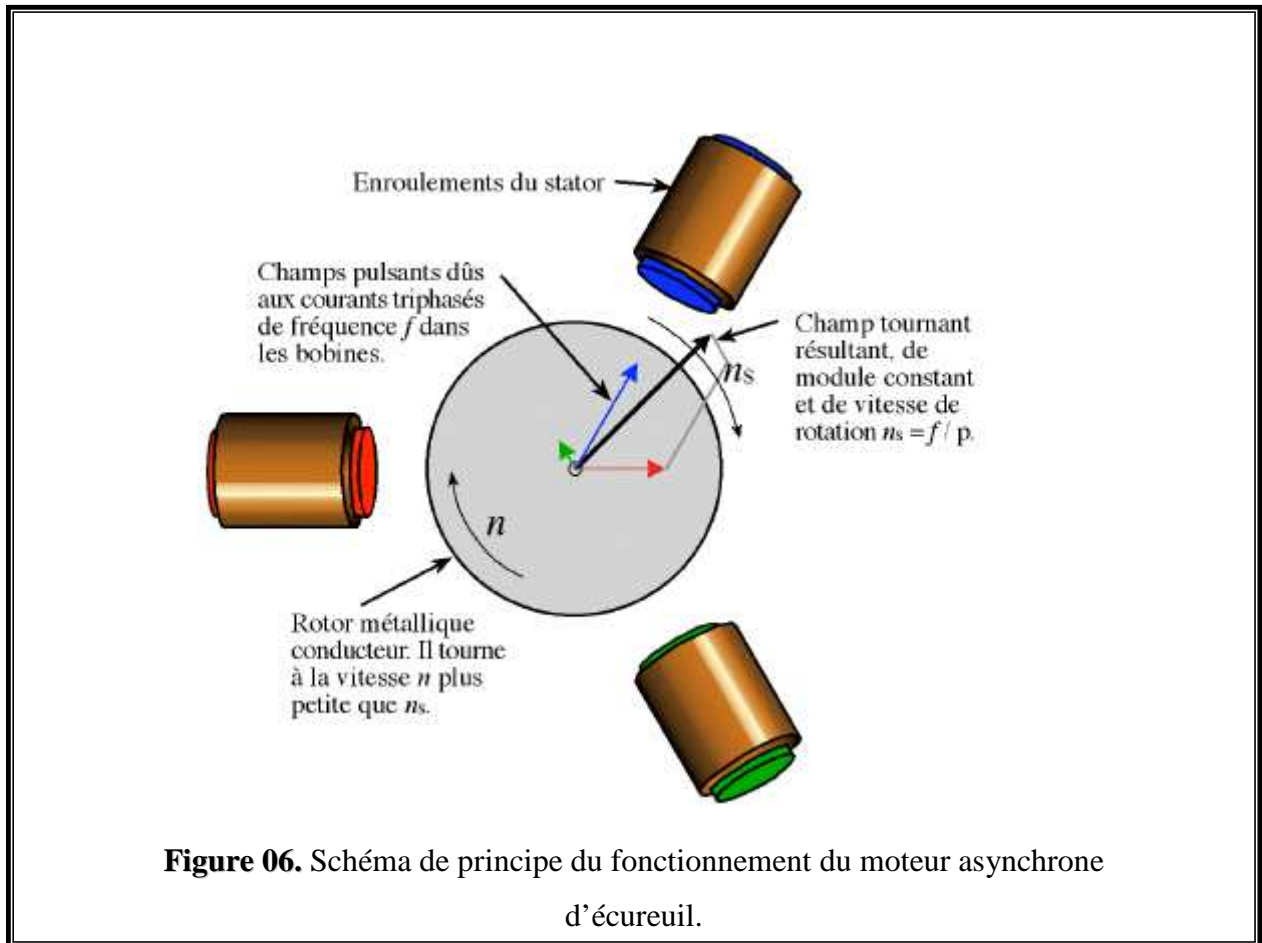
Le rotor, soumis à ce champ tournant, génère des courants induits qui, conformément à la loi de Lenz, s'opposent à cette rotation en entraînant la rotation du rotor dans le même sens, à la vitesse Ω_s (à la fréquence ns).

Remarque : En charge, cette vitesse Ω_s est toujours légèrement inférieure à Ω .

I.4.1. La vitesse de synchronisme

On appelle vitesse de synchronisme la vitesse N_s à laquelle tourne le flux tournant c'est-à-dire le champ statorique qui est proportionnelle à la fréquence de la source d'alimentation et inversement proportionnelle au nombre de pôles :

$$N_s \text{ (tr/s)} = \frac{60 f}{p}$$



I.4.2. Le glissement

Le moteur est dit asynchrone car il est impossible au rotor d'atteindre la même vitesse que le champ statorique : le rotor a toujours un temps de retard sur les courants statoriques. Cela peut se comprendre de façon intuitive puisque le champ tournant doit d'abord donner naissance aux courants rotoriques avant d'interagir avec eux. Or, si le rotor arrivait à tourner à la même vitesse que le champ magnétique tournant, l'ensemble des conducteurs constituant le rotor seraient plongés dans un flux magnétique qui, pour eux, deviendrait constant : la relation de Faraday ne serait plus vérifiée. De fait, les courants rotoriques ne seraient pas induits et ne pourraient produire de couple : le rotor du moteur ne serait alors plus entraîné.

La différence de vitesse entre le rotor et le champ statorique est appelé le glissement, nous le noterons g .

Le glissement dépend de la charge mécanique du moteur : plus le moteur doit délivrer un couple important, plus le rotor glisse. En effet, on peut imaginer qu'un rotor ayant une charge plus importante ait plus de difficulté à suivre le champ magnétique. Le glissement est défini par les vitesses de synchronisme et du rotor selon la relation :

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{n_s - n}{n_s}$$

g : le glissement

n_s : vitesse de rotation du rotor (tr/s)

n : vitesse de rotation de synchronisme du champ tournant (tr/s)

I.4.3. Le fonctionnement à vide

A vide le moteur n'entraîne pas de charge.

❖ **Conséquence** : le glissement est nul, le moteur tourne à la vitesse de synchronisme.

A vide : $g = 0$ et donc : $n_s = n$

❖ **Autres observations**

Le facteur de puissance à vide est très faible ($< 0,2$) et le courant absorbé reste fort, on parle alors de courant réactif ou magnétisant (ils servent à créer le champ magnétique).

I.4.4. Le fonctionnement en charge

Le moteur fournit maintenant de la puissance active, le stator appelle un courant actif.

Remarque : le moteur asynchrone est capable de démarrer en charge.

I.4.5. Le couple

Le rotor tourne sous l'effet du couple qui est généré par le flux tournant réel qui est le flux d'entrefer résultant des deux flux rotorique et statorique appelé couple électromagnétique ,on distingue aussi le couple utile qui est disponible sur l'arbre du moteur sous forme de puissance entraînant la charge.

I.4.6. Les caractéristiques mécaniques

Nous avons reporté sur la figure 7 l'allure de la caractéristique du couple utile d'un moteur asynchrone en fonction de la vitesse de rotation et du glissement $T_u = F(n)$:

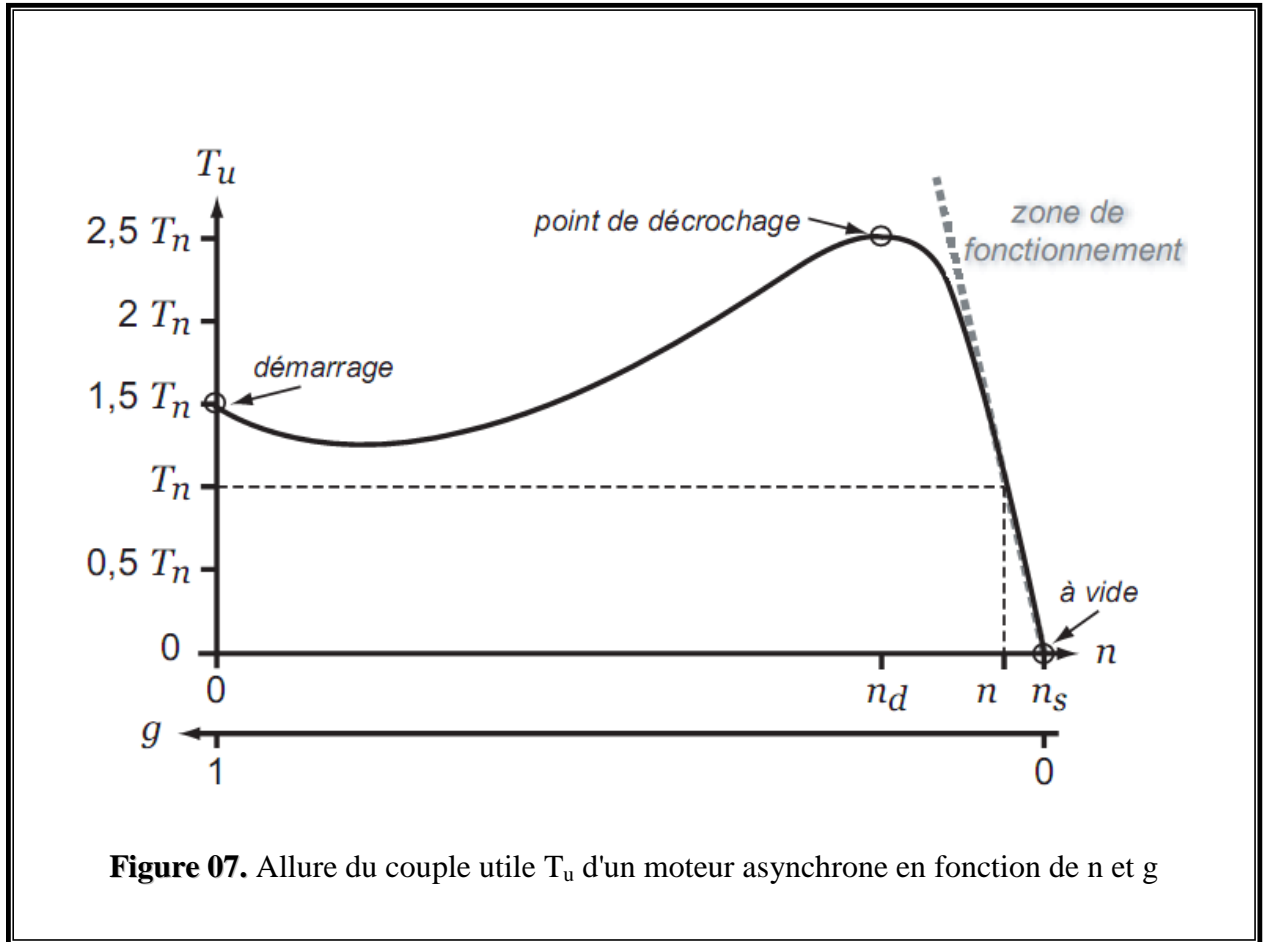


Figure 07. Allure du couple utile T_u d'un moteur asynchrone en fonction de n et g

n : vitesse de rotation du rotor.

g : le glissement.

T_n : la valeur nominale T_u .

Le couple varie avec la fréquence de rotation pour le moteur et pour la charge entraînée.

Les caractéristiques du moteur et de la charge se croisent au point de fonctionnement pour lequel les couples moteur et résistant sont identiques.

Les coordonnées du point de fonctionnement se déterminent soit par une méthode graphique ou par une méthode analytique.

Pour la méthode analytique : la charge à un couple résistant $T_R = k.n$ et le moteur a pour couple utile : $T_U = a n + b$

Les coordonnées du point de fonctionnement sont trouvés en résolvant $T_U = T_R$.

Les caractéristiques de quelques charges :

Machine à puissance constante (compresseur) : $T_R = \frac{K}{n}$.

Machine à couple constant (levage) : $T_R = K$.

Machine à couple proportionnelle à la vitesse (pompe) : $T_R = K n$.

Machine à couple proportionnelle au carré de la vitesse (ventilateur): $TR = K n^2$.

I.5. LE BILAN DES PUISSANCES

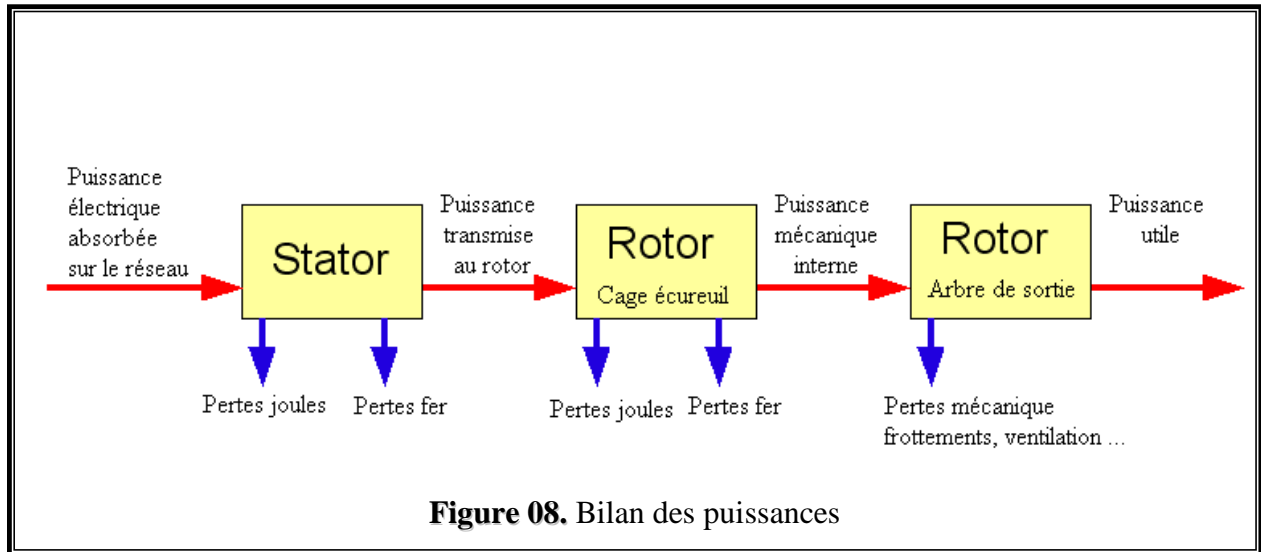


Figure 08. Bilan des puissances

I.5.1. La puissance électrique absorbée "P_a"

La puissance P_a fournie au stator d'un moteur asynchrone est :

$$P_a = UI\sqrt{3}\cos\varphi$$

U: tension entre deux phases du moteur.

I: l'intensité du courant de ligne.

cosφ: : facteur de puissance.

I.5.2. Les pertes par effet joule au stator "P_{JS}"

Ce sont les pertes électriques dissipés par effet joule dans les enroulements statoriques.

$$P_{JS} = \frac{3}{2} RI^2$$

I²: l'intensité du courant de ligne.

R: résistance d'une phase statorique.

I.5.3. Les pertes fer au stator "P_{FS}"

Les pertes d'énergie dans le fer du stator dépendent de la tension U et de la fréquence f elles sont donc constantes si le moteur est couplé au réseau.

I.5.4. La puissance transmise "P_{TR}"

C'est la puissance du champ magnétique (puissance électromagnétique).

$$P_{TR} = P_a \pm (P_{JS} + P_{FS}).$$

I.5.5. Les pertes par effet joule au rotor P_{JR}

Ce sont les pertes dissipées dans les enroulements statoriques :

$$P_{JR} = 3R_r I_r^2$$

R_r : résistance d'une phase rotorique.

I_r : la valeur efficace du courant traversant l'enroulement rotorique.

I.5.6. Les pertes fer au rotor P_{FR}

Elles sont négligeables puisqu'elles dépendent de la fréquence rotorique qui est faible.

I.5.7. Le couple électromagnétique C_{em}

Les forces qui s'exercent sur les conducteurs du rotor tournent à la vitesse Ω_s et le rotor tourne à la vitesse Ω , l'action de l'ensemble des forces électromagnétiques crée ce qu'on appelle un couple électromagnétique résultant d'expression :

$$C_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega}$$

I.5.8. Les pertes mécaniques P_m

Elles regroupent les pertes par frottement et par ventilation :

$$P_m = P_M - P_U$$

I.5.9. La puissance électromagnétique P_e

Le couple électromagnétique de moment C_{em} entraîne le moteur à la vitesse Ω , il lui communique de la puissance mécanique P_M qui sera égale:

$$P_e = C_{em} \cdot \Omega = P_{tr} \frac{\Omega}{\Omega_s}$$

I.5.10. La puissance utile P_U

La puissance utile P_U fournie par le moteur est inférieure à la puissance mécanique.

$$P_U = P_M - P_m$$

Cette partie de puissance est disponible sur l'arbre du moteur, elle fut celle chargée de l'entraînement.

I.5.11. Le rendement

Le rendement du moteur asynchrone est égal au quotient de la puissance utile produite P_U sur la puissance électrique absorbée P_a .

$$\Gamma = \frac{P_U}{P_a}$$

I.6. LE DEMARRAGE DU MOTEUR

Les courants de démarrage élevé ont souvent comme conséquence une chute de tension nocive. Les couples de démarrage élevés nécessitent des courants élevés, c'est la raison pour laquelle les distributeurs d'électricité fixent des valeurs limites pour les courants de démarrage des moteurs, par rapport aux courants de fonctionnement nominaux. Les valeurs permises varient d'un réseau à l'autre en fonction de la charge. En ce qui concerne la mécanique, des procédés qui diminuent les couples de démarrage sont souhaitables.

Pour diminuer les courants et les couples, il existe deux procédés :

1. utilisation de résistances de démarrage.
2. démarrage sous tension réduite.

Dans notre étude, nous nous intéresserons plus au démarrage sous tension réduite pour laquelle nous allons apporter des solutions pour le démarrage.

▪ Démarrage étoile triangle

Les enroulements sont couplés en étoile avec le réseau. La tension aux bornes de chaque enroulement est ainsi réduite par un facteur $1/\sqrt{3}=0,58$. Avec ce couplage, le couple de démarrage atteint environ 30% de la valeur obtenue avec un couplage en triangle. A l'enclenchement, le courant est réduit à un tiers du courant avec enclenchement direct, c'est-à-dire typiquement à 2 à 2,5 I_e .

A cause du couple de démarrage réduit, la commutation étoile triangle convient bien aux entraînements avec une grande masse mobile, mais peu à ceux avec un couple résistant augmentant avec la vitesse. Elle est donc utilisée de préférence dans les applications où l'entraînement est soumis à une charge seulement après l'accélération.

Parmi les applications possibles, citons les presses, les centrifugeuses, les pompes, les ventilateurs, etc.

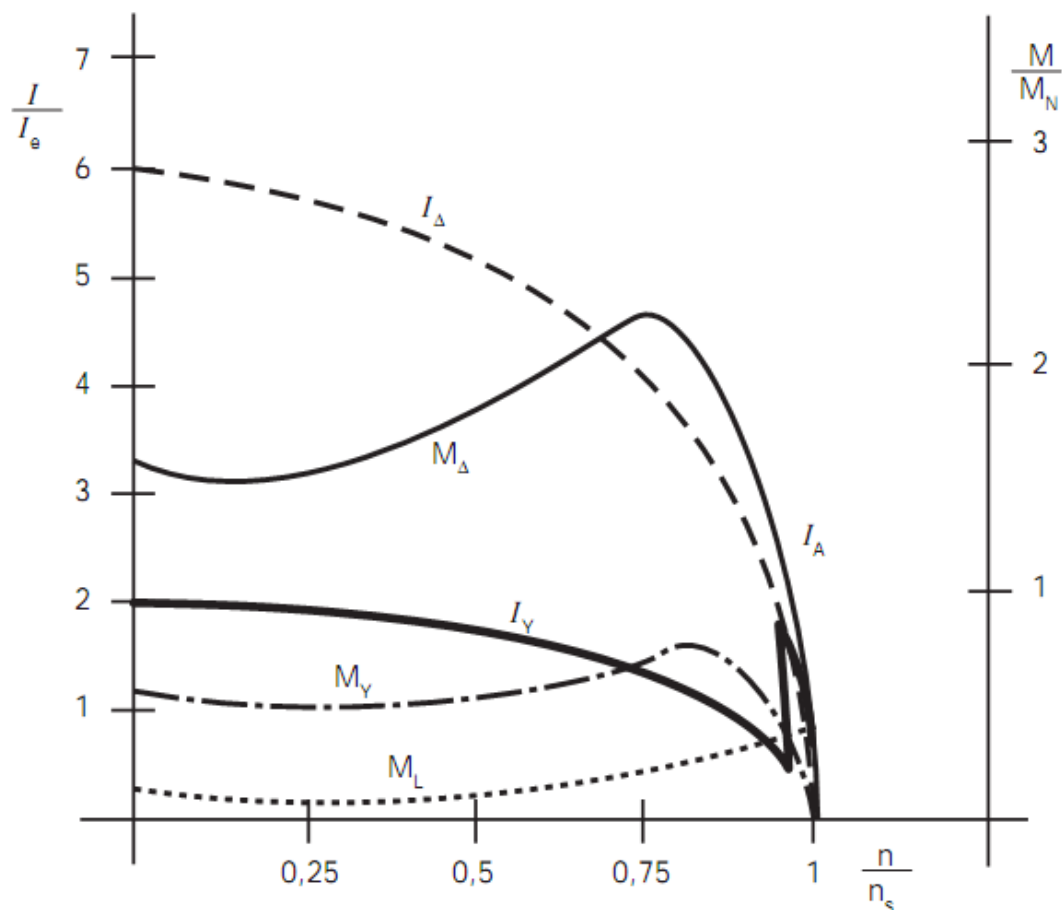


Figure 09. Caractéristiques types de courant et de couple lors du démarrage étoile - triangle.

I : courant moteur.

n : vitesse de rotation

I_e : courant de service nominal du moteur.

n_s : vitesse synchrone

M_D : couple avec couplage triangle.

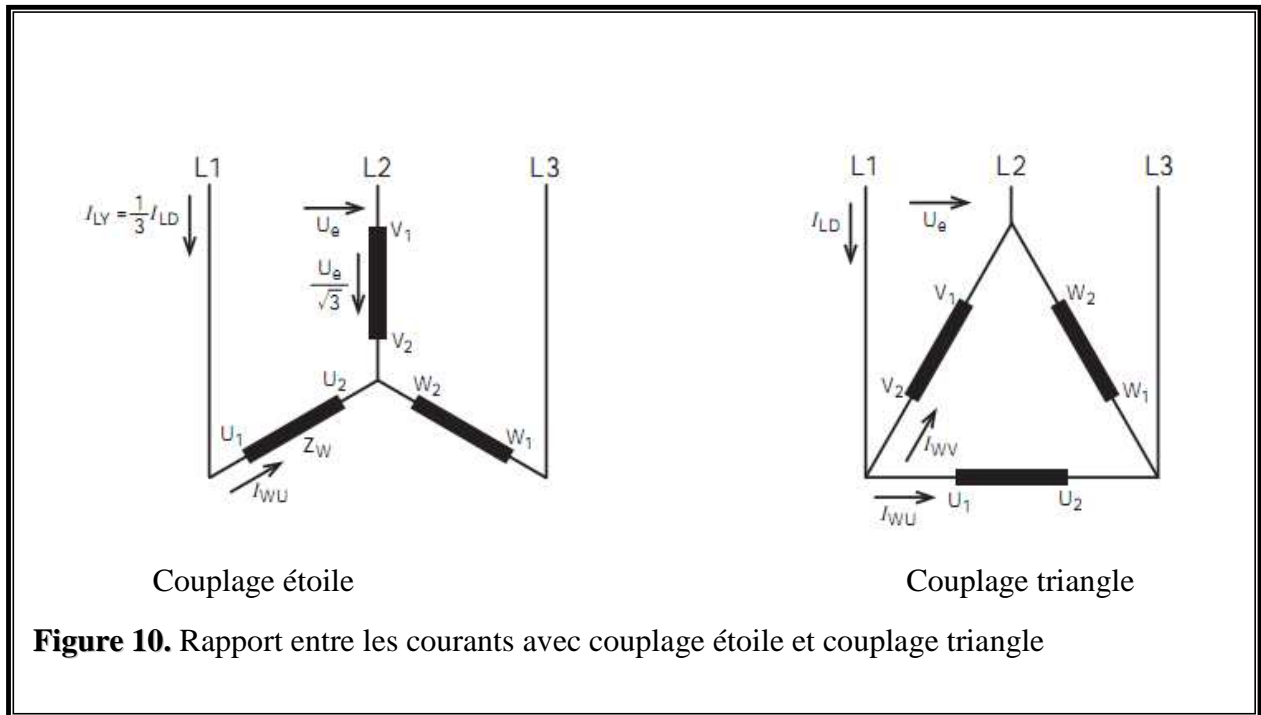
M_L : couple résistant

M_E : couple avec couplage étoile.

