

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE A, MIRA -BEJAIA



**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie Electrique**

**Mémoire de fin d'études**  
**En vue de L'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine: science et technologie**

**Filière : électrotechnique**

**Spécialité : commande électrique**

---

# ***Etude et Conception d'un redresseur Triphasé à base de TCA 785***

---

**Réalisé par :**

- ❖ M<sup>elle</sup> Benzenati Celya
- ❖ M<sup>elle</sup> Khennoussi Kenza

**Encadré par :**

- ❖ Mr B. Fella

**Année universitaire**

**2020-2021**

# *Remerciements*

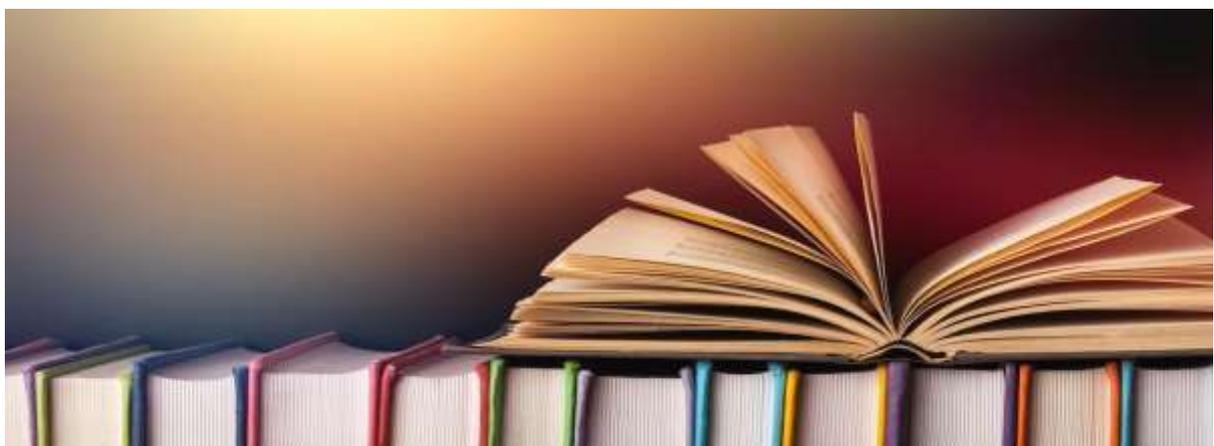
Louanges à Allah avant tout, qui nous a donné la force, le courage et la patience pour Elaborer ce travail. Sans lui, notre mémoire ne verrait pas le jour.

Nos sincères remerciements et reconnaissance à notre promoteur, **M<sup>R</sup> FELLA** pour sa collaboration tout au long de notre travail et pour sa disponibilité malgré ses nombreuses activités.

On remercie **M<sup>F</sup> Atroune** pour son encouragement et son aide durant le cycle Master.

Nous remercions le président et les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fais en acceptant de juger ce modeste travail.

Nous tenons ainsi à exprimer nos sincères remerciements et nos profonds respects à tous ce qui est de près ou de loin, nous en apporter le soutien et d'aide.



# Dédicace

Je dédie ce travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne. Pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affections, pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

**A ma mère**, la plus belle créature ! Qui m'a encouragé durant toutes mes années, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas lieu. Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.

**A mon père**, la première merveille au monde, mon meilleur. Je te confirme mon attachement et mon profond respect.

A mes chères sœurs **Chahinaz** et **INES** ainsi mon petit prince **Amnay**, que j'aime beaucoup.

A mon beau-frère : **Ghiles**

A ma meilleure amie et sœur que j'aime beaucoup : **Nadira**.

A mes chères cousins(e) : **Celia, Chaima, Ryad, Amine**.

A ma chère binôme et sœur : **Kenza**.

A mes chères sœurs que la vie m'a offerte : **Melissa, Nadjat**.