I_Y : courant avec couplage étoile

I_D : courant avec couplage triangle.

I_A : caractéristique de courant avec commutation étoile triangle.



$$I_{LY} = I_{WU} = \frac{U_e}{\sqrt{3} Z_W}$$

$$\vec{I}_{LD} = \vec{I}_{WU} + \vec{I}_{WV}$$

$$I_{LD} = I_W \sqrt{3} = \frac{U_e}{Z_W} \sqrt{3} = 3 I_{LY}$$

$$I_{LY} = \frac{1}{3} I_{LD}$$

I_{LY} : courant d'alimentation avec couplage étoile.

I_{LD} : courant d'alimentation avec couplage triangle.

I_W : courant d'enroulement.

U_e : tension réseau entre phases.

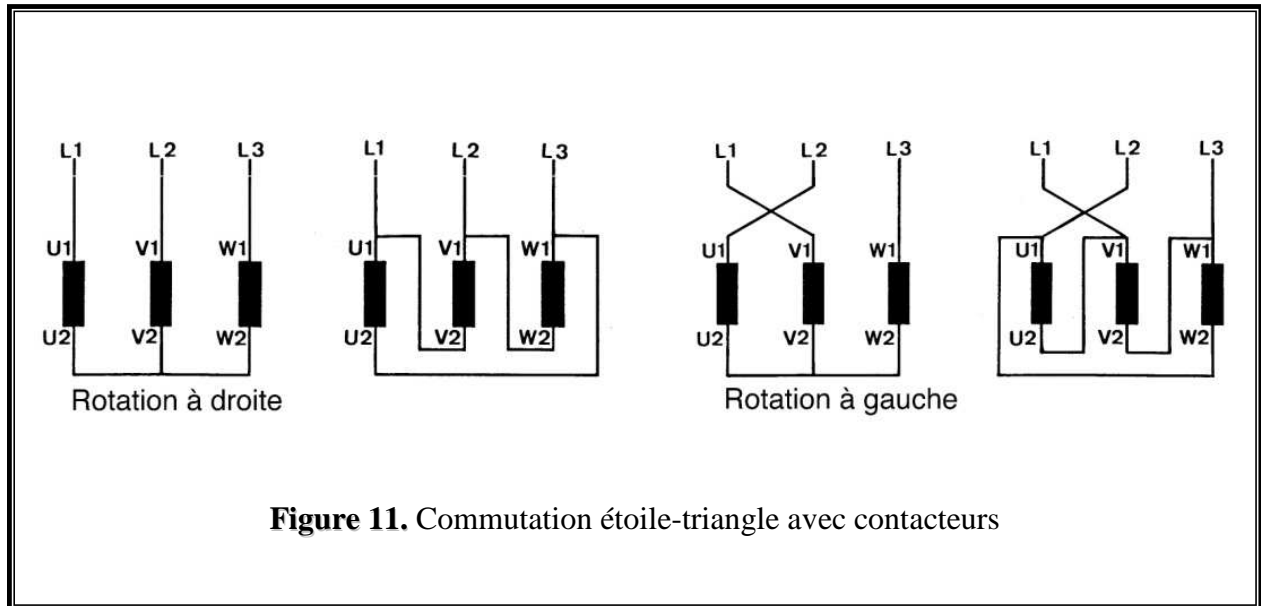
Z_W : impédance enroulement

Après accélération du moteur, un relais de temporisation commute automatiquement le couplage étoile en couplage triangle. La phase de démarrage en couplage étoile doit durer jusqu'à ce que le moteur ait atteint une vitesse voisine de la vitesse de service, de manière à supporter un minimum de post-accélérations après la commutation en triangle.

Les post-accélérations en couplage triangle entraînent des courants élevés comme avec le démarrage direct. La durée de la phase de démarrage en couplage étoile dépend de la charge du moteur. En couplage triangle, les enroulements du moteur sont soumis à la tension entière du réseau.

Pour effectuer la commutation étoile - triangle les six extrémités des enroulements du

moteur sont couplées à des bornes de connexion. Les contacteurs d'un démarreur étoile - triangle commutent les enroulements en conséquence.



Pour le démarrage en étoile, le contacteur principal ferme le réseau aux extrémités des enroulements U1, V1, W1. Le contacteur étoile relie les extrémités des enroulements U2, V2, W2. Après la phase d'accélération, le contacteur étoile coupe et le contacteur triangle relie les bornes U1/V2, V1/W2, W1/U2.

Lors de la commutation étoile - triangle, il faut respecter la séquence correcte des phases, c'est-à-dire la connexion correcte du conducteur au moteur et au démarreur.

En cas de mauvaise séquence, à cause de la faible chute de vitesse pendant la pause de commutation sans courant lors de la reconnexion, il peut se produire des pointes de courant très élevées, qui peuvent endommager les enroulements et qui chargent inutilement les contacteurs. Le sens de rotation du moteur est également à contrôler.

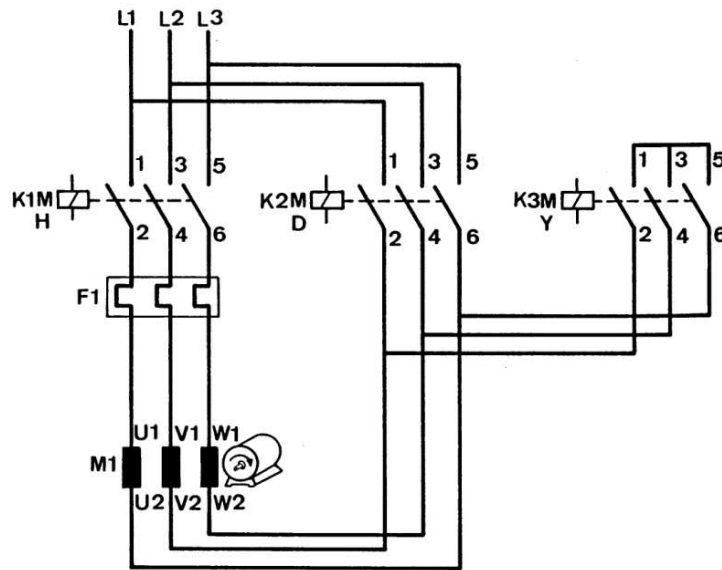


Figure 12. Connexion correcte du moteur

Entre la coupure du contacteur étoile et la commutation du contacteur triangle, un temps de pause suffisant doit s'écouler pour que l'arc de mise hors circuit dans le contacteur étoile s'éteigne. Si la commutation est trop rapide, un court-circuit dû à l'arc de mise hors circuit peut se produire. La durée de la pause de commutation doit suffire à éteindre l'arc de mise hors circuit tout en minimisant la chute de vitesse pendant la pause de commutation. Des relais de temporisation spéciaux pour la commutation étoile triangle remplissent ces exigences.

I.7. CONCLUSION

A. Avantages

- ❖ Simplicité de l'appareillage.
- ❖ Couple important.
- ❖ Temps de démarrage minimal pour un moteur à cage.

B. Inconvénients

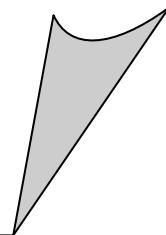
- ❖ Appel de courant très important
- ❖ Intensité de Démarrage = 4 à 8 Intensité Nominale.
- ❖ Démarrage brutal.

C. Emplois

- ❖ Moteur de grande puissance.
- ❖ Machine nécessitant un bon couple de démarrage.

CHAPITRE II

SOFTSTARTER



II. SOFTSTARTER**II.1. INTRODUCTION**

Lors de la mise sous tension d'un moteur, l'appel de courant sur le réseau est important et la section de la ligne d'alimentation est insuffisante, cela peut provoquer une chute de tension susceptible d'affecter le fonctionnement des récepteurs. Cette chute de tension est perceptible sur les machines.

Pour remédier à ces inconvénients et en fonction des caractéristiques du moteur et de la charge, plusieurs méthodes de démarrage seront utilisées. Le choix sera dicté par des impératifs électriques, mécaniques et économiques.

La nature de la charge entraînée aura également une grande incidence sur le mode de démarrage à retenir.

L'objectif essentiel de ce chapitre est de présenter un des modes de démarrage d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil.

II.2. LA STRUCTURE DU SOFTSTARTER

Les softstarters sont composés de deux modules regroupés dans un même boîtier :

- ❖ un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil (figure 13),
- ❖ un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique (figure 13).

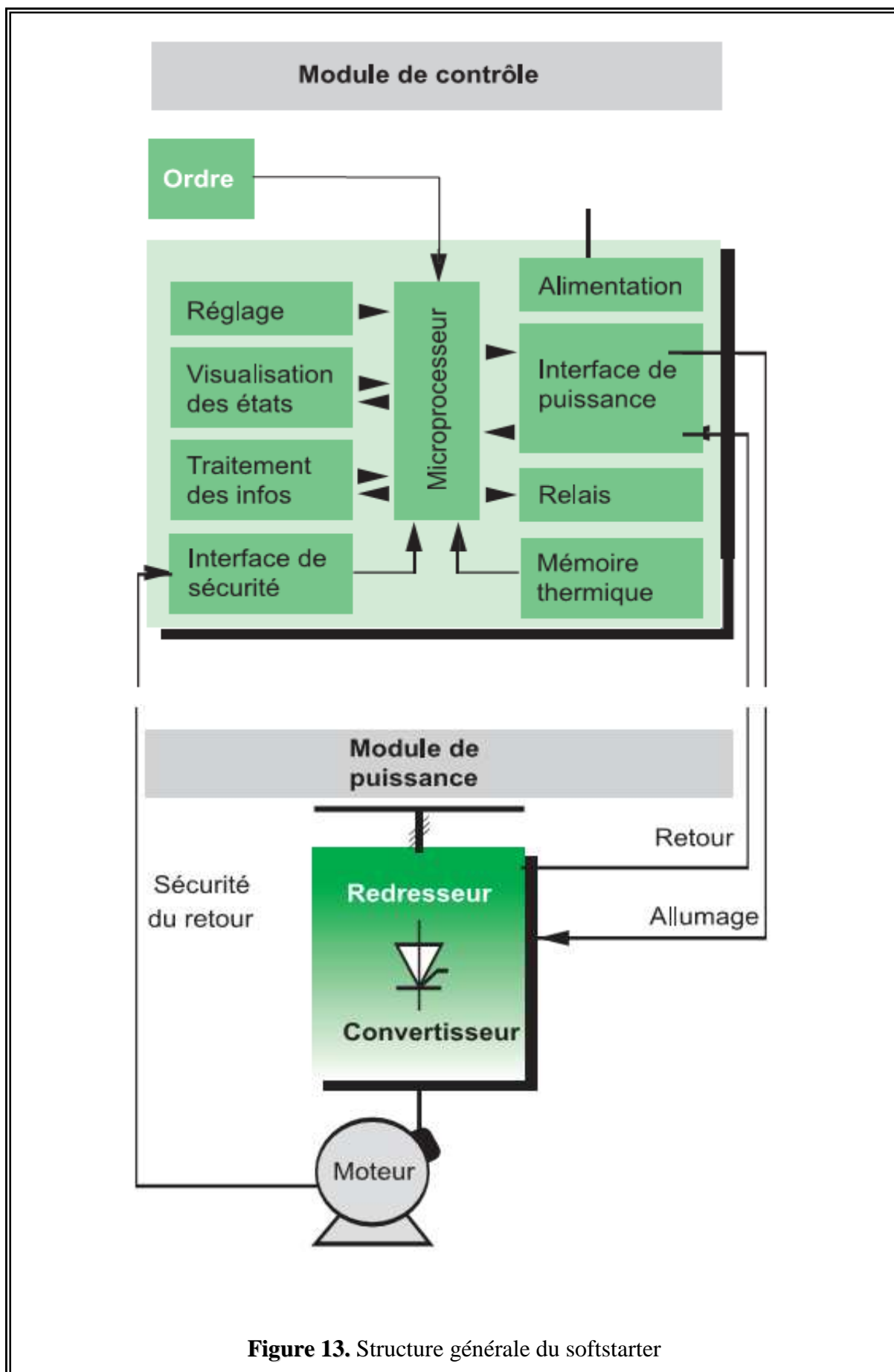


Figure 13. Structure générale du softstarter

II.2.1. Le module de puissance

Le module de puissance est principalement constitué de :

- ❖ thyristors et diodes: ces composants sont spécialement dédiés à ce type d'appareil parce qu'ils sont très puissants (1200V-5000A), facilement commandables par impulsion et blocable par la ligne (tension inverse) ;
- ❖ et fréquemment d'un ensemble de ventilation ;
- ❖ Les composants de puissance : Les composants de puissance sont des semi-conducteurs fonctionnant en commutation (tout ou rien), donc comparables à des interrupteurs statiques pouvant prendre les deux états : passant ou bloqué.

Ces composants, associés dans un module de puissance, constituent l'interface entre le moteur électrique asynchrone triphasé et la ligne électrique triphasé de 400V.

- **Le principe de fonctionnement**

L'alimentation du moteur asynchrone triphasé par montée progressive de la tension efficace au démarrage, est obtenue par l'intermédiaire d'un softstarter dont le circuit de puissance se compose de deux thyristors montés en "tête-bêche" sur chaque phase du réseau. Cela permet en fonction de l'angle d'amorçage des thyristors, de délivrer une tension efficace qui augmente progressivement, tout en gardant une fréquence fixe (celle du réseau). La montée progressive de la tension efficace de sortie peut-être, soit contrôlée par la rampe d'accélération, soit asservie à la valeur du courant de limitation, soit liée à ces deux paramètres.

De même, afin de minimiser les à-coups, le ralentissement peut être lui aussi progressif. Le schéma de la figure 14 représente le principe de fonctionnement sur une phase.

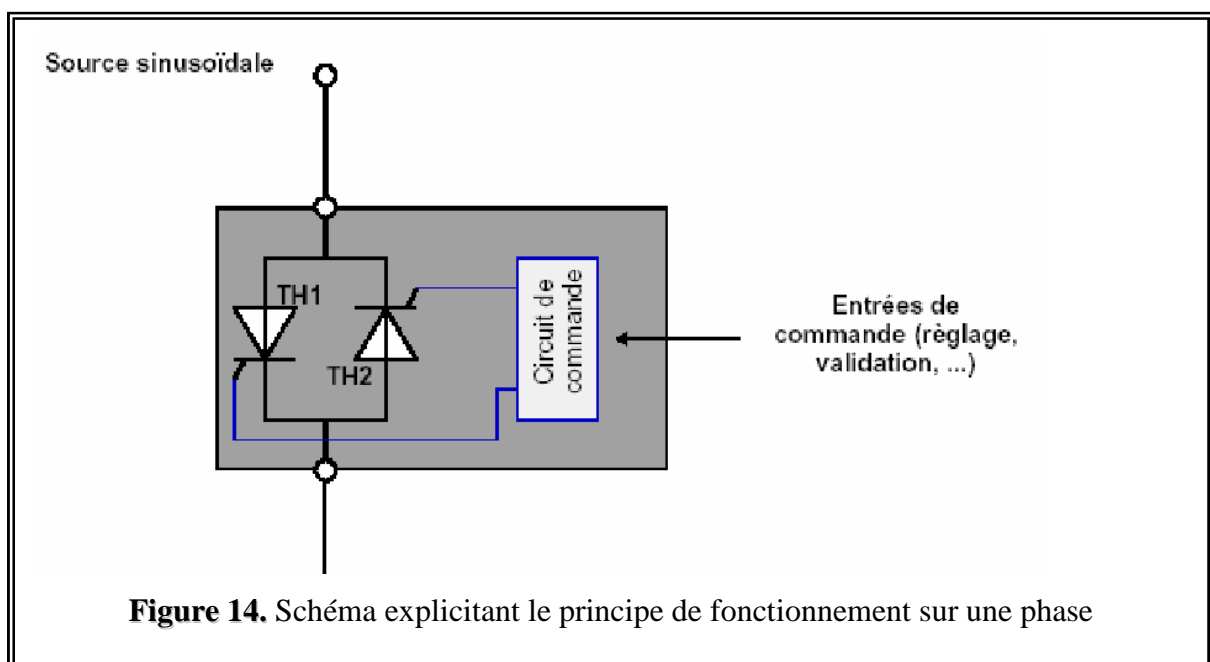
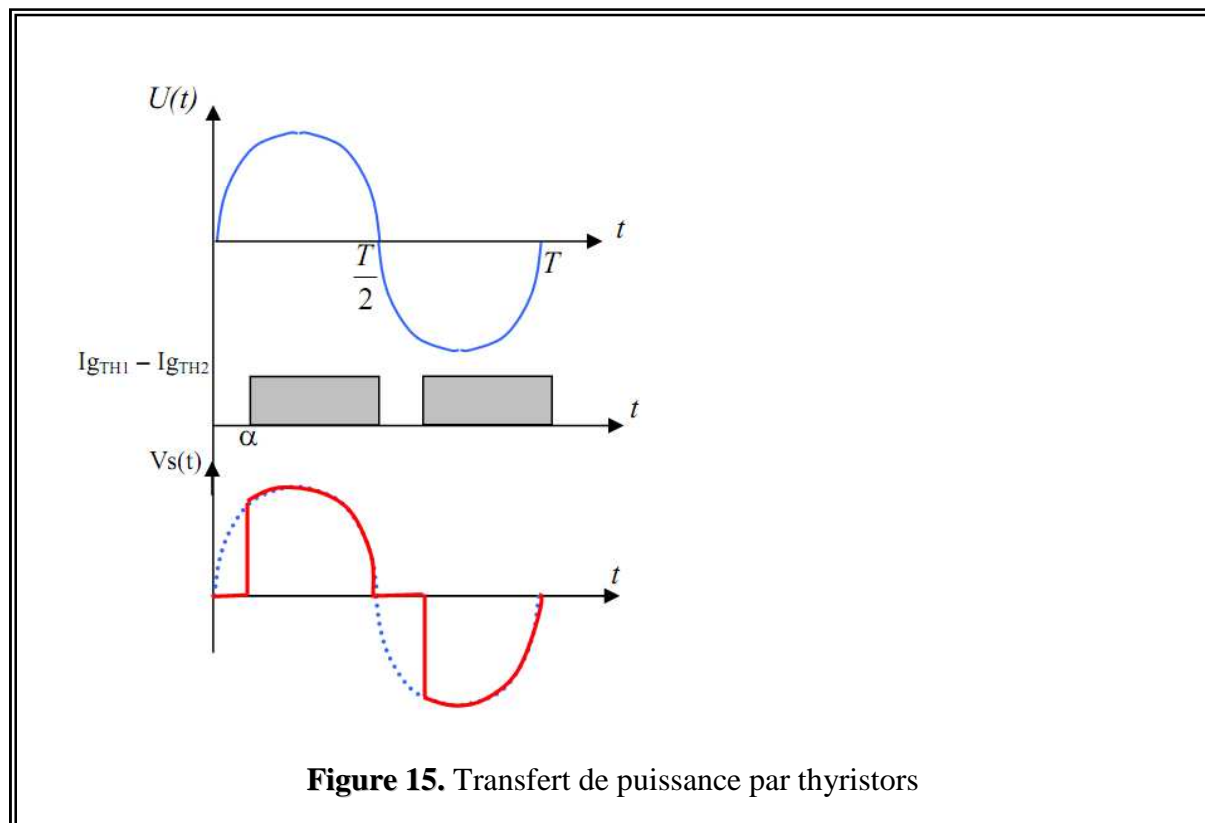


Figure 14. Schéma explicitant le principe de fonctionnement sur une phase

Le thyristor Th1 est amorcé durant l'alternance positive avec un angle de retard α par rapport au passage par zéro de la tension secteur.

Le thyristor Th2 est amorcé durant l'alternance négative avec le même angle de retard.

Nous obtiendrons alors :



Les thyristors de la phase 2 sont commandés de la même manière, avec un retard de 120° sur ceux de la phase 1 et ceux de la phase 3 avec un retard de 240° sur ceux de la phase 1.

Nous obtiendrons une tension variable efficace, en implantant un softstarter entre le moteur et le réseau. La tension injectée dans le moteur correspond à des tronçons d'alternance de la tension sinusoïdale. Le découpage des alternances dépend de l'angle de commande α des thyristors. En pilotant cet angle, il est possible de régler la valeur de la tension efficace appliquée au moteur, comme représenté ci-dessous :

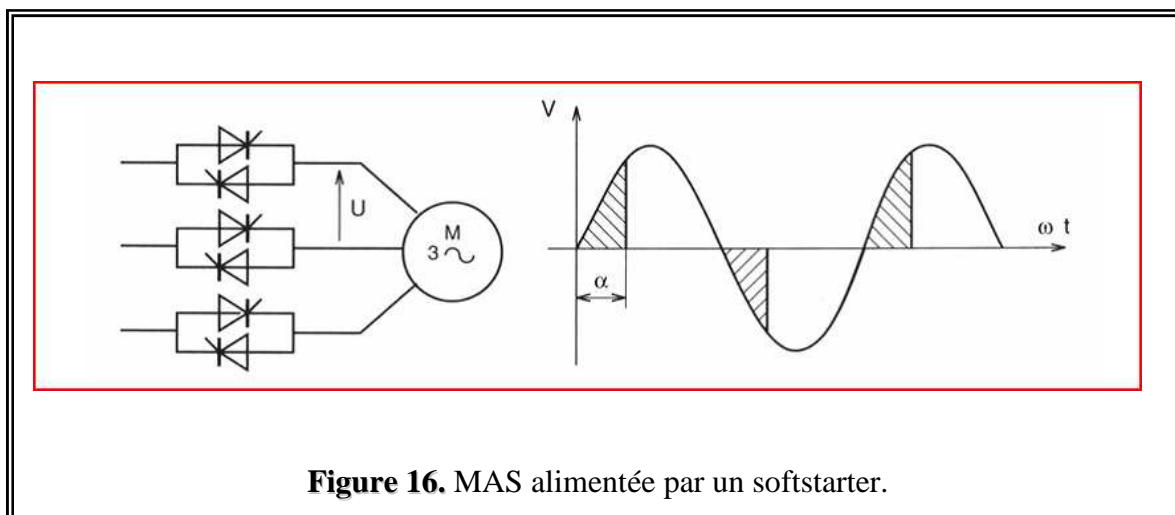


Figure 16. MAS alimentée par un softstarter.

Le softstarter découpe la tension sinusoïdale d'entrée et la charge ne reçoit qu'une partie des deux alternances, la valeur efficace aux bornes de la charge est fonction de l'angle d'amorçage α et la valeur de la tension efficace à l'entrée du softstarter, elle est donnée par la relation suivante :

$$U = U_{eff} \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right)}$$

Avec : U : la valeur efficace aux bornes de la charge

U_{eff} : la valeur efficace à l'entrée du softstarter

α : angle d'amorçage

II.2.2. Le module de contrôle

Sur les softstarters, toutes les fonctions sont commandées par un microprocesseur qui exploite les réglages, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement, et les résultats de mesure comme le courant, etc.

Les capacités de calcul des microprocesseurs ainsi que des circuits dédiés (ASIC) ont permis de réaliser des algorithmes de commandes extrêmement performants et, en particulier, la reconnaissance des paramètres de la machine entraînée (tuning). A partir de ces informations, le microprocesseur gère les rampes d'accélération et de décélération, la limitation de courant, et génère une commande adéquate des composants de puissance. Les protections et les sécurités sont traitées par des circuits spécialisés (ASIC) et intégrées dans les modules de puissance. Les réglages (rampes, limitation de courant, etc.) se font soit par les claviers intégrés, soit à distance par des bus de terrain (profibus) ou par PC pour charger des réglages standards. De même, les

différents ordres (marche, arrêt, etc.) peuvent être donnés à partir d'interfaces de dialogue homme/machine (console), par des automates programmables ou par des logiciels de supervision contenus dans des PC. Les paramètres de fonctionnement et les informations d'alarme et de défauts peuvent être visualisés par des voyants, des diodes électroluminescentes, des afficheurs à segments ou à cristaux liquides, ou déportés vers des superviseurs par des bus de terrains.

Des relais, souvent programmables, donnent des informations de :

- ❖ défaut (réseau, thermique, produit, séquence, surcharge, etc.),
- ❖ surveillance (seuil de vitesse, pré alarme, fin de démarrage).

Les tensions nécessaires pour l'ensemble des circuits de mesure et de contrôle sont fournies par une alimentation intégrée au dispositif et séparée galvaniquement du réseau.

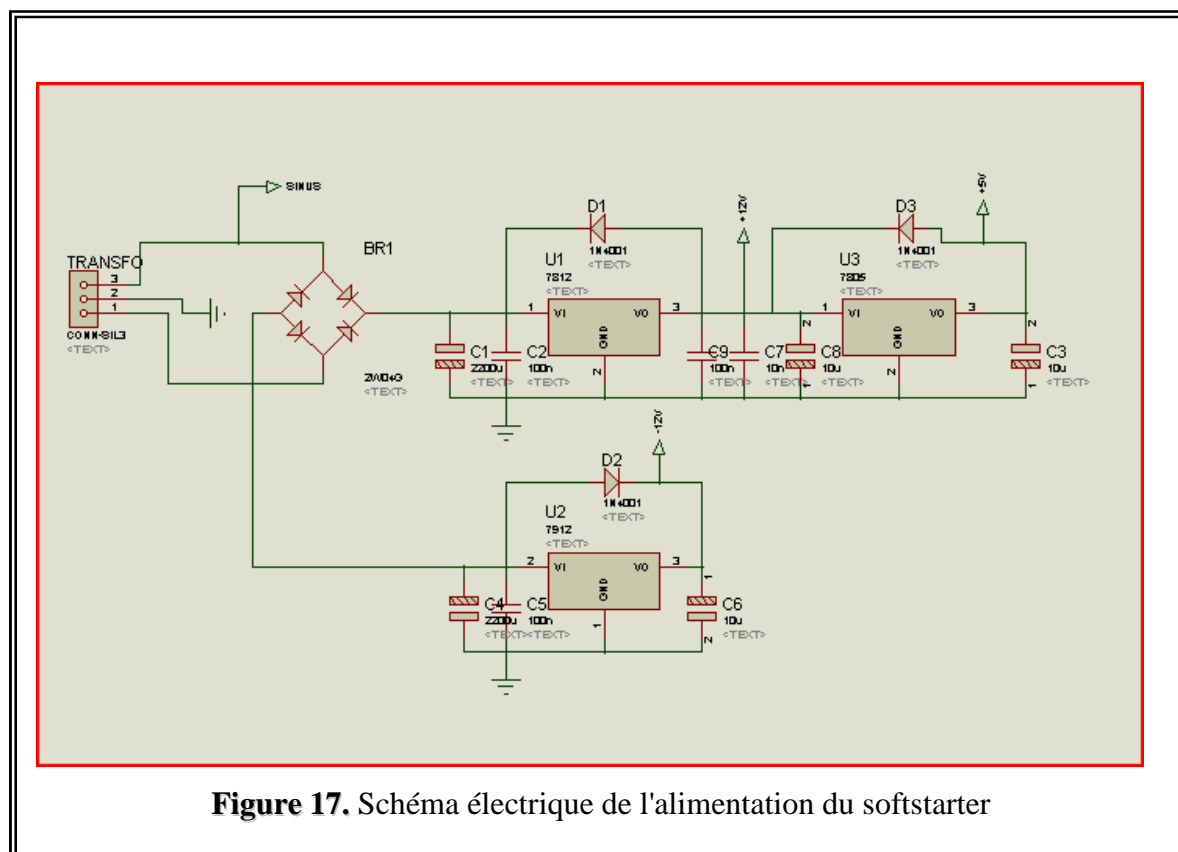
II.2.2.1 L'alimentation

Le circuit d'alimentation permet de délivrer une tension de +5V pour l'alimentation du pic et les circuits intégrés du module de commande. Il permet aussi de délivrer +12V et -12V qui serviront à l'alimentation des amplificateurs opérationnels.

La carte d'alimentation est schématisée comme suit :

Un transformateur point milieu (220V/12V) permet d'abaisser la tension du secteur 220V à une tension de 12V. Un pont de diode redresse cette tension qui est ensuite filtrée par les capacités C1, C3, C4, C6 et C8. Les tensions ainsi obtenues sont régulées par les régulateurs LM7812 pour avoir une tension de +12V, le LM7912 pour avoir une tension de -12V et le LM7805 pour avoir une tension de +5V.

On peut aussi utiliser une alimentation à découpage qui fournira la même tension.



II.2.2.2 Le microcontrôleur

Le cerveau du softstarter réside dans le circuit de commande, qui n'est autre que le pic 16F877 monté avec un circuit R/2R, un bloque de réglage et un bloque de visualisation des états.

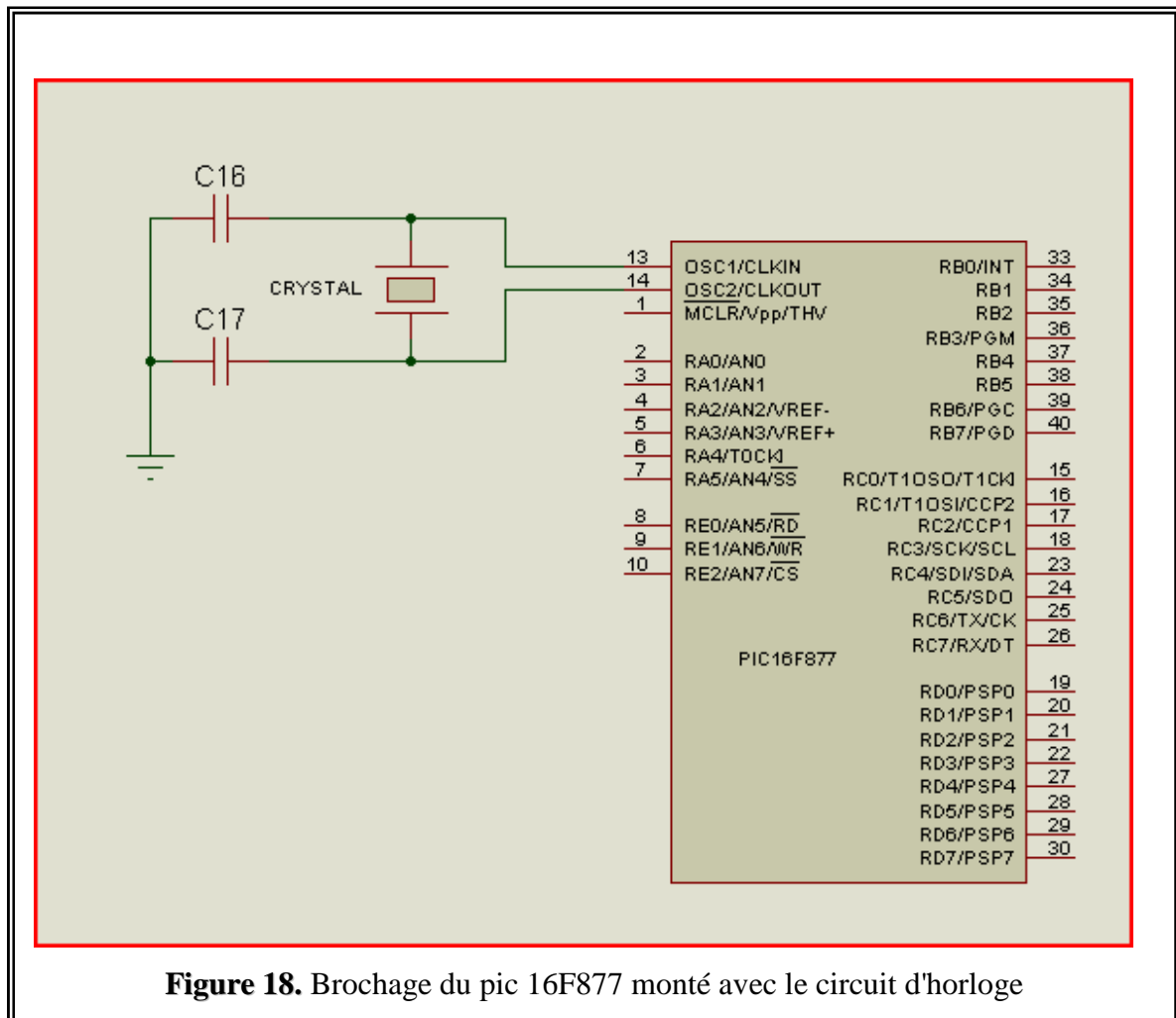
Le pic 16F877

- **Description** : le pic 16F877 est un microcontrôleur de la famille de MICROCHIP.
- **Caractéristiques du pic** :
 - ❖ Une mémoire de programme flash de 8K mots de 14 bits.
 - ❖ Une RAM de 368 octets pour le stockage des données.
 - ❖ 14 sources d'interruption.
 - ❖ Le compteur de programme est sur 13 bits et peut donc adresser 8K octets.
 - ❖ 33 pins d'E/S répartie en 5 ports bidirectionnels.
 - ❖ 8 convertisseurs A/N de 10 bits.
 - ❖ Jeu de 35 instructions.
 - ❖ Une fréquence d'horloge pouvant atteindre 20MHz.
 - ❖ Toutes les instructions n'ont besoin que d'un cycle d'horloge sauf pour les sauts qui nécessitent deux cycles d'horloge,
 - ❖ Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI),
 - ❖ Une tension d'alimentation entre 4,5V et 6V,

- ❖ Trois temporisations (TIMER0, TIMER1, TIMER2).
- ❖ Chaque sortie présente un courant max de 25 mA.
- ❖ Le compteur de programme est sur 13 bits

A. Le brochage du pic 16F877

Les entrées/sorties du microcontrôleur peuvent être regroupées par fonction (figure 18), pilotées par une horloge externe branchée sur les broches OSC1Eet OSC2.



B. Les ports

Le Pic 16F877 dispose de 33PINS d'E/S pour communiquer avec l'environnement extérieure. Celles-ci sont réparties en 5 ports parallèles bidirectionnels :

- ✓ 6 lignes pour le port A.
- ✓ 8 lignes pour le port B.
- ✓ 8lignes pour le port C.
- ✓ 8 lignes pour le port D.
- ✓ 3 lignes pour le port E.

C. La configuration minimale du PIC

Pour réaliser une carte à base d'un pic 16F877, il faut au moins configurer son alimentation, le MCLR et l'horloge (figure 19).

1.L'alimentation

Le PIC fonctionne dans la plage de tension qui s'étend de 4,5 à 6V.

2. Le circuit d'initialisation

Le MCLR est habituellement relié au 5V. Cette pin étant utilisée pour effectuer un reset du composant en cas de connexion à la masse.

3. L'oscillateur

L'oscillateur est le cœur du microcontrôleur : c'est lui qui cadence le déroulement du programme. Il doit fournir un signal carré périodique au microcontrôleur.

Pour notre PIC 16F877A, nous avons opté pour l'une des méthodes fournies avec le Datasheet du composant qui est l'oscillateur à Quartz.

Pour le 16F877A, nous allons considérer plusieurs types d'oscillateurs :

- LP : les oscillateurs basse fréquence, en dessous de 200 KHz.
- XT : les oscillateurs moyenne fréquence, entre 200 KHz et 4MHz.
- HS : les oscillateurs haute fréquence, entre 4MHz et 20 MHz.

Dans le cas de notre application nous utiliserons l'oscillateur de type HS avec un quartz de 4 MHz

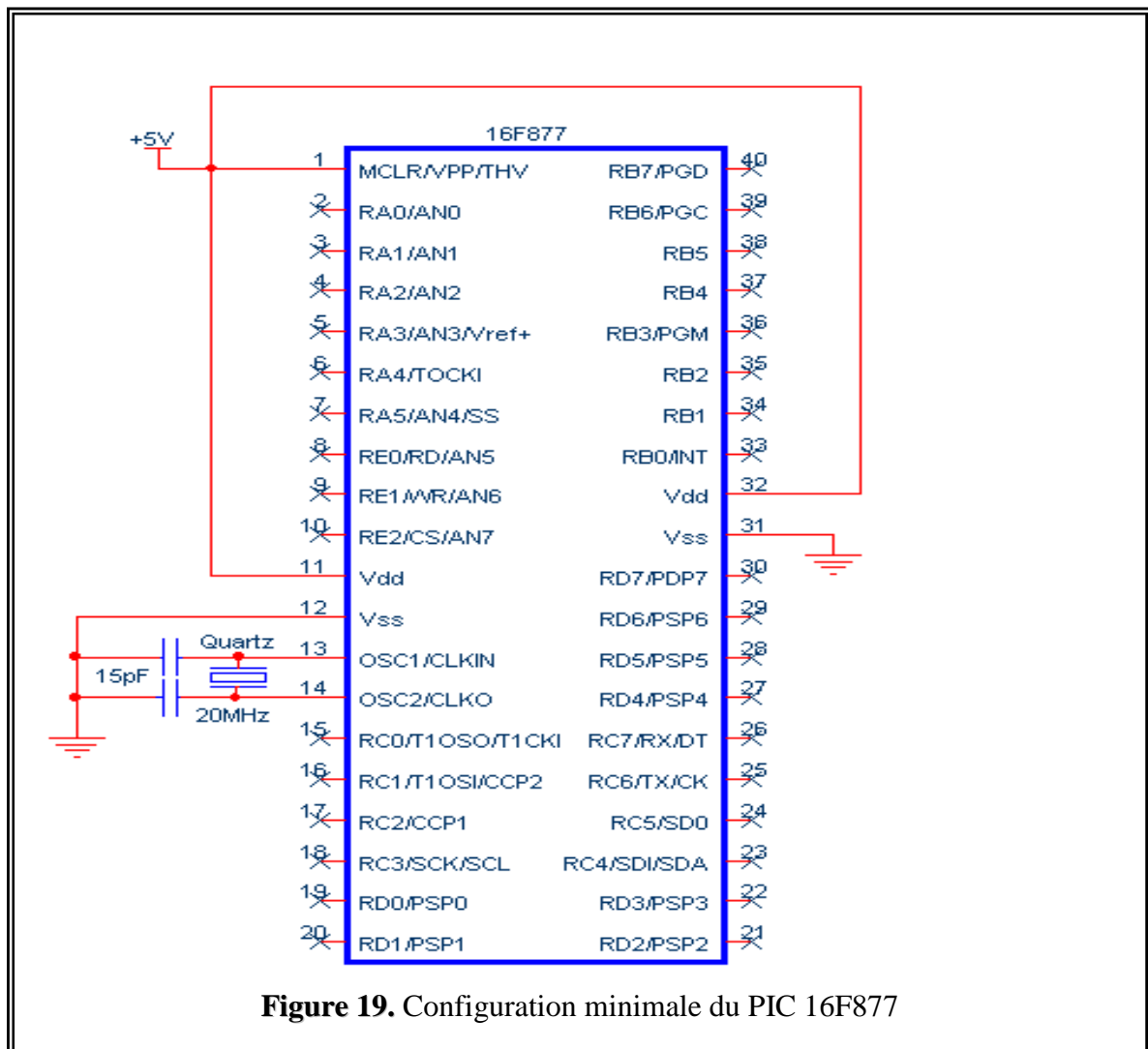
Sur la figure 19, l'oscillateur à Quartz est câblé au PIC sur les broches OSC1/CLKIN et OSC2/CLKOUT comme il a été recommandé par Microchip. Pour le choix des capacités le constructeur préconise également, dans le Datasheet du composant, l'utilisation des valeurs données par le tableau 1.

Tableau 01. Les valeurs des fréquences et des capacités.

Type	Fréq quartz	Capacité 1	Capacité 2
HC	4 Mhz	15 Pf	15 Pf
	8 Mhz	15 -33 Pf	15 -33 Pf
	20 Mhz	15 -33 Pf	15 -33 Pf

D'où notre oscillateur comporte :

- Un quartz 8 Mhz.
- Deux capacités de 15 Pf.

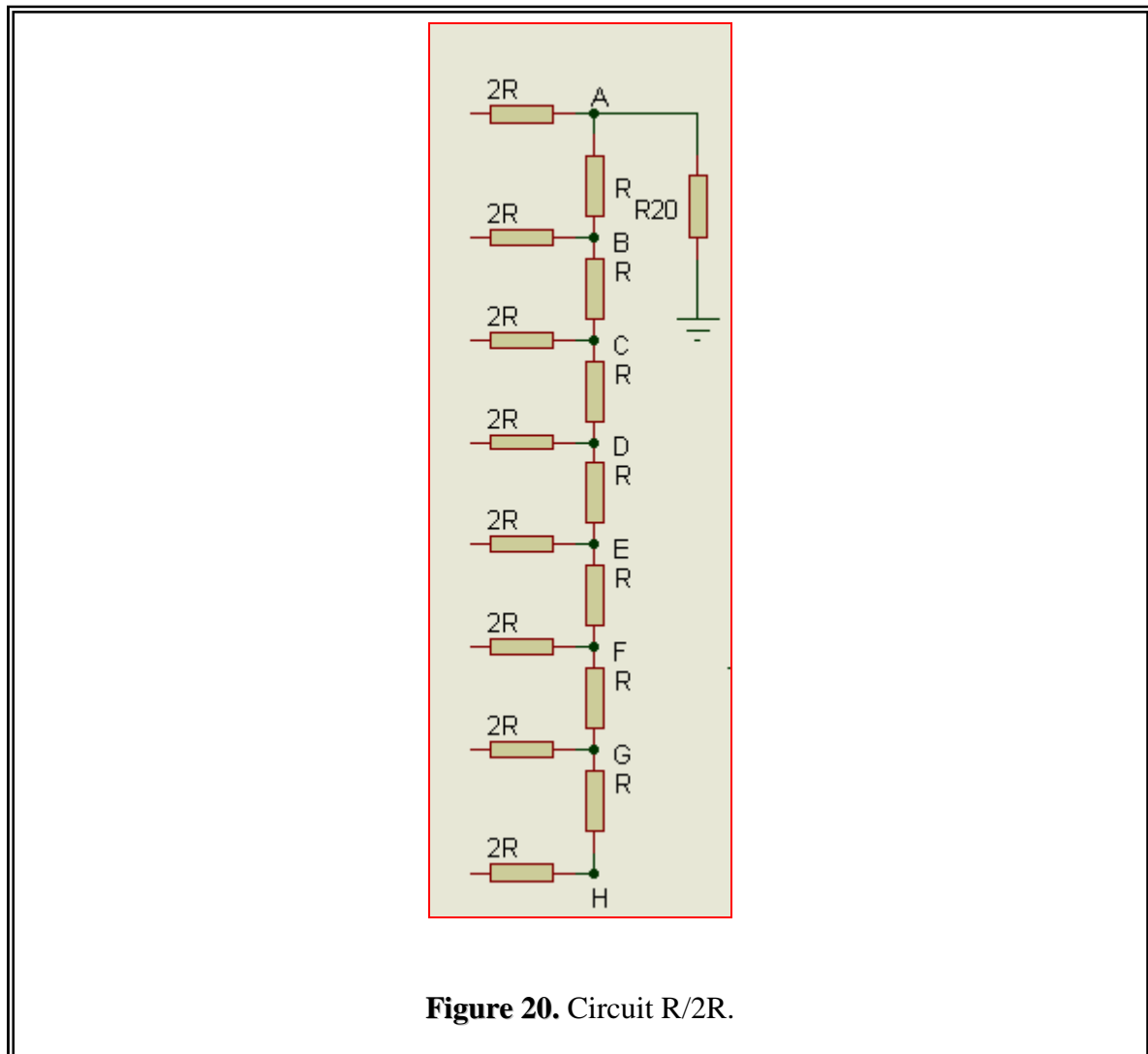


D. Le rôle du pic 16F877 dans le module de commande

Le PORTD est programmé en sortie, chaque pin de ce port reçoit un signal logique (0 ou 1) suivant le programme, chaque valeur binaire reçue sur le port correspond à une valeur numérique qui détermine la valeur de la tension qui varie entre [0V et 5V] pendant un intervalle de temps bien déterminé, ce temps est la durée du démarrage.

II.2.2.3. Le circuit R/2R

Le circuit R/2R est connecté par l'intermédiaire des 2R aux PORTD du microcontrôleur.



Dés que le microcontrôleur est mis sous tension, et qu'on ordonne le démarrage, nous obtenons les tensions suivantes aux différents nœuds :

$$H: 5/2 = 2,5V$$

$$G: 5/4 = 1,25V$$

$$F: 5/8 = 0,625V$$

$$E: 5/16 = 0,3125V$$

$$D: 5/32 = 0,15625V$$

$$C: 5/64 = 0,078125V$$

$$B: 5/128 = 0,0390625V$$

$$A: 5/255 = 0,0196078V$$

En fonction de la valeur binaire qui s'affiche aux PORTD, V_{out} est calculée.

Exemple :

Si les pins D0 et D7 du port sont à 1 et que les autres sont à 0 alors :

$$V_{out} = 5/2 + 5/255 = 2,5196078V$$

II.2.2.5. Le bloc de visualisation

Le bloc de visualisation représente l'afficheur LCD.

A. L'afficheur LCD

Le module LCD 2 lignes de 16 caractères est un GDM1602A de chez XIAMEN OCULAR qui intègre son propre module de gestion, il est donc directement connecté aux broches du PIC et alimenté en 5V.

C'est un afficheur LCD à accès parallèle, c'est-à-dire qu'il reçoit les données à afficher sous forme parallèle avec la possibilité (programmable) de transmettre en mode 8 bits ou en mode 4 bits, dans ce dernier cas on économise quatre lignes du PIC mais le transfert se fera en deux fois. Ainsi pour notre application le GDM1602A communiquera avec le PIC via le PORTB en mode 4 bits (figure 21).

B. Le brochage de l'afficheur LCD

Tableau 02. Les conditions du brochage de l'afficheur LCD

VSS	0 volts de l'alimentation
VDD	+5V
VEE	Tension à appliquer pour gérer le contraste
RS	Registre Selecte (mode instruction ou donnée)
R/W	Read/Write (écriture ou lecture)
E	Enable (sélection de l'afficheur)
DB-DB7	Data 0 à 7 (données ou instructions)

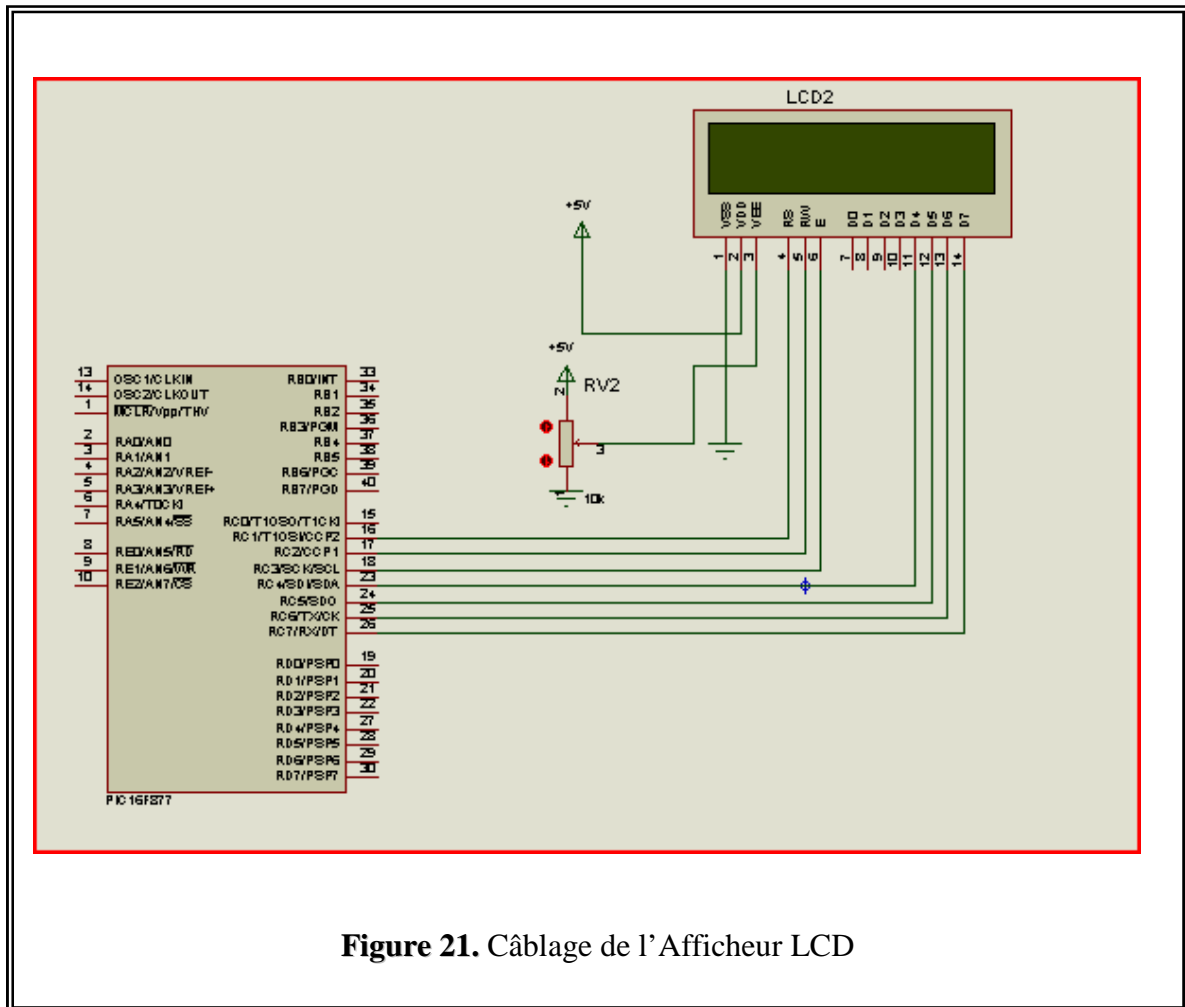


Figure 21. Câblage de l’Afficheur LCD

C. Le fonctionnement de l’afficheur LCD

L’afficheur dans notre montage n’a été câblé qu’en écriture (RW=0), nous nous limiterons donc à ce type de fonctionnement. L’afficheur reçoit deux types de commande, soit des instructions permettant de gérer l’afficheur proprement dit (effacement de l’écran, affichage du curseur, clignotement du curseur etc.) soit des données qui seront affichées à la position courante du curseur.

La sélection du mode instruction est réalisée en mettant la broche RS à 0 (Register Select) et en envoyant ensuite l’octet de commande sur le port de données (DB4 à DB7). Lorsque la broche RS est à 1, les valeurs envoyées sur les lignes DB4 à DB7 seront affichées sous forme de caractère ASCII à la position courante du curseur.

La valeur du potentiomètre servant au réglage du contraste de l’afficheur recommande de prendre un potentiomètre de valeurs comprises entre 10K et 20K.

II.2.2.4. Le générateur de dents de scie

Le schéma électrique du générateur de dents de scie est représenté par la figure 22.

Etant donné que nous travaillons sur un moteur triphasé, donc nous aurons besoin de trois générateurs. Les signaux d'entrées de ces trois générateurs sont des signaux carrés fournis par le module de puissance, mais déphasé de 120° chacun par rapport à l'autre.

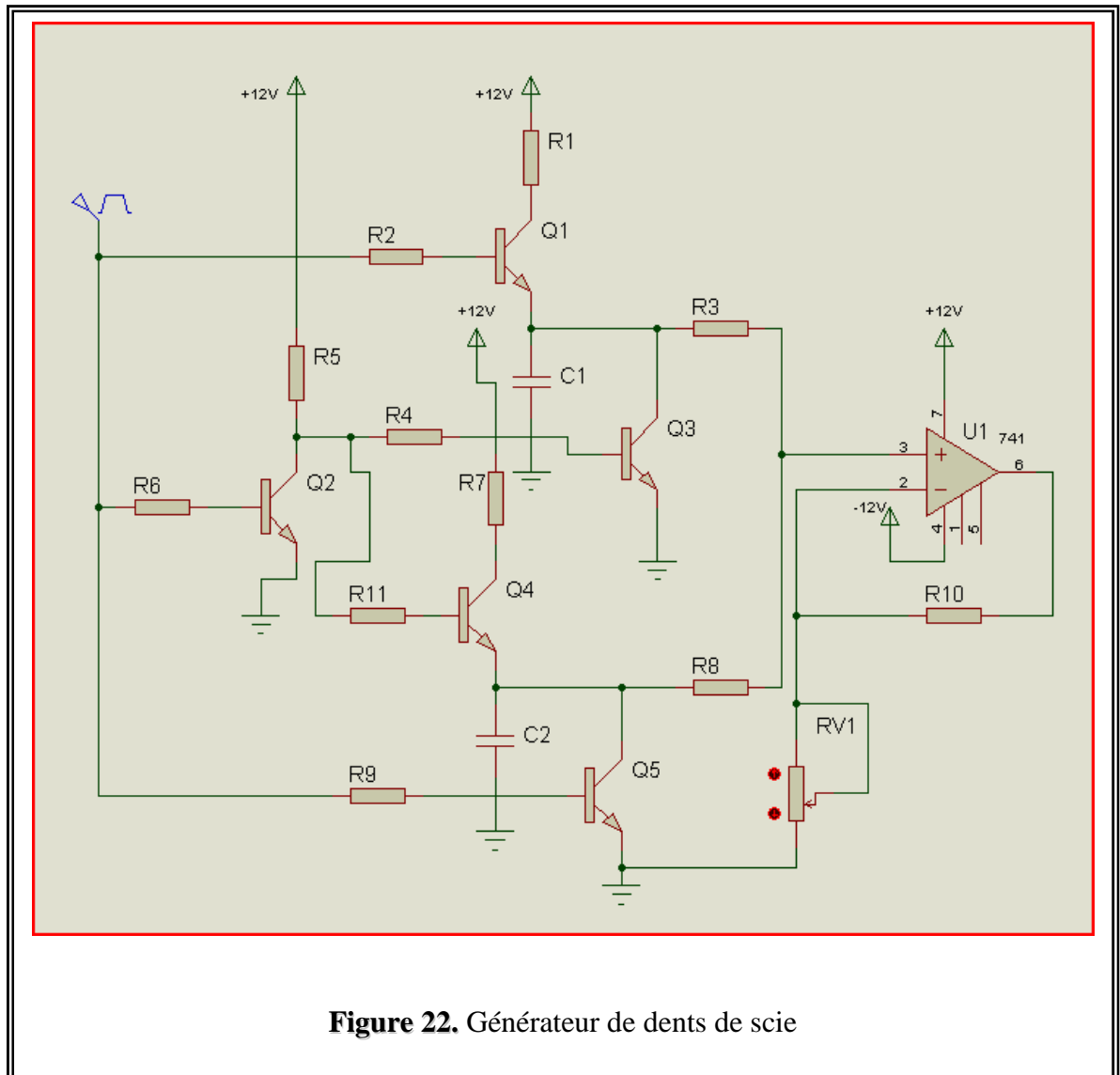
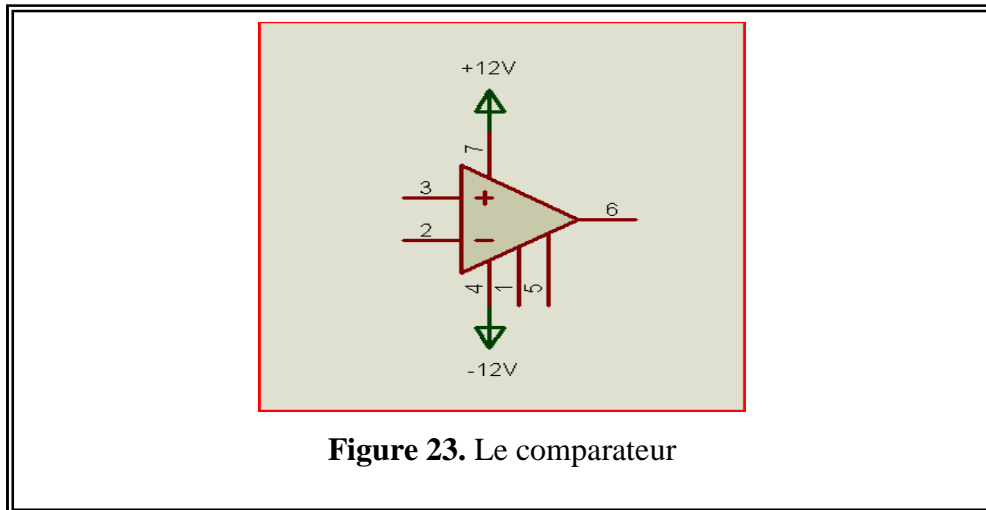


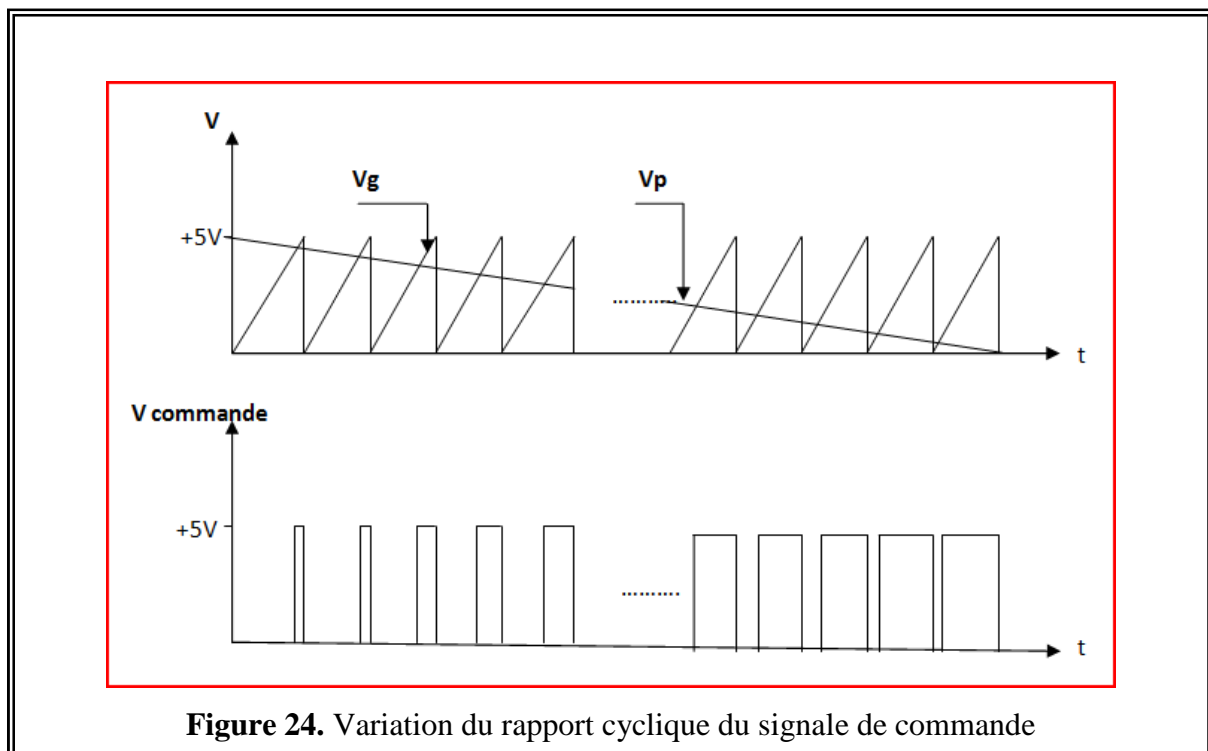
Figure 22. Générateur de dents de scie

III.2.2.5. Le comparateur

Les signaux issus par les générateurs de dents de scie et le signal issu à la sortie du circuit R/2R sont injectés dans trois comparateurs. Les comparateurs génèrent les signaux de commandes qui sont fournis aux circuits de commandes. Le comparateur est représenté par la figure 23.



La figure 24 montre la variation du rapport cyclique du signale de commande en fonction du temps et Le schéma bloc de la figure 25 montre les différents bloc du softstarter et les signaux qui sont échangés pendant son fonctionnement.



Vg : tension fournie par le générateur de dents de scie

Vp : tension de sortie du circuit R/2R

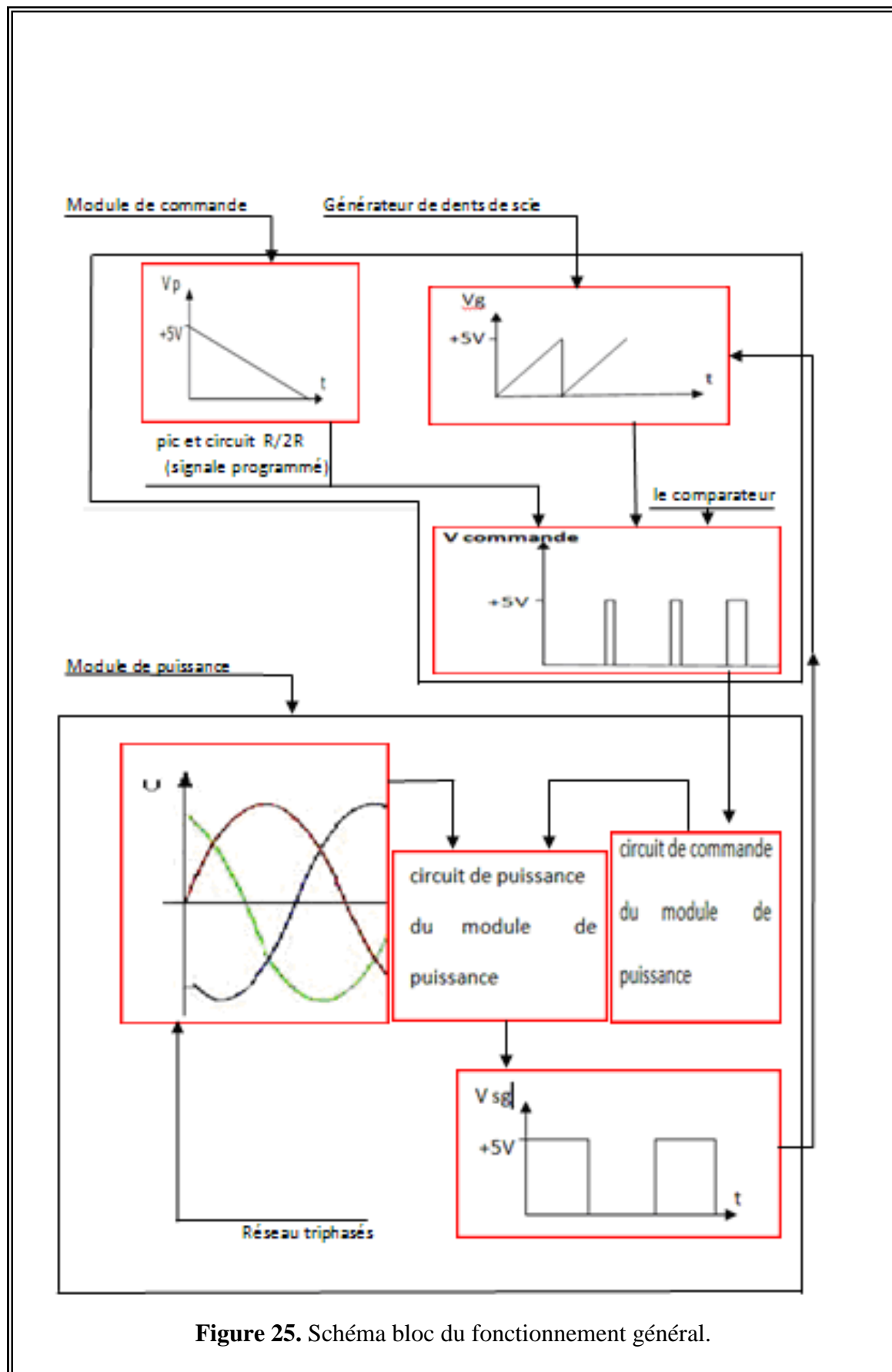


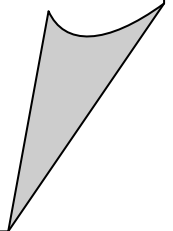
Figure 25. Schéma bloc du fonctionnement général.

V_{sg} : la tension de synchronisation du générateur de dents de scie.

U : la tension fournie par le réseau triphasé.

CHAPITRE III

*CONCEPTION
ET
REALISATION*



III. CONCEPTION ET REALISATION

III.1. LA CONCEPTION MATERIELLE

III.1.1. Introduction

Une fois que le choix des composants a été fait, nous allons voir dans ce chapitre la partie réalisation qui consiste à relier tous les composants et les faire fonctionner ensemble.

III.1.2. Le module de puissance

III.1.2.1. Le schéma électrique

Le schéma électrique est représenté par la figure 26.

III.1.2.2. Le circuit imprimé du module de puissance

Le tracé du circuit imprimé est donné par la figure 27. Ce circuit est réalisé, également, avec le logiciel Proteus. Pour réduire l'effet du bruit sur la mesure, nous avons employé un plan de masse qui recouvre la quasi-totalité de la surface du circuit.

Le circuit imprimé est réalisé en utilisant la technique de photogravure. En effet, le circuit de la figure 27 constitue un masque qui est imprimé sur du papier calque, puis, déposé sur une plaque cuivrée pré-sensibilisée en verre époxy simple face. Ensuite à l'aide d'une source ultra violet, cette plaque avec le masque dessus est insolée pendant près de deux minutes et demie. Après cette opération, la plaque cuivrée est plongée dans une solution alcaline afin de révéler les pistes du circuit, enfin après le rinçage à l'eau, la plaque cuivrée est déposée dans une graveuse contenant une solution acide de Perchlorure de Sodium. En attaquant le cuivre de la plaque non protégée par le masque, l'acide dissout le cuivre et garde les pistes du circuit gravées sur la plaque.

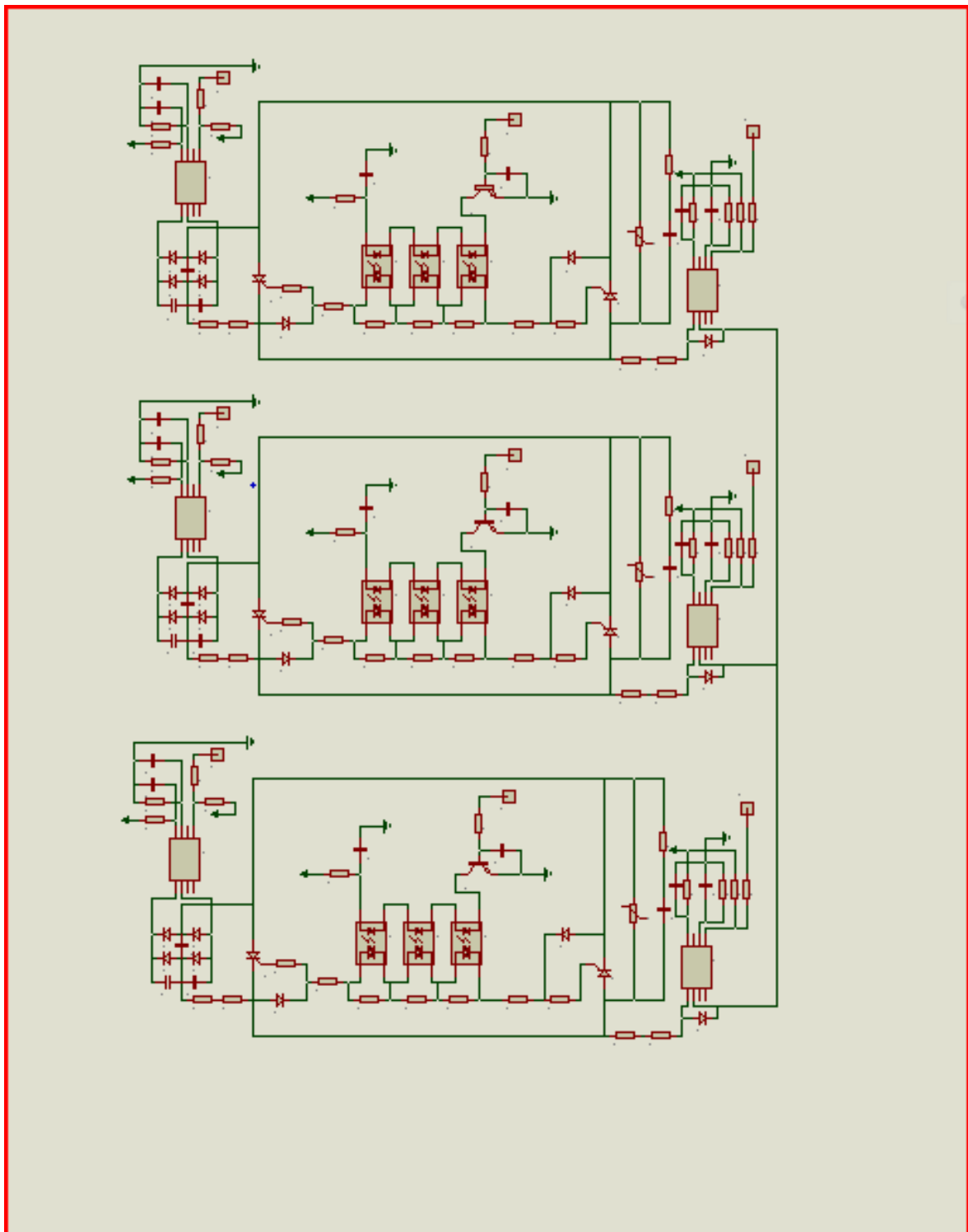


Figure 26. Schéma électrique du module de puissance

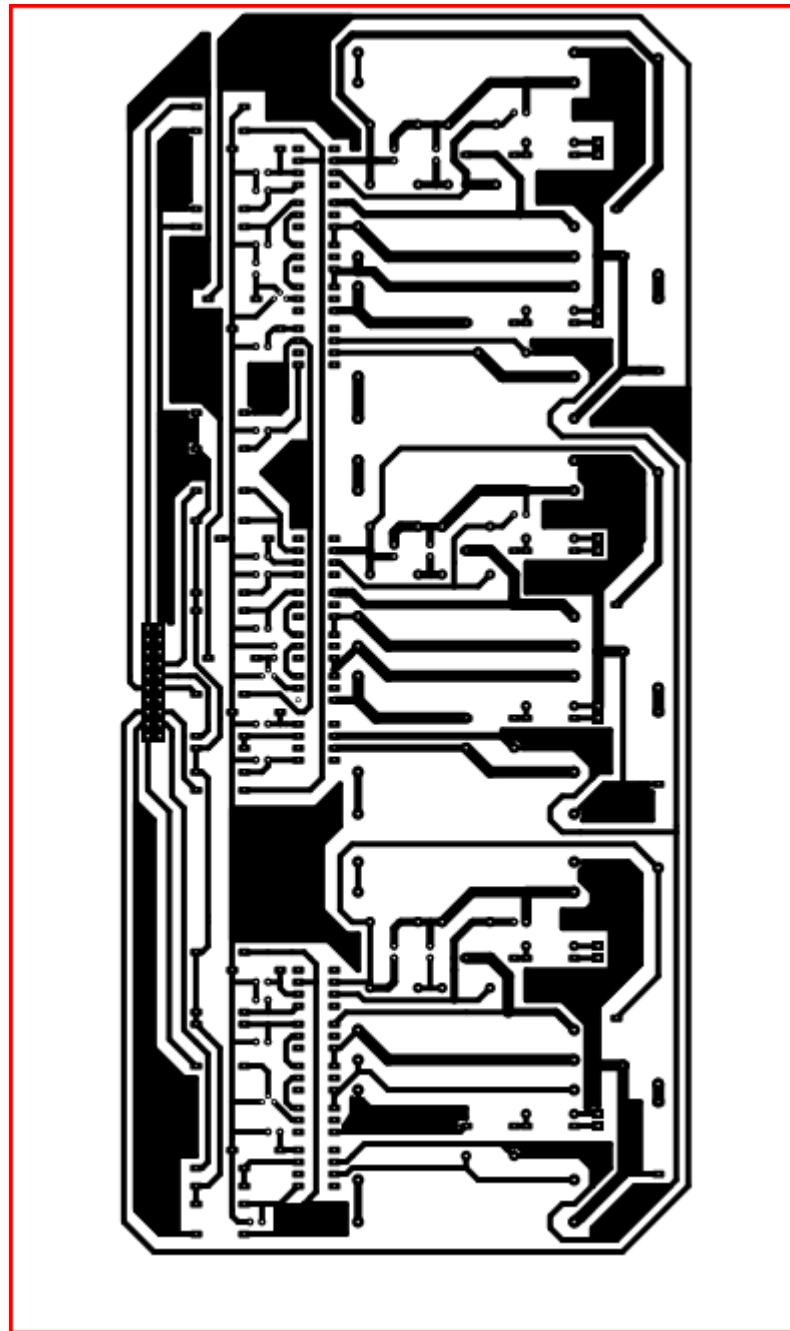


Figure 27. Circuit imprimé du module de puissance

III.1.2.3.L'implantation des composants

La figure 28 présente le schéma d'implantation des composants. Après avoir percer les trous des différents pads des composants, nous avons commencé par la réalisation des trous, puis, nous avons implanté les différents supports des circuits intégrés afin de faciliter le remplacement de ces derniers au cas où une panne survienne.

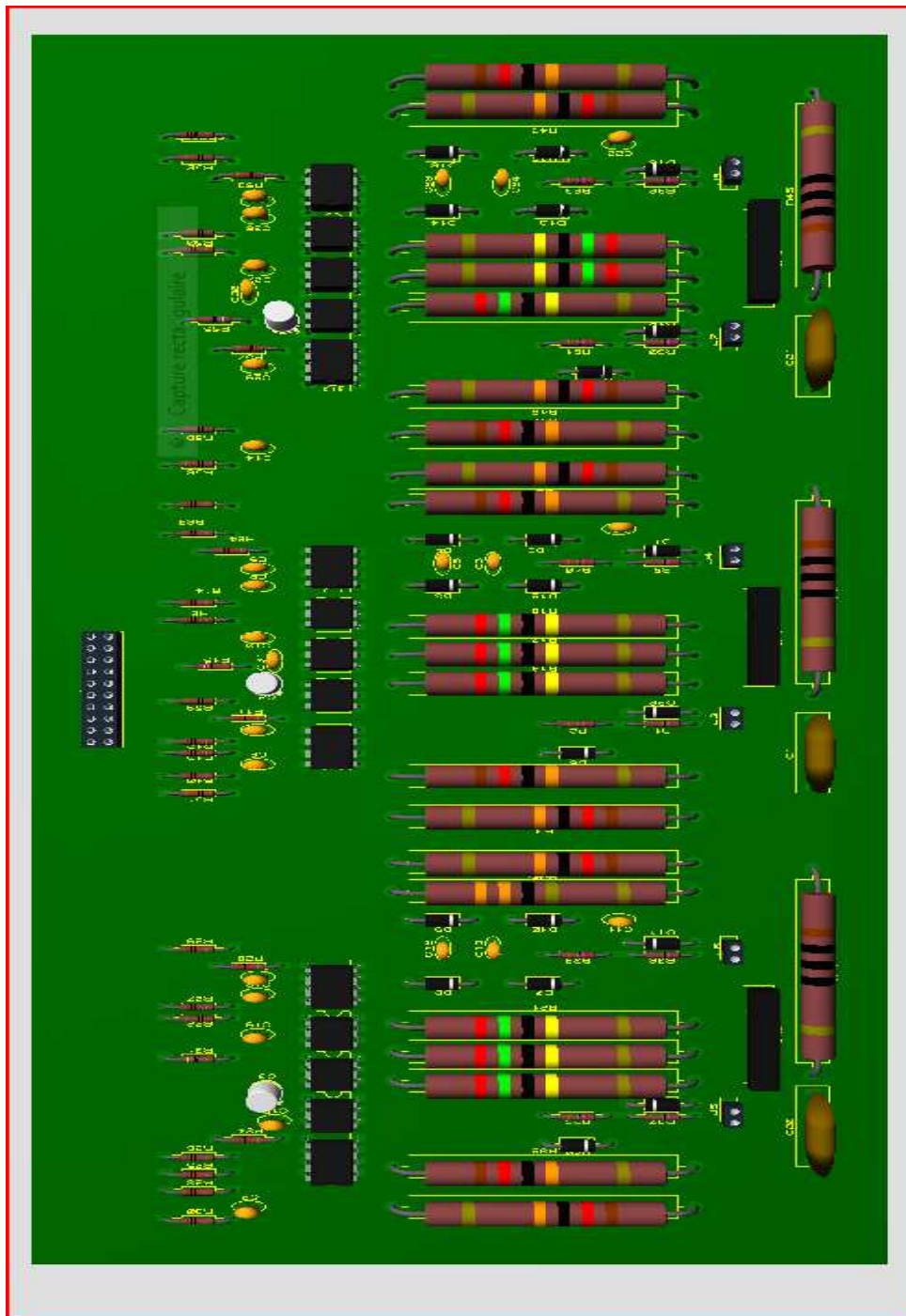


Figure 28. Implantation des composants

III.1.2.4. La nomenclature des composants de la carte de puissance

Tableau 03. Nomenclature des composants du module de puissance.

DESIGNATION	QUANTIT E	REFERENC E	DESCRIPTIO N
R1, R2, R12, R13, R23, R24, R32, R33, R45, R46, R56, R57	12	120K	Résistance
R3,R4,R11,R25,R26,R31,R47,R51, R55	9	27Ω	Résistance
R5-R7, R27-R29, R48-R50	9	1M	Résistance
R8, R34, R52	3	68 Ω	Résistance
R9, R35, R53	3	10K	Résistance
R10, R30, R54	3	33 Ω	Résistance
R14, R18, R36, R40, R58, R62	6	0.1 Ω	Résistance
R15, R20, R38, R42, R60M R64	5	27K	Résistance
R16, R19, R39, R43, R60, R65	6	22K	Résistance
R17, R21, R37, R41, R59, R63	6	12K	Résistance
R22, R44, R66	3	100 Ω	Résistance
C1-C5, C7-C15, C17-C25, C27- C30	27	15nf	capacités
C6, C16, C26	3	100nf	capacités
U1, U5, U13, U14, U20, U21	6		Thyristor
U2-U4, U8-U10, U15-U17	9	IL420	Optocoupleur
U6, U7, U11, U12, U18, U19	6	6N139	Optocoupleur
Q1-Q3	3	2N2222	Transistor
D1-D21	21	1N4007	Diode
J1-J9	9	CONN-SIL1	Connecteur
VR1-VR3	3	S20K1000	Varistance

III.1.3. Le module de commande

III.1.3.1. Le schéma électrique

Le schéma électrique est représenté par la figure 29.

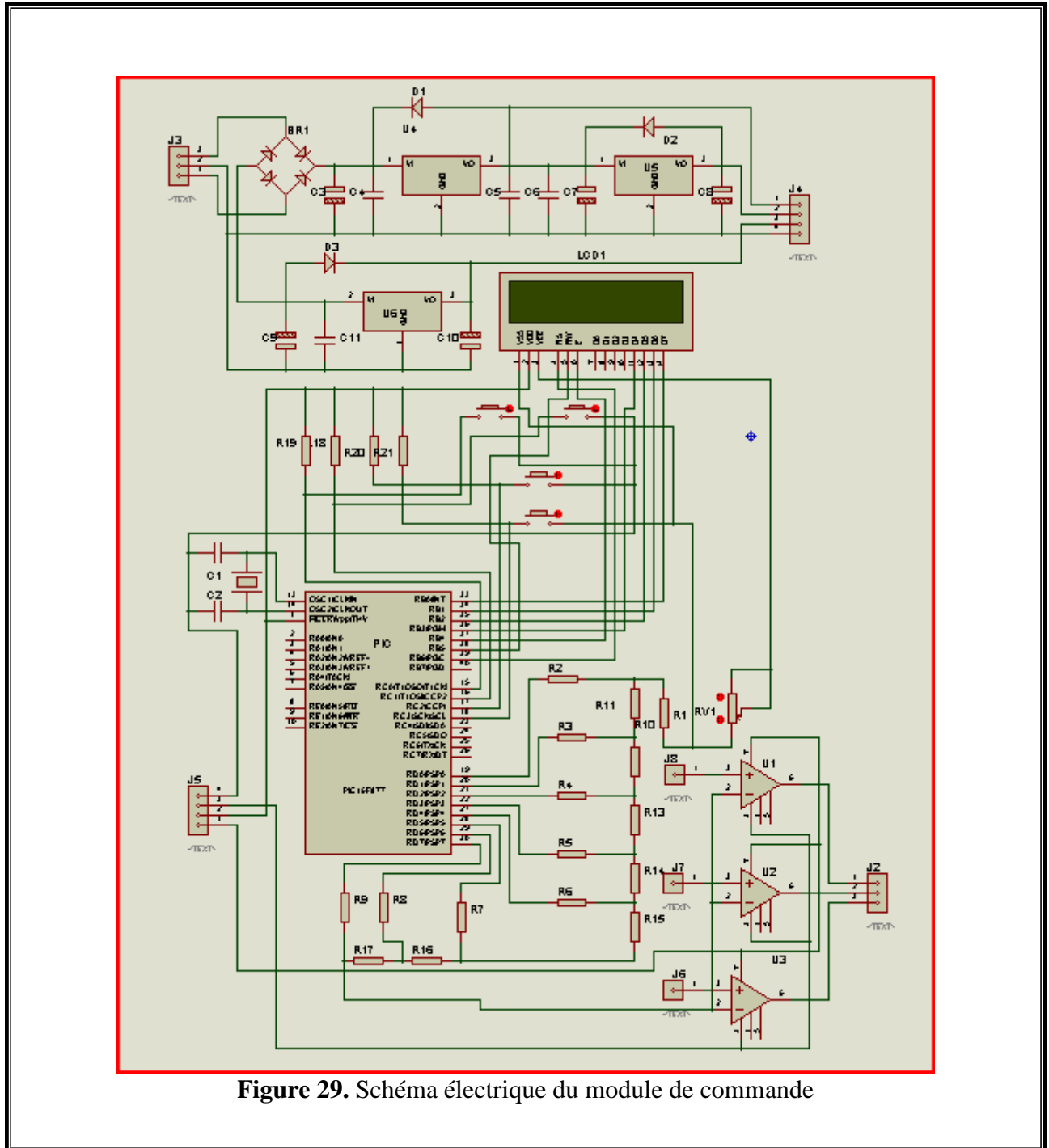


Figure 29. Schéma électrique du module de commande

III.1.3.2. Le circuit imprimé du module de commande

Le circuit imprimé est donné par la figure 30.

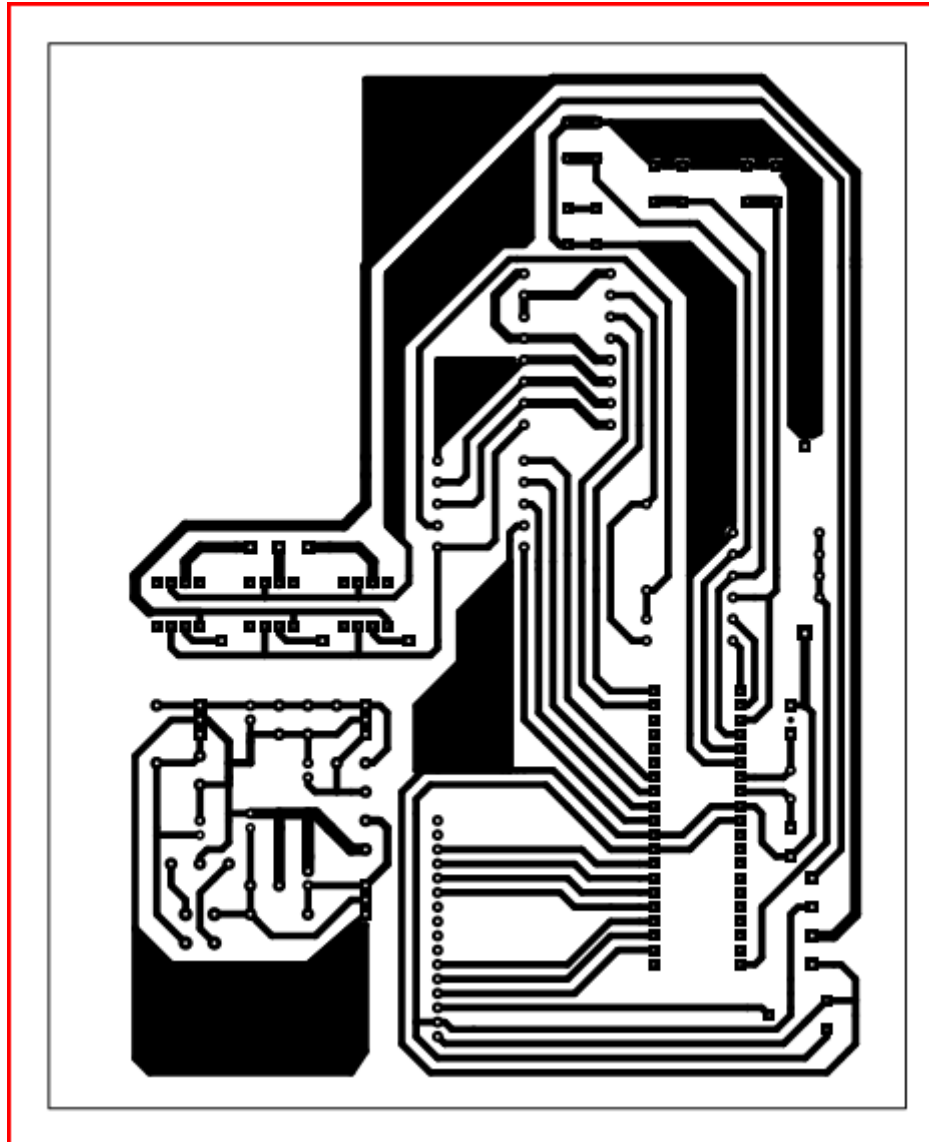
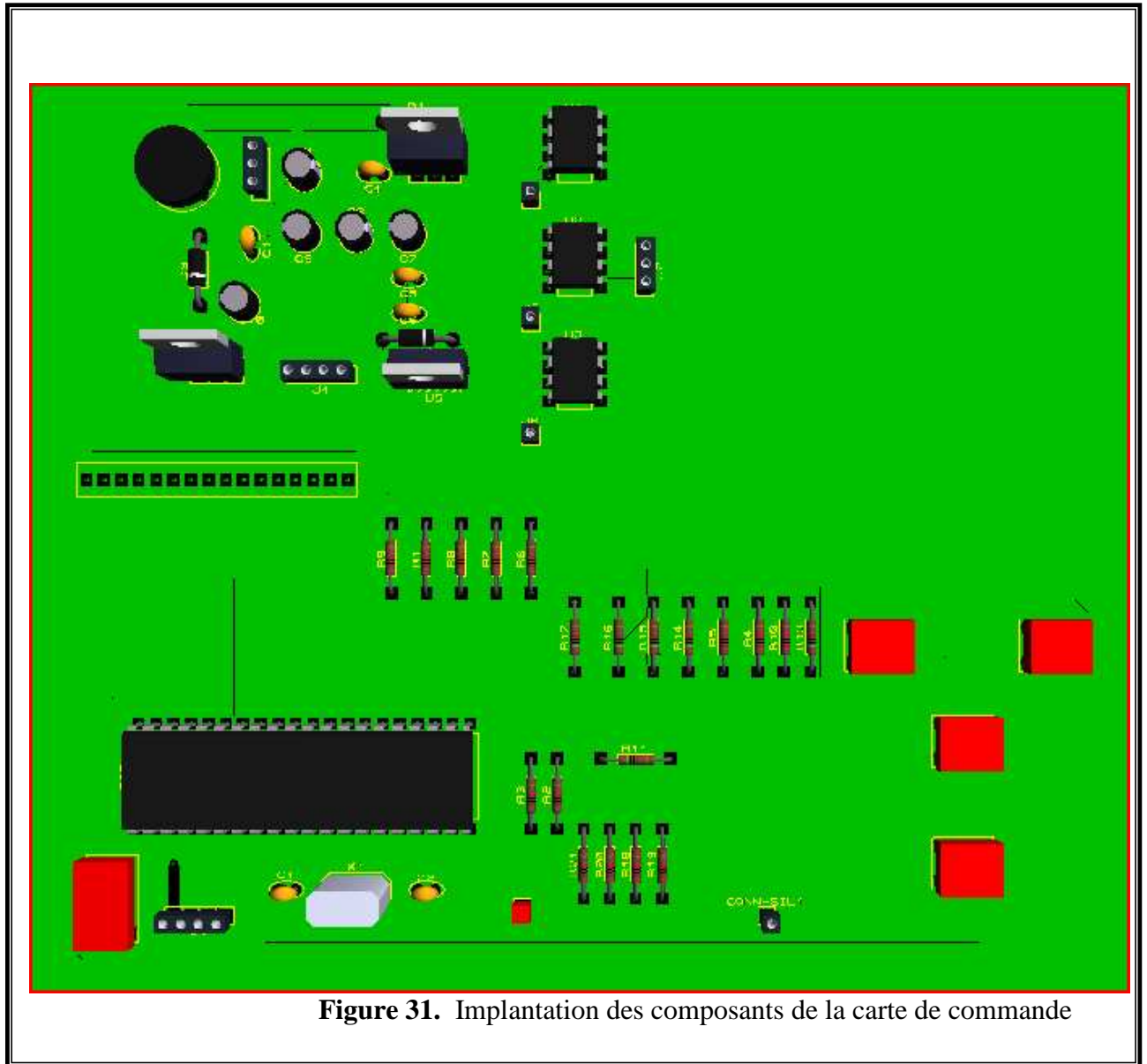


Figure 30. Circuit imprimé du module de commande

III.1.3.3. L'implantation des composants



III.1.3.4. La nomenclature des composants de la carte commande

Tableau 04. Nomenclature des composants de la carte de commande

DESIGNATION	QUANTITE	REFERENCE	DESCRIPTION
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9	9	22K	Résistance
R10, R11, R13, R14, R15, R16, R17	7	11Ω	Résistance
R18, R19, R20, R21	4	10K	Résistance
C1, C2	2	15PF	capacités
C3, C9	2	2200uF	capacités
C4, C5, C11	3	100nF	capacités
C6	1	10nF	capacités
C7, C8, C10	3	10nF	capacités
U1, U2, U3	3	741	amplificateur
U4	1	7812	régulateur
U5	1	7805	régulateur
U6	1	7912	régulateur
D1, D2, D3	3	1N4007	Diode
BR1	1	2W005G	Pont de diode
J2, J3	2	CONN-SIL3	connecteurs
J4, J5	2	CONN-SIL4	connecteurs
J6, J7, J8	3	CONN-SIL1	connecteurs
LCD1	1	LM0 16L	Afficheur
PIC	1	16F877	Microcontrôleur
RV1	1	10K	Potentiomètre
X1	1	CRYSTAL	Quartz

III.1.4. Le générateur de dents de scie

III.1.4.1. Le schéma électrique

Le schéma électrique est représenté par la figure 32.

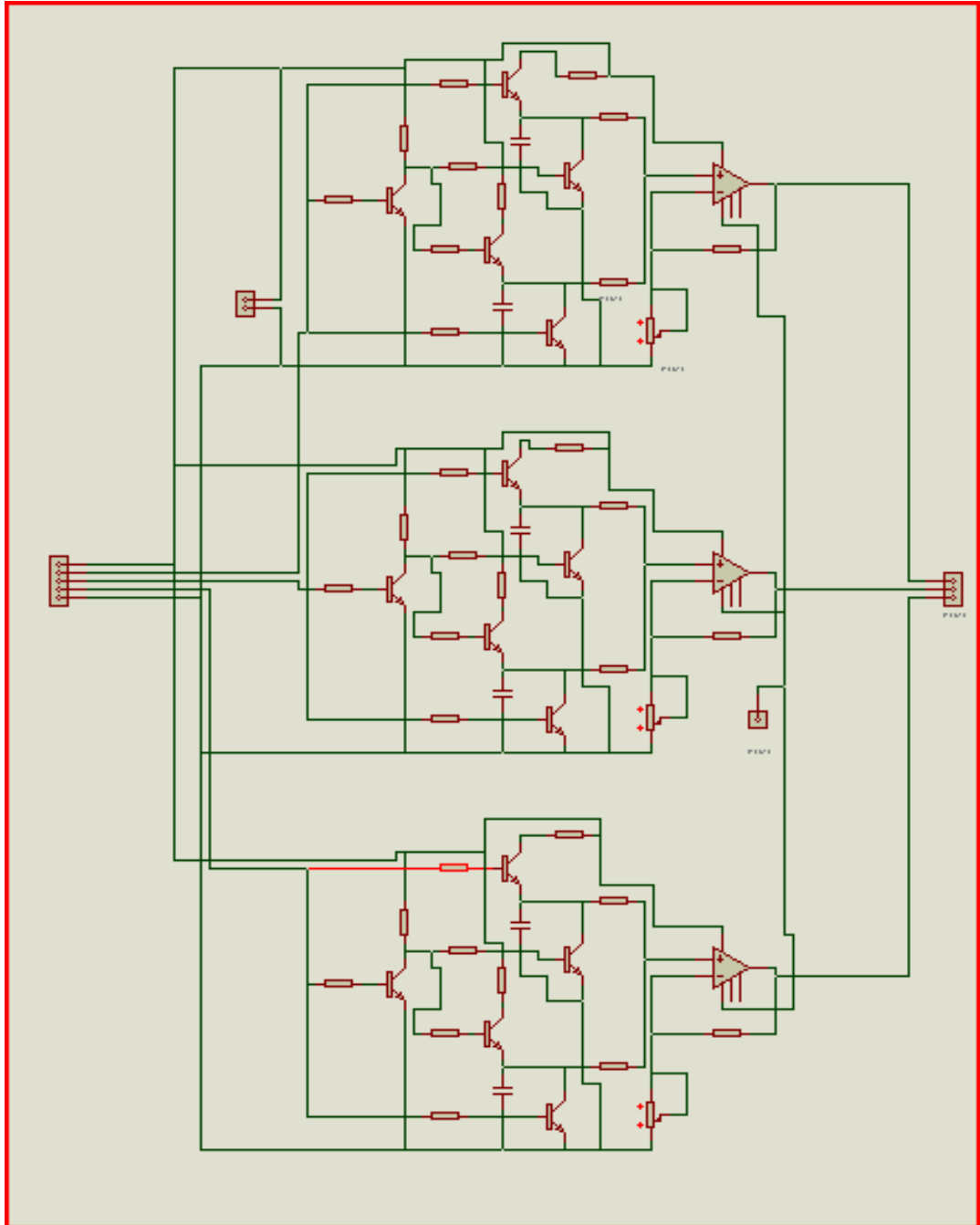
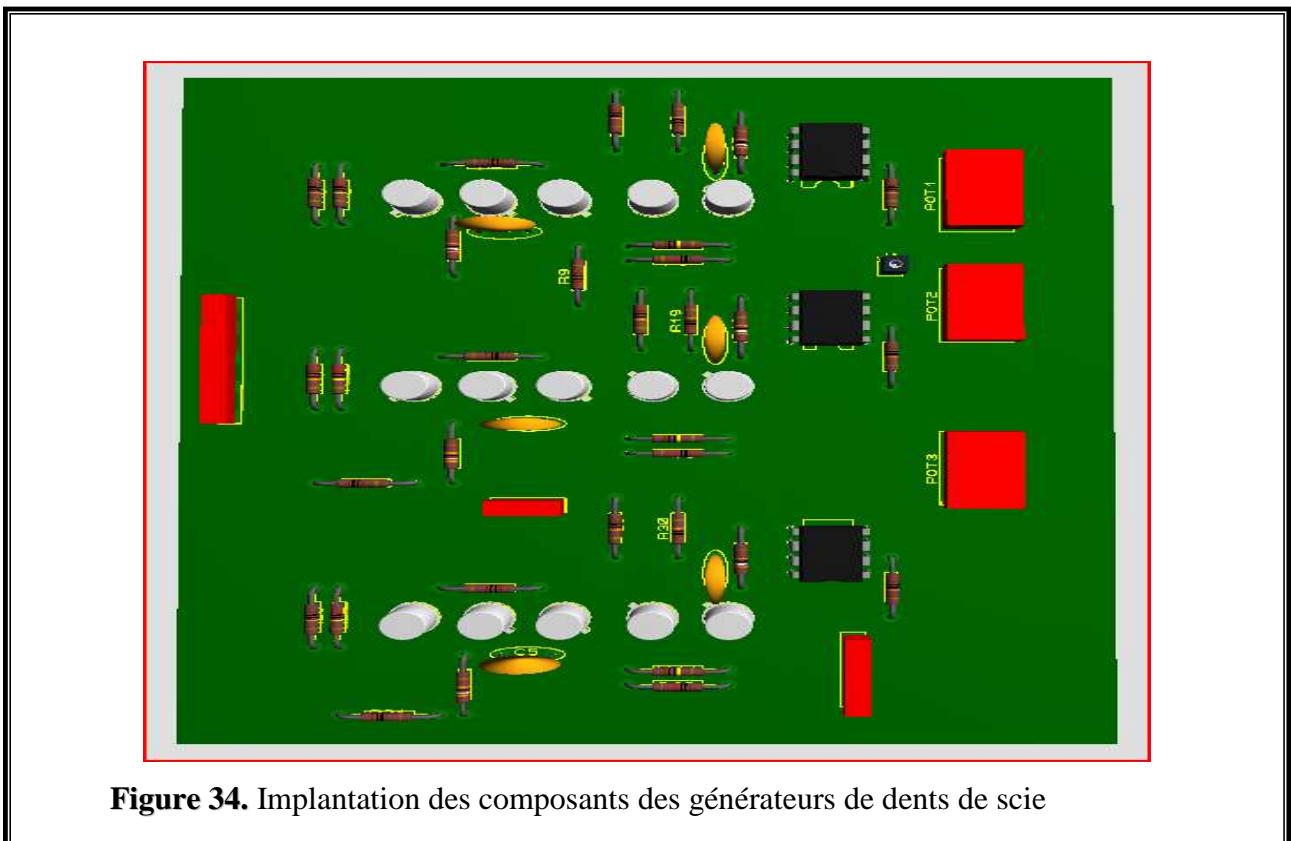
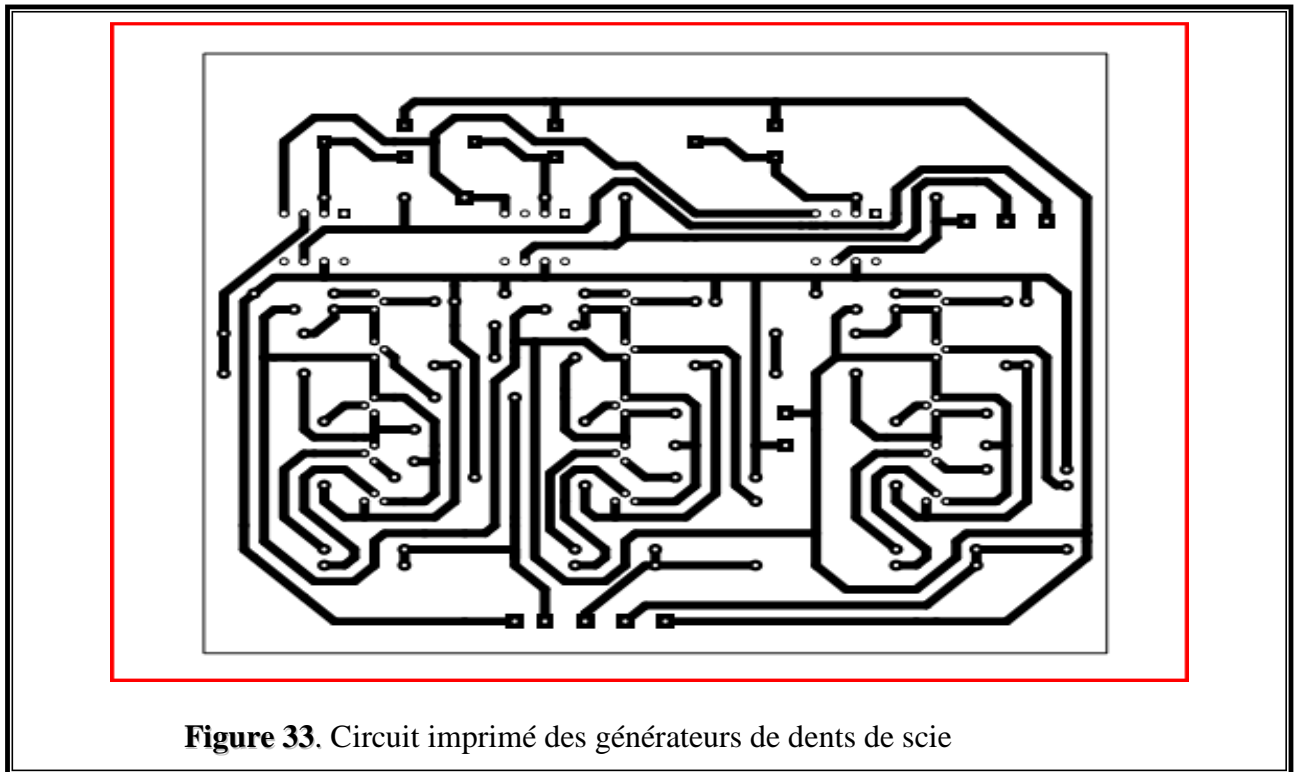


Figure 32. Schéma électrique des générateurs de dent de scie

III.1.4.2. Le circuit imprimé des générateurs de dents de scie

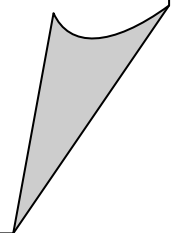
Le circuit imprimé des générateurs de dents de scie est représenté par la figure 33.



III.1.4.3. La nomenclature des composants de la carte de générateur de dents de scie**Tableau 05.** Nomenclature des composants de la carte de générateur de dents de scie

DESIGNATION	QUANTITE	REFERENCE	DESCRIPTION
R1, R7, R12, R18, R23, R29	6	390K	Résistance
R2, R13, R24	3	2M	Résistance
R3, R6, R10, R14, R17, R19, R21, R25, R28, R30, R32	12	100K	Résistance
R4, R9, R15, R20, R26, R31	6	1K	Résistance
R5, R16, R27	3	10K	Résistance
R11, R22, R33	3	1M	Résistance
C1, C2, C3, C4, C5, C6	6	1u	capacités
U1, U2, U3	3	741	amplificateur
Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15	15	2N222	Thyristor
J1	1	CONN-SIL1	connecteurs
J2	1	CONN-SIL3	connecteurs
J3	1	CONN-H5	connecteurs
J4	1	CONN-H2	connecteurs
RV1, RV2, RV3	3	10K	Potentiomètre

*LA CONCEPTION
LOGICIELLE*



III.2. LA CONCEPTION LOGICIELLE

III.2.1. Introduction

Une fois que toute la réalisation électronique est faite, nous allons dans le présent chapitre expliquer le programme qui est élaboré afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble. Le programme élaboré est mis au point sous MicroBasic pour faire fonctionner le pic et compris le Softstarter en général.

III.2.2. La programmation du PIC16F877A

Pour programmer notre PIC, nous avons utilisé deux logiciels et un programmeur universel.

III.2.2.1. Le Micro Basic

Le Micro Basic est un outil informatique conçu spécialement pour la programmation des PICs. La compilation d'un programme dans ce même logiciel génère un fichier avec l'extension « **.Hex** » ce dernier est injecté dans le PIC à l'aide de logiciel **IC Prog** et le programmeur.

III.2.2.2. L'IC Prog

Pour le flashage du PIC nous suivrons les étapes suivantes :

- 1.** placer le PIC16F876A sur le support de programmeur universel ;
- 2.** brancher le programmeur à l'unité centrale de micro-ordinateur et le mettre sous tension ;
- 3.** lancer le logiciel IC Prog ;
- 4.** choisir le PIC (dans notre cas c'est le 16F876A) ;
- 5.** configurer des paramètres de PIC sur le logiciel.

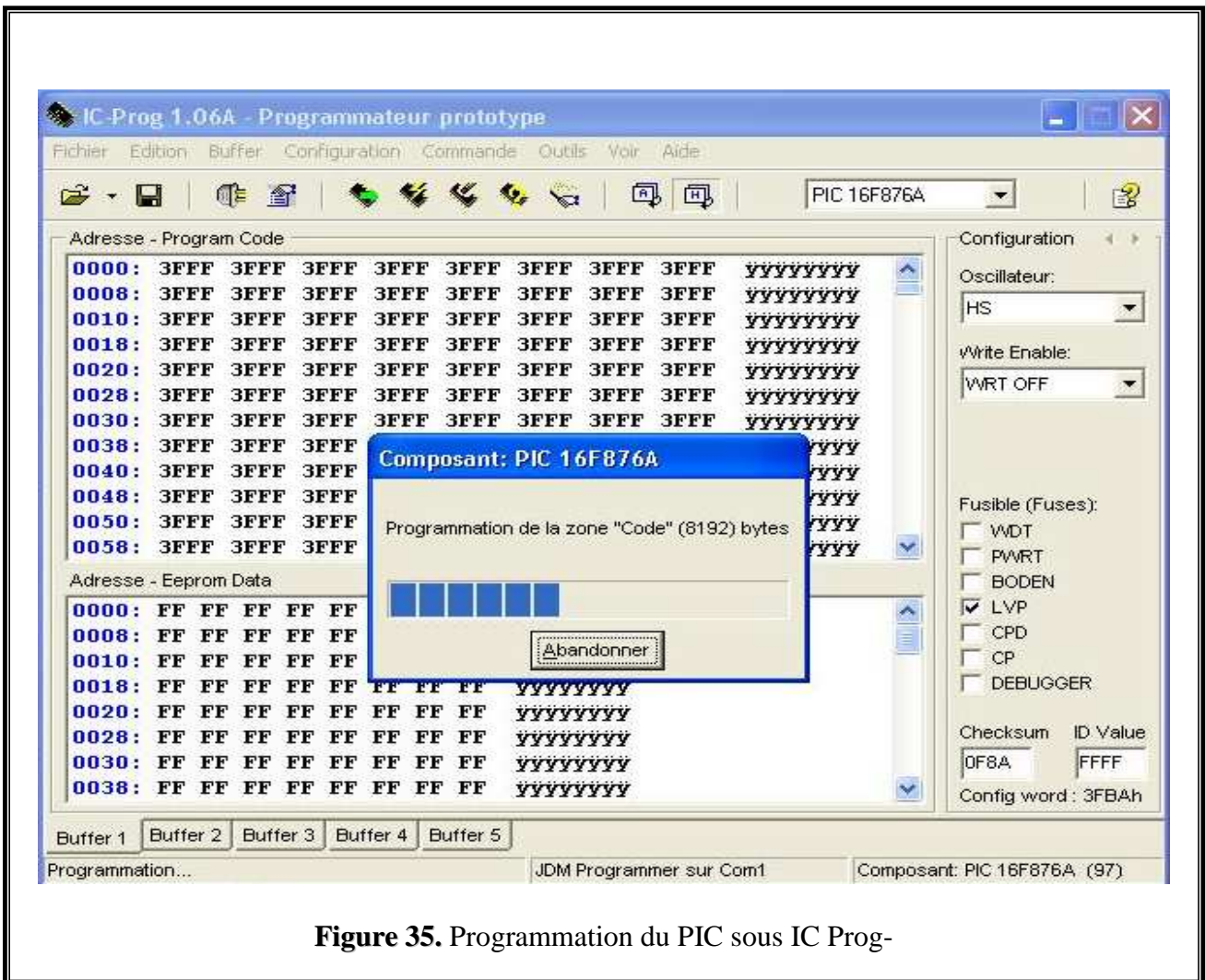
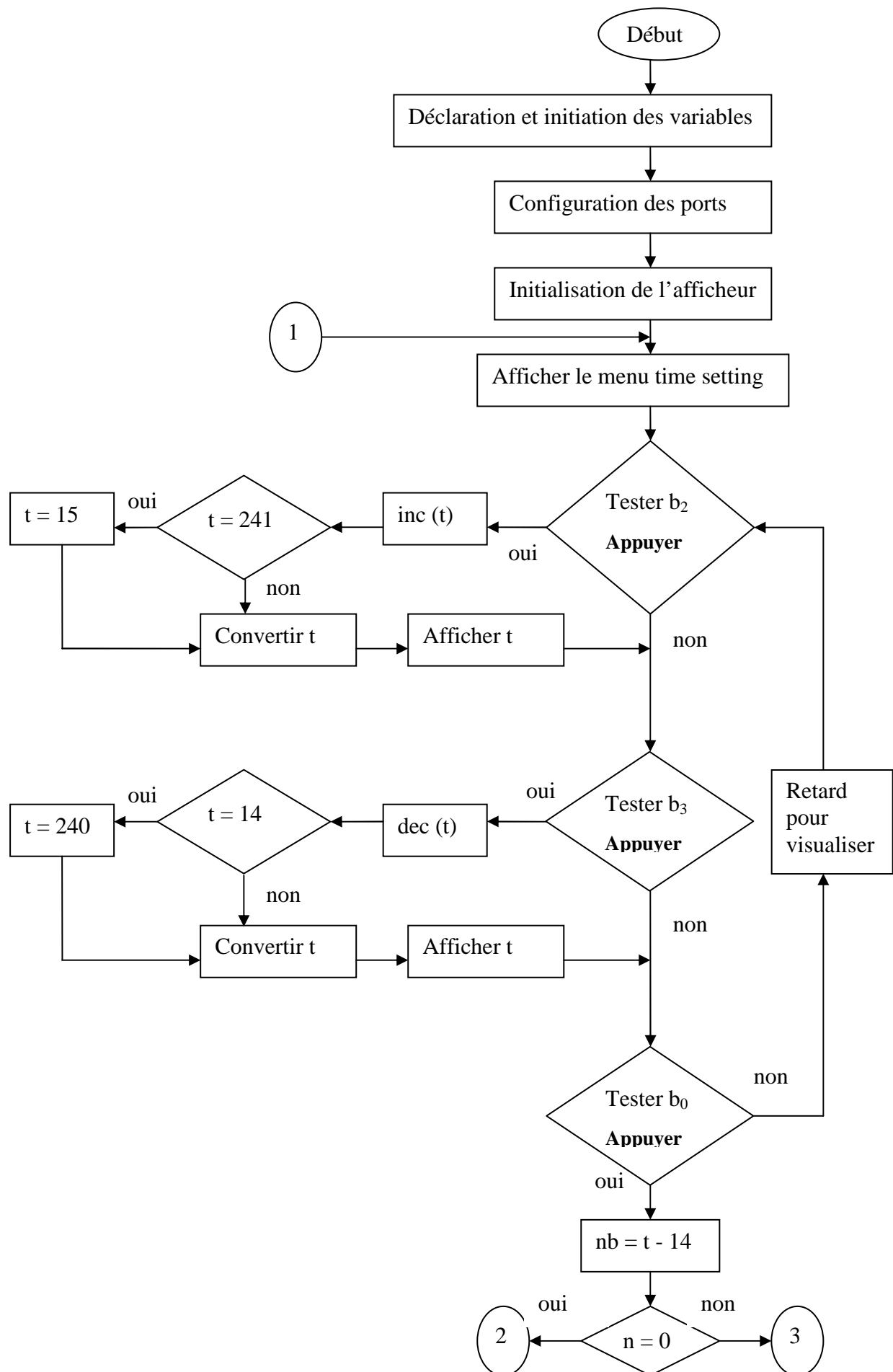


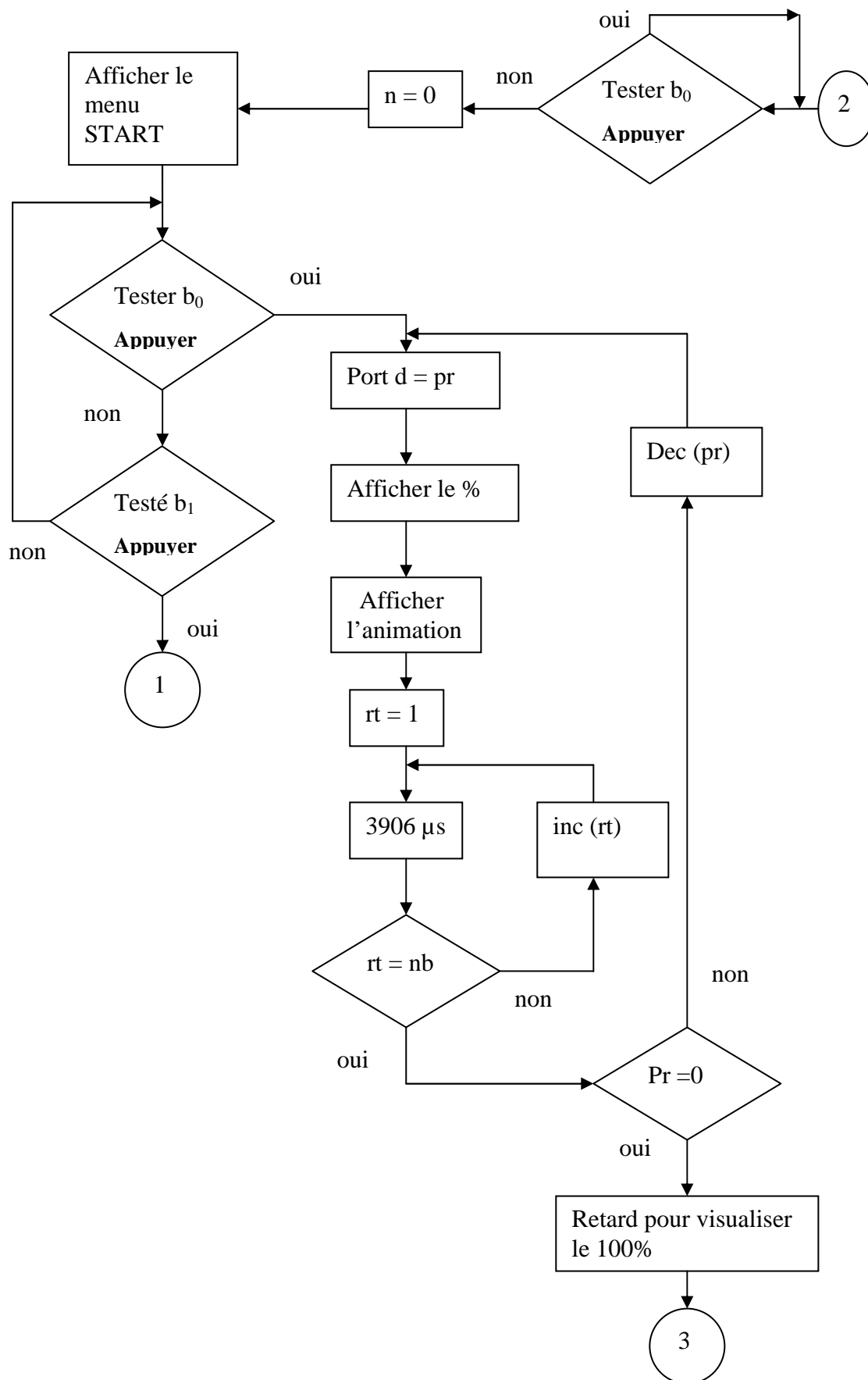
Figure 35. Programmation du PIC sous IC Prog-

III.2.3.L'organigramme du programme

Pour l'initialisation des variables on met :

- pr= 255
- n = 0
- t = 15





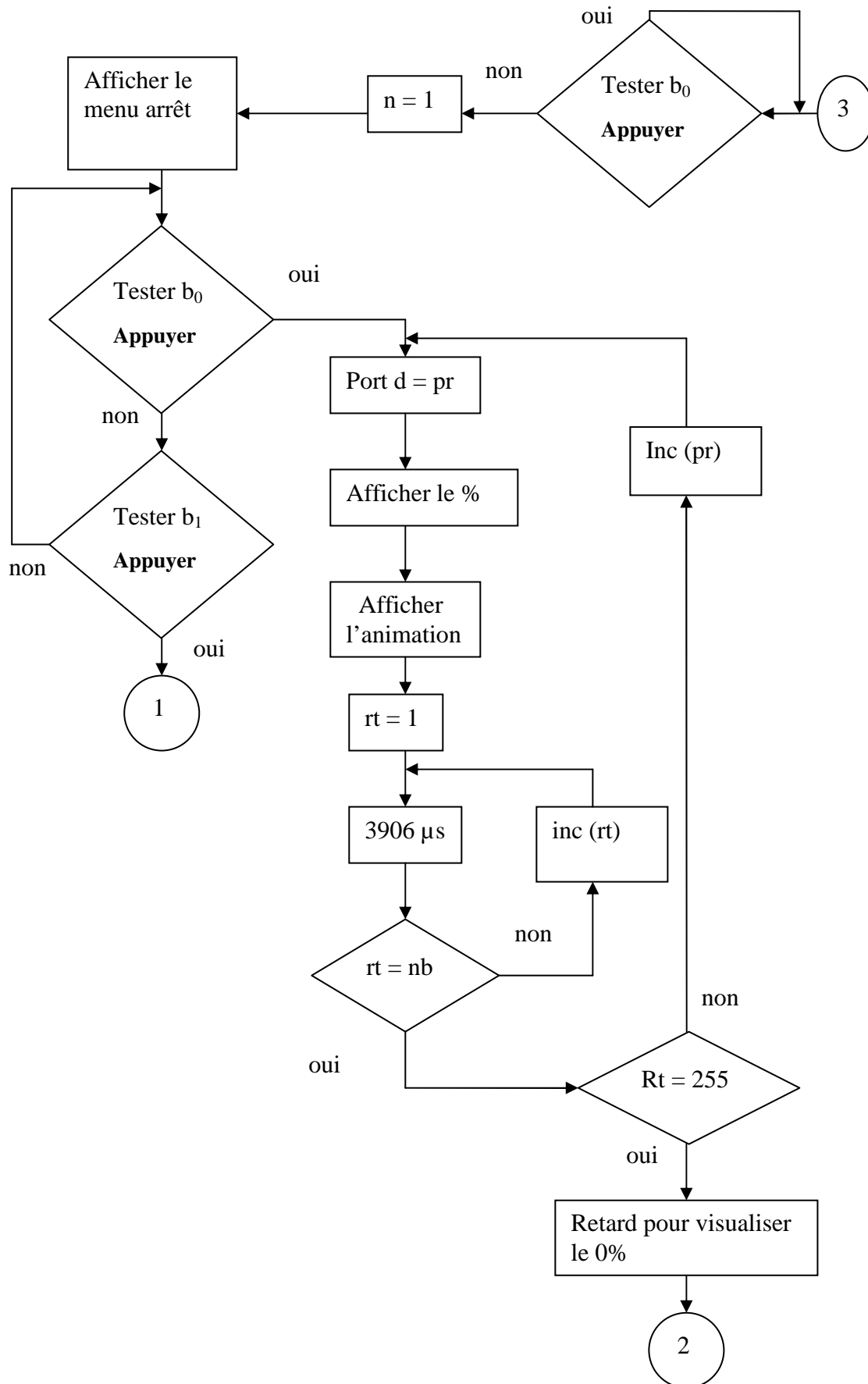
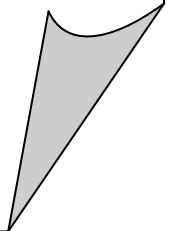


Figure 36. Organigramme du programme

III.2.4.L'explication du programme

Le but de ce programme est de générer un signal (rampe) qui sera injecté aux entrées négatives des trois comparateurs Comp1, Comp2 et Comp3 puis comparé avec les signaux triangulaires qui sont déphasés de 120° l'un par rapport à l'autre afin de générer les impulsions de commande des thyristors.

CONCLUSION
GENERALE



CONCLUSION GENERALE

A la lumière de ce travail, orienté vers une contribution à la conception et à la réalisation d'un softstarter pour un moteur asynchrone triphasé de puissance et vers une approche visant l'étude des problèmes du démarrage des moteurs asynchrones triphasés, nous avons obtenus des résultats intéressants.

En effet, cette étude nous a permis de programmer une pente de démarrage. Celle-ci a pour objectif la programmation du démarrage et de l'arrêt du moteur asynchrone triphasé et ceci a été possible à l'aide du microcontrôleur 16F877A.

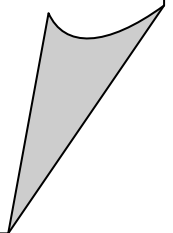
Nous avons également pu introduire un afficheur pour visualiser les différents états de démarrage.

Ce travail ne constitue qu'une contribution de notre part pour apporter des solutions du démarrage des moteurs, nous souhaiterions que cette étude puisse être continuée et notamment en tenant compte de la sécurité du moteur sous tension et sur tension.

De plus, essayer de trouver des moyens pour détecter les anomalies qui puissent survenir dans les phases et de pouvoir afficher les valeurs des courants et des tensions dans les réseaux au cours du démarrage.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

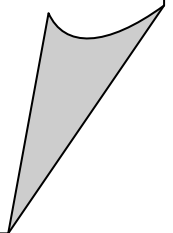


REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ANONYME, non daté.** Moteur asynchrone. laboratoires d'actionneurs intégrés. école polytechnique fédérale de Lausanne. 4p.
2. **ANONYME, non daté.** Moteur asynchrone triphasé. académie Caen. sciences de l'ingénieur en S. 9p.
3. **ANONYME, non daté.** Étude du moteur asynchrone triphasé. 5 p.
4. **ANONYME, non daté.** Chap. II : La machine asynchrone triphasée. in « convertisseurs tournants ». 10 p.
5. **ANONYME, 2008.** Automatisation d'une perceuse sensitive - Moteur asynchrone triphasé. Fiche réf4_ MAS_TRI_2008. 5p.
6. **BAGHLI L., 2005.** Modélisation et commande de la machine asynchrone. Notes de cours. IUFM de Lorraine UHP. 22p.
7. **BERNAUD J., non daté.** Moteur Asynchrone. 5p.
8. **CHARI S., non daté.** Fonction convertir : Moteur asynchrone. N.L.Technique. 5p.
9. **DIVOUX C., 1999.** Moteur asynchrone triphasé. Cours Terminale STI Moteur asynchrone. 8p.
10. **LAALA W., DEBILOU A.R., GUEDIDI S. 2003.** Commande de la machine synchrone a aimants permanents sans capteurs de vitesse et de position Robustesse aux Dérivés Paramétriques Courrier du Savoir – N°04, Juin 2003, pp. 21-27
11. **PALERMO C. 2008/2009.** Cours d'Electricité 2 — Électrotechnique. « Le moteur asynchrone triphasé »I.U.T Mesures Physiques — Université Montpellier 2. Année universitaire 2008-2009. <http://web-mp.iutmontp.univ-montp2.fr>, rubrique “Le DUT”, enseignement “Electricité, Electronique, Electrotechnique et Automatique”.10p.

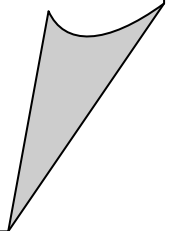
- 12. START, WP., 1998.** Notions fondamentales sur le démarrage des moteurs - Démarrage traditionnel - Démarreur progressif, convertisseur de fréquence. Motor Management. 43 p.

ANNEXES



ANNEXE 1

Annexe logicielle



Features

mikroBasic allows you to quickly develop and deploy complex applications:

- Write your BASIC source code using the built-in Code Editor (Code and Parameter Assistants, Syntax Highlighting, Auto Correct, Code Templates, and more...)
- Use the included mikroBasic libraries to dramatically speed up the development: data acquisition, memory, displays, conversions, communications... Practically all P12, P16, and P18 chips are supported.
- Monitor your program structure, variables, and functions in the Code Explorer.
- Generate commented, human-readable assembly, and standard HEX compatible with all programmers.
- Inspect program flow and debug executable logic with the integrated Debugger.
- Get detailed reports and graphs: RAM and ROM map, code statistics, assembly listing, calling tree, and more...
- We have provided plenty of examples for you to expand, develop, and use as building bricks in your projects. Copy them entirely if you deem fit - that's why we included them with the compiler.

Where to Start

- In case that you're new to PIC microcontrollers, consider reading the [PIC Specifics](#) chapter. The topic may give you some useful pointers on PIC constraints and good programming practices.
- If you come from BASIC programming, you will probably want to consult [mikroBasic Specifics](#) first. For language issues, you can always refer to the comprehensive [Language Reference](#). The complete list of included libraries is available at [mikroBasic Libraries](#).
- If you had little experience in programming, we suggest that you first consult [Projects](#) and [Source Files](#), and then start browsing the examples that interest you the most.



PIC Specifics

In order to get the most from your mikroBasic compiler, you should be familiar with certain aspects of PIC MCU. This knowledge is not essential, but it can provide you a better understanding of PICs' capabilities and limitations, and their impact on the code writing.

Types Efficiency

First of all, you should know that PIC's ALU, which performs arithmetic operations, is optimized for working with bytes. Although mikroBasic is capable of handling very complex data types, PIC may choke on them, especially if you are working on some of the older models. This can dramatically increase the time needed for performing even simple operations. Universal advice is to use *the smallest possible type* in every situation. It applies to all programming in general, and doubly so with microcontrollers.

Get to know your tool. When it comes down to calculus, not all PICmicros are of equal performance. For example, PIC16 family lacks hardware resources to multiply two bytes, so it is compensated by a software algorithm. On the other hand, PIC18 family has HW multiplier, and multiplication works considerably faster.

Nested Calls Limitations

Nested call represents a function call within function body, either to itself (*recursive calls*) or to another function. Recursive calls, as form of cross-calling, are unsupported by mikroBasic due to the PIC's stack and memory limitations.

mikroBasic limits the number of non-recursive nested calls to:

- 8 calls for PIC12 family,
- 8 calls for PIC16 family,
- 31 calls for PIC18 family.



mikroBasic Specifics

The following topics cover the specifics of mikroBasic compiler for PIC:

- [Predefined Globals and Constants](#)
- [Accessing Individual Bits](#)
- [Interrupts](#)
- [Built-in Routines](#)

You might also want to check [Linker Directives](#).

Note: In mikroBasic, the `end.` statement (the closing statement of every program) acts as an endless loop.



mikroBasic Libraries

mikroBasic provides a set of libraries which simplify the initialization and use of PIC MCU and its modules:

- [ADC Library](#)
- [CAN Library](#)
- [CANSPI Library](#)
- [Compact Flash Library](#)
- [EEPROM Library](#)
- [SPI Ethernet Library](#)
- [Flash Memory Library](#)
- [Graphic LCD Library](#)
- [T6963C Graphic LCD Library](#)
- [I²C Library](#)
- [Keypad Library](#)
- [LCD Library](#)
- [LCD8 Library](#)
- [Manchester Code Library](#)
- [Multi Media Card Library](#)
- [OneWire Library](#)
- [PS/2 Library](#)
- [PWM Library](#)
- [RS-485 Library](#)
- [Software I²C Library](#)
- [Software SPI Library](#)
- [Software UART Library](#)
- [Sound Library](#)
- [SPI Library](#)
- [USART Library](#)
- [USB HID Library](#)



Projects

mikroBasic organizes applications into *projects*, consisting of a single project file (extension `.pjp`) and one or more `.pbas` source files. You can compile source files only if they are part of a project.

Project file carries the following information:

- project name and optional description,
- target device,
- device flags (config word),
- device clock,
- list of project source files with paths.

New Project

Creating new project is simple. Select **Project > New Project** from the drop-down menu, and fill the dialog with the desired values (project name and description, location, device, clock, config word). mikroBasic will create the appropriate project file for the given settings.

Project Wizard

Project Name:

Project Path:

Description:

Device:

Clock: MHz

Device Flags:

<input type="checkbox"/> <code>_WRT_1FOURTH = \$3BFF;</code>	<input type="checkbox"/> <code>OSCILLATOR: 0xFFFF</code>
<input type="checkbox"/> <code>_WRT_HALF = \$39FF;</code>	<input type="checkbox"/> <code>WATCH DOG: 0xFFFF</code>
<input type="checkbox"/> <code>_CPD_OFF = \$3FFF;</code>	<input type="checkbox"/> <code>RESET: 0xFFFF</code>
<input type="checkbox"/> <code>_CPD_ON = \$3BFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_LVP_ON = \$3FFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_LVP_OFF = \$3F7F;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_BODEN_ON = \$3FFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_BODEN_OFF = \$3BFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_PWRT_OFF = \$3FFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_PWRT_ON = \$3FF7;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_WDT_ON = \$3FFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_WDT_OFF = \$3FFB;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_RC_OSC = \$3FFF;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_HS_OSC = \$3FFE;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_XT_OSC = \$3FFD;</code>	
<input type="checkbox"/> <code>_LP_OSC = \$3FFC;</code>	

Default Settings:

Default settings are as follows:
 PLL 8x - enabled
 External oscillator - enabled
 Watch Dog Timer - disabled
 Clock switching - Disabled
 Fail safe monitor - Disabled

Also, an empty source file named after the project will be created by default. mikroBasic does not require you to have a source file named same as the project, it's just a matter of convenience.

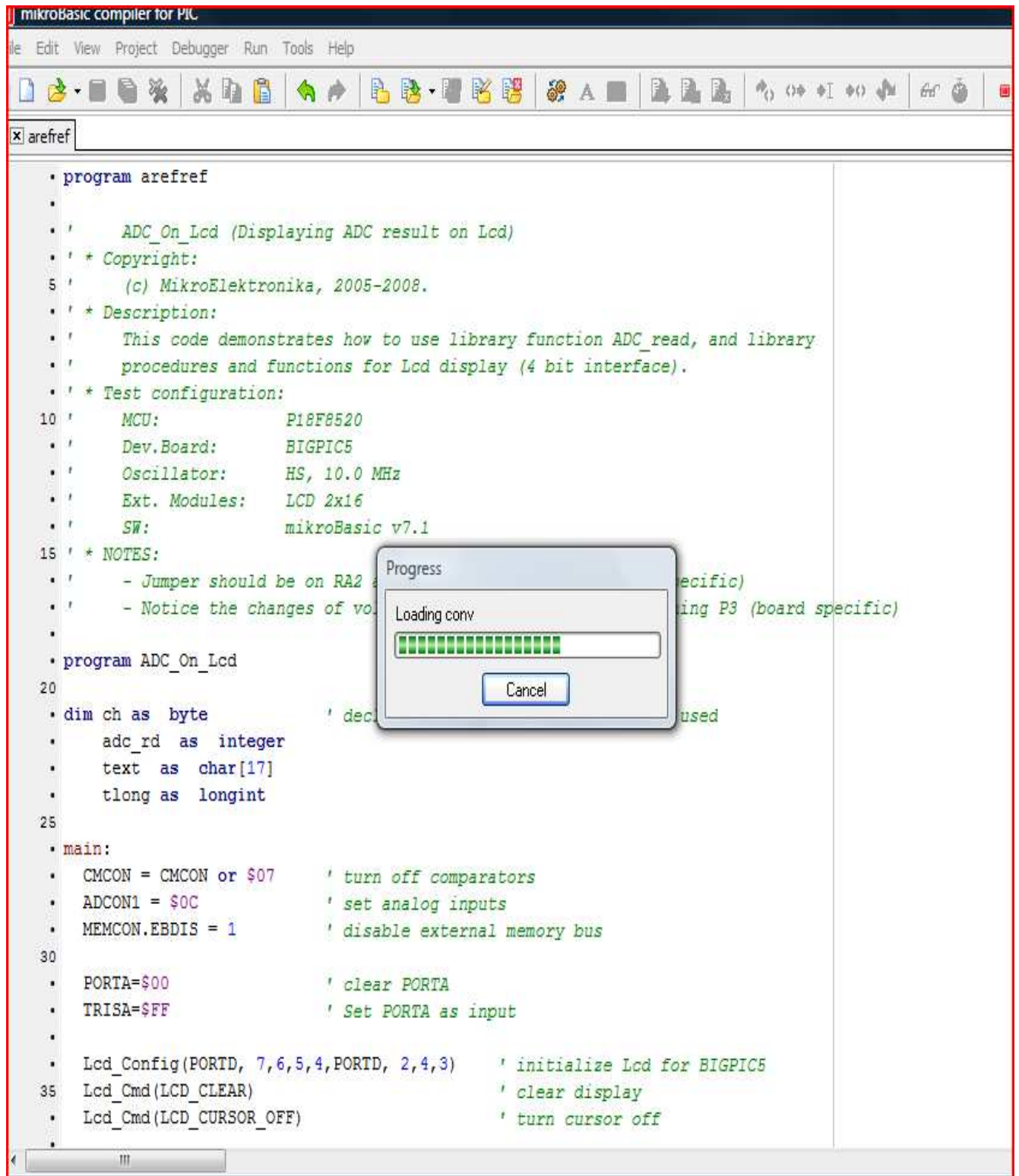
```

mikroBasic compiler for PIC
File Edit View Project Debugger Run Tools Help

ADC_On_Lcd.pbas

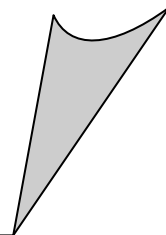
1 | ' * Project name:
  | • ' ADC_On_Lcd (Displaying ADC result on Lcd)
  | • ' * Copyright:
  | • ' (c) MikroElektronika, 2005-2008.
5 | ' * Description:
  | • ' This code demonstrates how to use library function ADC_read, and library
  | • ' procedures and functions for Lcd display (4 bit interface).
  | • ' * Test configuration:
  | • ' MCU: P18F8520
10 | • ' Dev.Board: BIGPIC5
  | • ' Oscillator: HS, 10.0 MHz
  | • ' Ext. Modules: LCD 2x16
  | • ' SW: mikroBasic v7.1
  | • ' * NOTES:
15 | • ' - Jumper should be on RA2 at A/D Converter Input (board specific)
  | • ' - Notice the changes of voltage readings on Lcd while turning P3 (board specific)
  | • '
  | • program ADC_On_Lcd
  | •
20 | dim ch as byte ' declare the global variables being used
  | • adc_rd as integer
  | • text as char[17]
  | • tlong as longint
  | •
25 | main:
  | • CMCON = CMCON or $07 ' turn off comparators
  | • ADCON1 = $0C ' set analog inputs
  | • MEMCON.EBDIS = 1 ' disable external memory bus
  | •
30 | PORTA=$00 ' clear PORTA
  | • TRISA=$FF ' Set PORTA as input
  | •
  | • Lcd_Config(PORTD, 7,6,5,4,PORTD, 2,4,3) ' initialize Lcd for BIGPIC5
  | • Lcd_Cmd(LCD_CLEAR) ' clear display
35 | Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF) ' turn cursor off
  | •

```



ANNEXE 2

Annexe matérielle

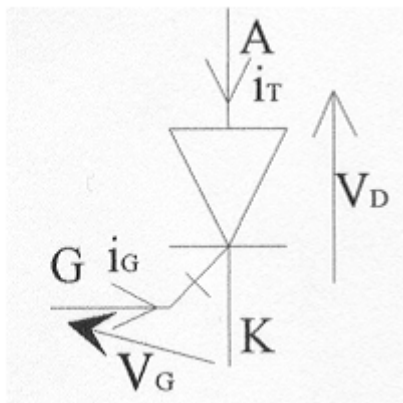


Le thyristor

Présentation

Le thyristor est un composant commandé à la fermeture, mais pas à l'ouverture.

Il est réversible en tension et supporte des tensions V_{AK} aussi bien positives que négatives, il n'est pas réversible en courant et ne permet que des courants I_{AK} positifs à l'état passant.



Le thyristor.

A : anode

K : cathode

G : gâchette

Fonctionnement du thyristor :

Le composant est bloqué si le courant I_{AK} est nul (quelque soit la tension V_{AK}), si la tension V_{AK} est positive, le thyristor est amorçable .

L'amorçage est obtenu par un courant de gâchette I_G positif d'amplitude suffisante , alors que la tension V_{AK} est positive et à ce moment le thyristor est passant , $V_{AK} = 0$ et $I_{AK} > 0$.

On peut bloquer un thyristor par annulation du courant I_{AK} ou par inversion de la tension V_{AK} .

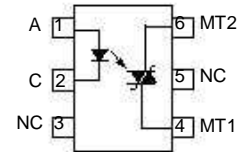
Optocoupler, Phototriac Output, High dV/dt, Low Input Current

Features

- High input sensitivity $I_{FT} = 2.0 \text{ mA}$
- 600/800 V blocking voltage
- 300 mA on-state current
- High static dV/dt $10 \text{ kV}/\infty\text{s}$
- Inverse parallel SCRs provide commutating dV/dt $> 10 \text{ kV}/\infty\text{s}$
- Very low leakage $< 10 \infty\text{A}$
- Isolation Test Voltage $5300 \text{ V}_{\text{RMS}}$
- Small 6-pin DIP package



1179035



Agency Approvals

- UL - File No. E52744 System Code H or J
- CSA -93751
- BAPT/ BSI IEC60950 IEC60965
- DIN EN 60747-5-2(VDE0884)
DIN EN 60747-5-5 pending
Available with Option 1

Applications

Solid-state relays
Industrial controls
Office equipment
Consumer appliances.

Description

The IL420/ IL4208 consists of a GaAs IRLED optically coupled to a photosensitive non-zero crossing TRIAC network. The TRIAC consists of two inverse parallel connected monolithic SCRs. These three semiconductors are assembled in a six pin dual in-line package.

High input sensitivity is achieved by using an emitter follower phototransistor and a cascaded SCR pre-driver resulting in an LED trigger current of less than 2.0 mA (DC)

The IL420/ IL4208 used two discrete SCRs resulting in a commutating dV/dt of greater than $10 \text{ k}/\infty\text{s}$. The use of a proprietary dV/dt clam results in a static dV/

dt of greater than $10 \text{ kV}/\infty\text{s}$. This clamp circuit has a MOSFET that is enhanced when high dV/dt spikes occur between MT1 and MT2 of the TRIAC. When conducting, the FET clamps the base of the phototransistors, disabling the first stage SCR predriver. The 600/800 V blocking voltage permits control of off-line voltages up to 240 VAC, with a safety factor of more than two, and is sufficient for as much as 380 VAC.

The IL420/ IL4208 isolates low-voltage logic from 120, 240, and 380 VAC lines to control resistive, inductive, or capacitive loads including motors, solenoids, high current thyristors or TRIAC and relays.

Order Information

Part	Remarks
IL420	600 V V_{DRM} , DIP-6
IL4208	800 V V_{DRM} , DIP-6
IL420-X006	600 V V_{DRM} , DIP-6 400 mil (option 6)
IL420-X007	600 V V_{DRM} , SMD-6 (option 7)
IL420-X009	600 V V_{DRM} , SMD-6 (option 9)
IL4208-X007	800 V V_{DRM} , SMD-6 (option 7)
IL4208-X009	800 V V_{DRM} , SMD-6 (option 9)

For additional information on the available options refer to Option Information.

Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified

Stresses in excess of the absolute Maximum Ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute Maximum Rating for extended periods of the time can adversely affect reliability.

Input

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		V_R	6.0	V
Forward current		I_F	60	mA
Surge current		I_{FSM}	2.5	A
Power dissipation		P_{diss}	100	mW
Derate from 25 °C			1.33	mW/°C

Output

Parameter	Test condition	Part	Symbol	Value	Unit
Peak off-state voltage		IL420	V_{DRM}	600	V
		IL4208	V_{DRM}	800	V
RMS on-state current			I_{TM}	300	mA
Single cycle surge current			I_{TSM}	3.0	A
Power dissipation			P_{diss}	500	mW
Derate from 25 °C				6.6	mW/°C

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Isolation test voltage ¹⁾	$t = 1.0\text{ sec.}$	V_{ISO}	5300	V_{RMS}
Pollution degree (DIN VDE 0109)			2	
Creepage distance			$\epsilon 7.0$	mm
Clearance			$\epsilon 7.0$	mm
Comparative tracking ²⁾			$\epsilon 175$	
Isolation resistance	$V_{IO} = 500\text{ V}, T_{amb} = 25\text{ °C}$	R_{IO}	$\epsilon 10^{12}$	&
	$V_{IO} = 500\text{ V}, T_{amb} = 100\text{ °C}$	R_{IO}	$\epsilon 10^{11}$	&
Storage temperature range		T_{stg}	- 55 to + 150	°C
Ambient temperature range		T_{amb}	- 55 to + 100	°C
Soldering temperature	max. $\delta 10\text{ sec.}$ dip soldering $\epsilon 0.5\text{ mm}$ from case bottom	T_{sld}	260	°C

1) between emitter and detector, climate per DIN 50014, part 2, Nov. 74

2) index per DIN IEC 60112/VDE 0303 part 1, group IIIa per DIN VDE 6110

Electrical Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

Input

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F		1.16	1.35	V
Reverse current	$V_R = 6.0\text{ V}$	I_R		0.1	10	∞A
Input capacitance	$V_F = 0\text{ V}$, $f = 1.0\text{ MHz}$	C_{IN}		40		pF
Thermal resistance, junction to ambient		R_{thja}		750		$^{\circ}\text{C/W}$

Output

Parameter	Test condition	Part	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Off-state voltage	$I_D(\text{RMS}) = 70\text{ } \infty\text{A}$	IL420	$V_D(\text{RMS})$	424	460		V
	$I_D(\text{RMS}) = 70\text{ } \infty\text{A}$	IL4208	$V_D(\text{RMS})$	565			V
Repetitive peak off-state voltage	$I_{DRM} = 100\text{ } \infty\text{s}$	IL420	V_{DRM}	600			V
		IL4208	V_{DRM}	800			V
Off-state current	$V_D = V_{DRM}$, $I_A = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$		I_{BD}		10	100	∞A
On-state voltage	$I_T = 300\text{ mA}$		V_{TM}		1.7	30	V
On-current	$PF = 1.0$, $V_T(\text{RMS}) = 1.7\text{ V}$		I_{TM}			300	mA
Surge (Non-repetitive) on-state current	$f = 50\text{ Hz}$		I_{TSM}			3.0	A
Holding current			I_H		65	500	∞A
Latching current	$V_T = 2.2\text{ V}$		I_L		5.0		mA
LED trigger current	$V_{AK} = 5.0\text{ V}$		I_{FT}		1.0	2.0	
Trigger current temperature gradient			$-I_{FT}/-T_j$		7.0	14	$\infty\text{A}/^{\circ}\text{C}$
Critical state of rise off-state voltage	$V_D = 0.67\text{ } V_{DRM}$, $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		dV/dt_{cr}	1000			$\text{V}/\infty\text{s}$
	$V_D = 0.67\text{ } V_{DRM}$, $T_J = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$		dV/dt_{cr}	500			$\text{V}/\infty\text{s}$
Critical rate of rise of voltage at current commutation	$V_D = 0.67\text{ } V_{DRM}$, $dI/dt_{cr} \delta 15\text{ A/ms}$, $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		dV/dt_{crq}	10000			$\text{V}/\infty\text{s}$
	$V_D = 0.67\text{ } V_{DRM}$, $dI/dt_{cr} \delta 15\text{ A/ms}$, $T_J = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$		dV/dt_{crq}	5000			$\text{V}/\infty\text{s}$
Critical state of rise of on-state current			dI/dt_{cr}	8.0			$\text{A}/\infty\text{s}$
Thermal resistance, junction to ambient			R_{thja}		150		$^{\circ}\text{C/W}$

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Critical rate of rise of coupled input/output voltage	$I_T = 0\text{ A}$, $V_{RM} = V_{DM} = V_D(\text{RMS})$	dV/dt		500		$\text{V}/\infty\text{s}$
Capacitance (input-output)	$f = 1.0\text{ MHz}$, $V_{IO} = 0\text{ V}$	C_{IO}		0.8		pF
Isolation resistance	$V_{IO} = 500$, $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	R_{IO}	10^{12}			&
	$V_{IO} = 500$, $T_A = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	R_{IO}	10^{11}			&



Switching Characteristics

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Turn-on time	$V_{RM} = V_{DM} = V_D(RMS)$	t_{on}		35		∞ s
	PF = 1.0, $I_T = 300$ mA	t_{off}		50		∞ s

Typical Characteristics ($T_{amb} = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

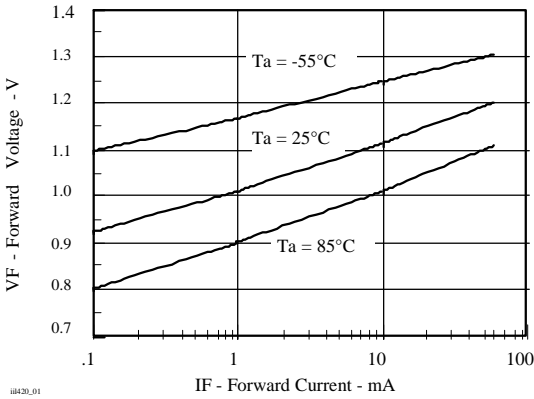


Fig. 1 Forward Voltage vs. Forward Current

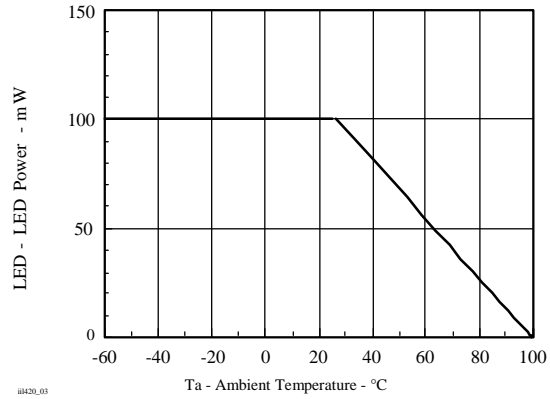


Fig. 3 Maximum LED Power Dissipation

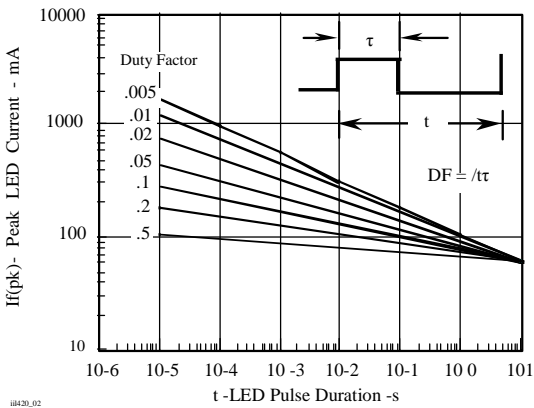


Fig. 2 Peak LED Current vs. Duty Factor, Tau

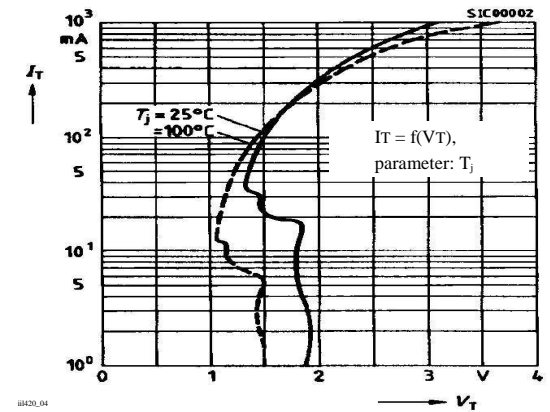


Fig. 4 Typical Output Characteristics

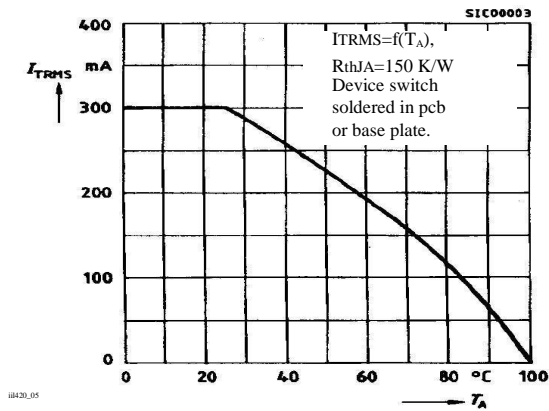


Fig. 5 Current Reduction

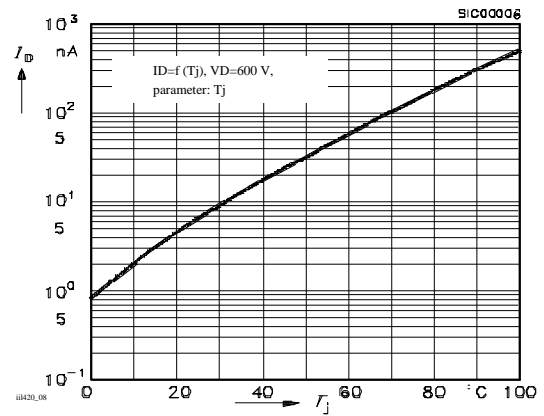


Fig. 8 Typical Off-State Current

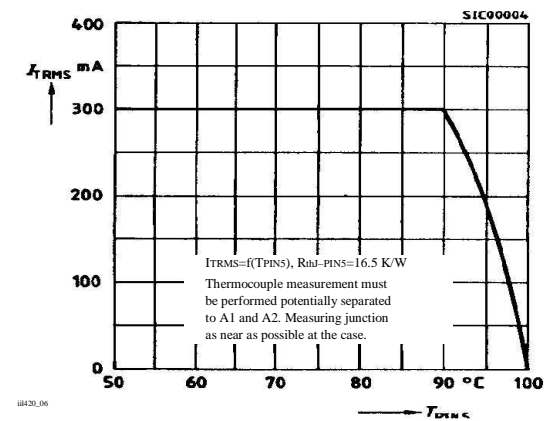


Fig. 6 Current Reduction

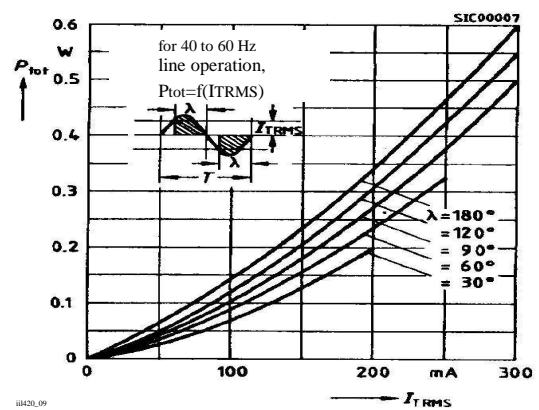


Fig. 9 Power Dissipation

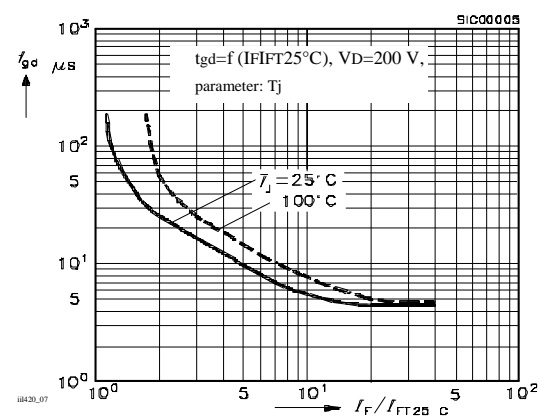


Fig. 7 Typical Trigger Delay Time

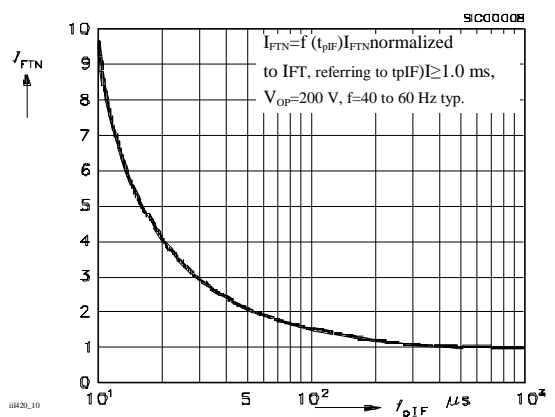
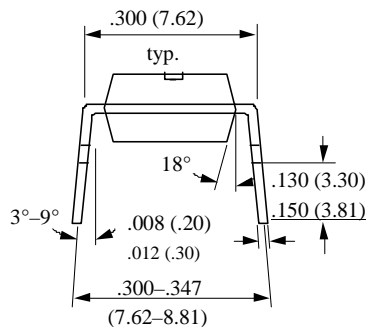
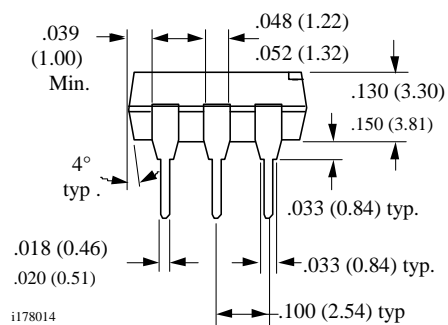
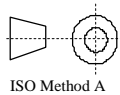
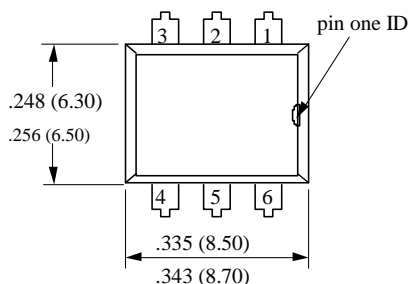
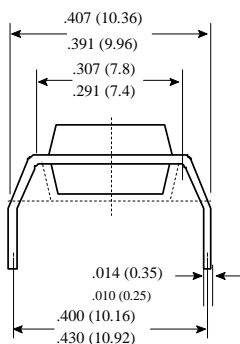


Fig. 10 Pulse Trigger Current

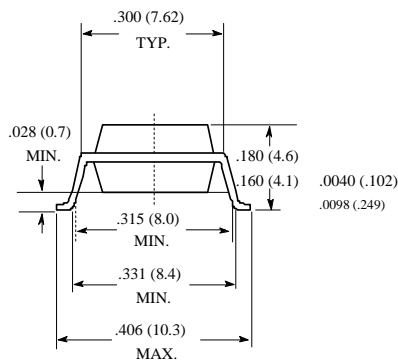
Package Dimensions in Inches (mm)



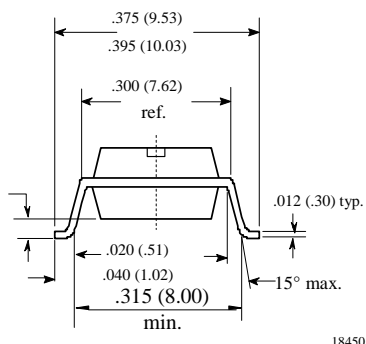
Option 6



Option 7



Option 9



Ozone Depleting Substances Policy Statement

It is the policy of **Vishay Semiconductor GmbH** to

1. Meet all present and future national and international statutory requirements.
2. Regularly and continuously improve the performance of our products, processes, distribution and operating systems with respect to their impact on the health and safety of our employees and the public, as well as their impact on the environment.

It is particular concern to control or eliminate releases of those substances into the atmosphere which are known as ozone depleting substances (ODSs).

The Montreal Protocol (1987) and its London Amendments (1990) intend to severely restrict the use of ODSs and forbid their use within the next ten years. Various national and international initiatives are pressing for an earlier ban on these substances.

Vishay Semiconductor GmbH has been able to use its policy of continuous improvements to eliminate the use of ODSs listed in the following documents.

1. Annex A, B and list of transitional substances of the Montreal Protocol and the London Amendments respectively
2. Class I and II ozone depleting substances in the Clean Air Act Amendments of 1990 by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA
3. Council Decision 88/540/EEC and 91/690/EEC Annex A, B and C (transitional substances) respectively.

Vishay Semiconductor GmbH can certify that our semiconductors are not manufactured with ozone depleting substances and do not contain such substances.

**We reserve the right to make changes to improve technical design
and may do so without further notice.**

Parameters can vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by the customer. Should the buyer use Vishay Semiconductors products for any unintended or unauthorized application, the buyer shall indemnify Vishay Semiconductors against all claims, costs, damages, and expenses, arising out of, directly or indirectly, any claim of personal damage, injury or death associated with such unintended or unauthorized use.

Vishay Semiconductor GmbH, P.O.B. 3535, D-74025 Heilbronn, Germany
Telephone: 49 (0)7131 67 2831, Fax number: 49 (0)7131 67 2423

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

LOW INPUT CURRENT, HIGH GAIN OPTOCOUPLER

FEATURES

- High Current Transfer Ratio, 800%
- Low Input Current, 0.5mA
- High Output Current, 60mA
- Isolation Test Voltage, 2500 VAC_{RMS}
- TTL Compatible Output, VOL=0.1 V
- High Common Mode Rejection, 500V/∞sec.
- Adjustable Bandwidth—Access to Base
- Standard Molded Dip Plastic Package
- Underwriters Lab File #E52744

APPLICATIONS

- Logic Ground Isolation—TTL/TTL, TTL/CMOS, CMOS/CMOS, CMOS/TTL
- EIA RS 232C Line Receiver
- Low Input Current Line Receiver—Long Lines, Party Lines
- Telephone Ring Detector
- 117 VAC Line Voltage Status Indication—Low Input Power Dissipation
- Low Power Systems—Ground Isolation

DESCRIPTION

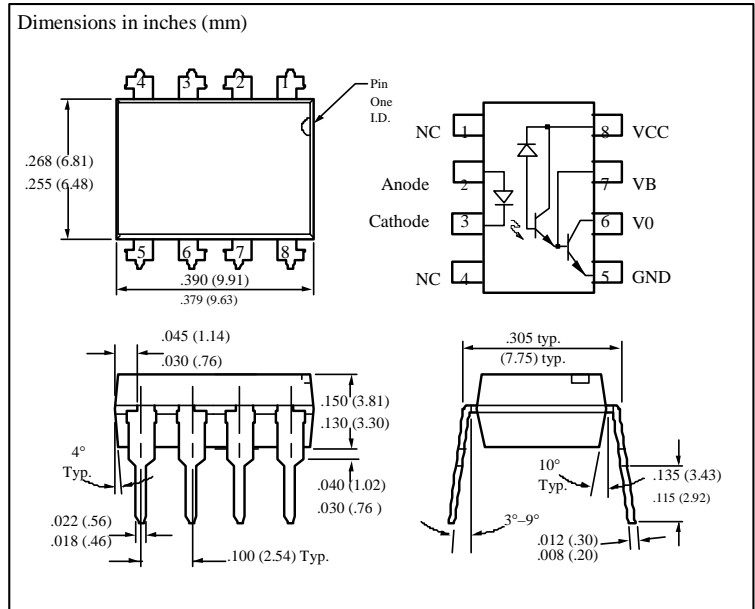
High common mode transient immunity and very high current ratio together with 2500 VAC insulation are achieved by coupling an LED with an integrated high gain photo detector in an eight pin dual-in-line package. Separate pins for the photodiode and output stage enable TTL compatible saturation voltages with high speed operation. Photodarlington operation is achieved by tying the V_{CC} and V_O terminals together. Access to the base terminal allows adjustment to the gain bandwidth.

The 6N138 is ideal for TTL applications since the 300% minimum current transfer ratio with an LED current of 1.6 mA enables operation with one unit load-in and one unit load-out with a 2.2 KΩ pull-up resistor.

The 6N139 is best suited for low power logic applications involving CMOS and low power TTL. A 400% current transfer ratio with only 0.5 mA of LED current is guaranteed from 0°C to 70°C.

Caution:

Due to the small geometries of this device, it should be handled with Electrostatic Discharge (ESD) precautions. Proper grounding would prevent damage further and/or degradation which may be induced by ESD.



Maximum Ratings

Reverse Input Voltage	5 V
Supply and Output Voltage, V _{CC} (pin 8-5), V _O (pin 6-5)	
6N138	-0.5 to 7 V
6N139	-0.5 to 18 V
Emitter-Base Reverse Voltage (pin 5-7)	0.5 V
Average Input Current.....	20 mA
Peak Input Current (50% Duty Cycle—1 ms pulse width)	40 mA
Peak Transient Input Current (tpδ1 ∞sec, 300 pps)	1.0 A
Output Current I _O (pin 6)	60 mA
Derate linearly above 25°C, free air temperature at 0.7 mA/°C	
Input Power Dissipation	35 mW
Derate linearly above 50%, free air temperature at 0.7 mW/°C	
Output Power Dissipation.....	100 mW
Derate linearly above 25°C, free air temperature at 0.2 mA/°C	
Isolation Test Voltage.....	2500 VAC _{RMS}
Isolation Resistance	
V _{IO} =500 V, T _A =25°C	ε10 ¹² &
V _{IO} =500 V, T _A =100°C.....	ε10 ¹¹ &
Storage Temperature.....	-55°C to +125°C
Operating Temperature	-55°C to +100°C
Lead Soldering Temperature (t=10 sec.)	260°C

Electro-Optical Characteristics ($T_A=0^{\circ}\text{C}$ to 70°C , $T_A=25^{\circ}\text{C}$ –Typical, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Device	Min	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Note
Current Transfer Ratio	CTR	6N138	300	1600		%	$I_F=1.6\text{ mA}$, $V_O=0.4\text{ V}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$	5.6
		6N139	400 500	1600 2000		%	$I_F=0.5\text{ mA}$, $V_O=0.4\text{ V}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$ $I_F=1.6\text{ mA}$, $V_O=0.4\text{ V}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$	5.6
Logic Low Output Voltage	V_{OL}	6N138		0.1	0.4	V	$I_F=1.6\text{ mA}$, $I_O=4.8\text{ mA}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$	6
		6N139		0.1	0.4	V	$I_F=1.6\text{ mA}$, $I_O=8\text{ mA}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$	6
		6N139 6N139		0.15 0.25	0.4 0.4	V	$I_F=5\text{ mA}$, $I_O=15\text{ mA}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$ $I_F=12\text{ mA}$, $I_O=24\text{ mA}$, $V_{CC}=4.5\text{ V}$	6
Logic High Output Current	I_{OH}	6N138		0.1	250	$\infty\text{ A}$	$I_F=0\text{ mA}$, $V_O=V_{CC}=7\text{ V}$	6
		6N139		0.05	100	$\infty\text{ A}$	$I_F=0\text{ mA}$, $V_O=V_{CC}=18\text{ V}$	6
Logic Low Supply Current	I_{CCL}			0.2	1.5	mA	$I_F=1.6\text{ mA}$, $V_O=\text{OPEN}$, $V_{CC}=18\text{ V}$	6
Logic High Supply Current	I_{CCH}			0.001	10	$\infty\text{ A}$	$I_F=0\text{ mA}$, $V_O=\text{OPEN}$, $V_{CC}=18\text{ V}$	6
Input Forward Voltage	V_F			1.4	1.7	V	$I_F=1.6\text{ mA}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	
Input Reverse Breakdown Voltage	BV_R		5			V	$I_R=10\ \infty\text{ A}$	
Temperature Coefficient of Forward Voltage				-1.8		mV/ $^{\circ}\text{C}$	$I_F=1.6\text{ mA}$	
Input Capacitance	C_{IN}			25		pF	$f=1\text{ MHz}$, $V_F=0$	
Input-Output Insulation Leakage Current	I-O				1.0	$\infty\text{ A}$	45% Relative Humidity, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ $t=5_s$, $V_{I-O}=3000\text{ VDC}$	7
Resistance (Input-Output)	R_{I-O}			10^{12}		&	$V_{I-O}=500\text{ VDC}$	7
Capacitance (Input-Output)	C_{I-O}			0.6		pF	$f=1\text{ MHz}$	7

Switching Specifications ($T_A=25^{\circ}\text{C}$)

Parameter	Symbol	Device	Min	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Note
Propagation Delay Time		6N138		2	10	$\infty\text{ S}$	$I_F=1.6\text{ mA}$, $R_L=2.2\text{ K}\&$	
To Logic Low at Output	t_{PHL}	6N139		6 0.6	25 1	$\infty\text{ S}$	$I_F=0.5\text{ mA}$, $R_L=4.7\text{ K}\&$ $I_F=12\text{ mA}$, $R_L=270\ \&$	6,8
		6N138		2	35	$\infty\text{ S}$	$I_F=1.6\text{ mA}$, $R_L=2.2\text{ K}\&$	
To Logic High at Output	t_{PLH}	6N139		4 1.5	60 7	$\infty\text{ S}$	$I_F=0.5\text{ mA}$, $R_L=4.7\text{ K}\&$ $I_F=12\text{ mA}$, $R_L=270\ \&$	6,8
		6N138		2	35	$\infty\text{ S}$	$I_F=1.6\text{ mA}$, $R_L=2.2\text{ K}\&$	
Common Mode Transient Immunity at Logic High Level Output	CM_H			500		V/ $\infty\text{ S}$	$I_F=0\text{ mA}$, $R_L=2.2\text{ K}\&$ $R_{CC}=0/V_{CM}/=10\text{ V}_{PP}$	9,10
Common Mode Transient Immunity at Logic Low Level Output	CM_L			-500		V/ $\infty\text{ S}$	$I_F=1.6\text{ mA}$, $R_L=2.2\text{ K}\&$ $R_{CC}=0/V_{CM}/=10\text{ V}_{PP}$	9,10

Notes

1. Derate linearly above 50°C free-air temperature at a rate of $0.4\text{ mA}/^{\circ}\text{C}$.
2. Derate linearly above 50°C free-air temperature at a rate of $0.7\text{ mW}/^{\circ}\text{C}$.
3. Derate linearly above 25°C free-air temperature at a rate of $0.7\text{ mA}/^{\circ}\text{C}$.
4. Derate linearly above 25°C free-air temperature at a rate of $2.0\text{ mW}/^{\circ}\text{C}$.
5. DC current transfer ratio is defined as the ratio of output collector current, I_O , to the forward LED input current, I_F times 100%.
6. Pin 7 open.
7. Device considered a two-terminal device: pins 1, 2, 3 and 4 shorted together and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.
8. Using a resistor between pin 5 and 7 will decrease gain and delay time.
9. Common mode transient immunity in logic high level is the maximum tolerable (positive) dV_{CM}/dt on the leading edge of the common mode pulse, V_{CM} , to assure that the output will remain in a logic high state (i.e. $V_O > 2.0\text{ V}$) common mode transient immunity in logic low level is the maximum tolerable (negative) dV_{CM}/dt on the trailing edge of the common mode pulse signal, V_{CM} , to assure that the output will remain in a logic low state (i.e. $V_O < 0.8\text{ V}$).
10. In applications where dv/dt may exceed $50,000\text{ V}/\infty\text{ s}$ (such as state discharge) a series resistor, R_{CC} should be included to protect I_C from destructively high surge currents. The recommended value is

$$R_{CC} \geq \frac{V_{CC} - V_{OL}}{0.15I_F} \text{ k}\&$$

$$0.15I_F \text{ (mA)}$$

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.