A mes amis(e) : **Lamia, Mahdi, Zahir, Hadi, Amine, Karim, Zaynas, Lynda, Sara, Sam, Manel**.

A **Wafak Ouatah** qui nous a apporté de l'aide merci beaucoup à vous.

A mon chat ma boule de tendresse **Eva** qui m'apporte la joie.

# *Dédicace*

Je dédie ce travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne. Pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affections, pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

**A ma mère**, la plus belle créature ! Qui m'a encouragé durant toutes mes années, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas lieu. Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.

**A mon père**, la première merveille au monde, mon meilleur. Je te confirme mon attachement et mon profond respect.

A mes chère sœurs **Nassima, Biba, Zouzou, Nina, halima**, et mes frères **Amirouche, Ferjallah, Laala, Walid**.

A l'homme de ma vie " **Azzedine** ", mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te protège.

Une dédicace spéciale a mon beau père : **Chaabane** et ma belle mère : **Zohra**.

A mon frère **Oussama** et ma petite sœur **Asma** .

A ma chère binôme et sœur : **Sila**

A mes chère sœurs que la vie m'a offerte : **Celia, Tata**.

A mes copines : **Mely, Nadjet, Lynda**.

*kanza*

# **Sommaire**

## Sommaire

### Chapitre I : Généralités sur les convertisseurs AC/DC

Introduction générale.....	
Introduction .....	1
Généralités sur les semi-conducteurs utilisés.....	1
La diode .....	1
Principe de fonctionnement.....	1
Caractéristiques statiques d'une diode .....	2
Diode zener.....	2
Thyristor .....	3
Principe de fonctionnement.....	3
Caractéristiques statique d'un thyristor .....	4
Thyristor GTO .....	5
Principe de fonctionnement .....	5
Caractéristique statique d'un thyristor GTO.....	5
Transistor bipolaire.....	6
Principe de fonctionnement .....	7
Caractéristiques du transistor bipolaire.....	7
Le Transistor MOSFET .....	8
Principe de fonctionnement.....	8
Caractéristiques du transistor MOSFET.....	9
Transistor IGBT.....	9
Principe de fonctionnement .....	10
Caractéristiques du transistor IGBT .....	10
Les redresseurs .....	11
Les redresseurs monophasés commandés .....	11
Les redresseurs triphasés commandés.....	18
La protection des thyristors.....	20
Les surtensions.....	20
Surtensions dues à la commutation des thyristors.....	20
Surtensions dues à la fusion d'un fusible.....	21

## Sommaire

---

Les surintensités.....	21
Les surintensités d'origine interne.....	21
Les surintensités externes.....	21
Surchauffement .....	22
Conclusion.....	22

### **Chapitre II : Conception du circuit de commande**

Introduction .....	22
Circuit de commande.....	22
Description du circuit de commande.....	22
Le TCA785.....	22
Description.....	22
Principe de fonctionnement .....	24
Oscillateur de fréquence .....	26
Circuit intégré NE555 .....	26
Bouclage.....	26
L'isolation galvanique.....	28
L'opto-coupleur .....	29
Les caractéristiques d'un opto-coupleur .....	30
Driver .....	30
Alimentation stabilisée.....	31
Conclusion.....	33

### **Chapitre III : Simulation du projet par proteus**

Introduction .....	34
Circuit de puissance.....	34
Fonctionnement à base d'un thyristor.....	34
Présentation du logiciel Proteus Design Suite.....	35
Sous-logiciel ISIS.....	35
Sous-logiciel ARES.....	36
Mise à jour des bibliothèques locales .....	36
Création d'un nouveau projet.....	36

## Sommaire

---

Montage avec NE555 et thyristors .....	38
Résultats et simulations .....	39
Montage avec les drivers et IGBT .....	41
Résultats de simulation .....	42
Difficultés rencontrées .....	43
Conclusion.....	44
Conclusion générale.....	

## Liste des figures

---

### Liste Des Figures

#### Chapitre I

<b>Figure I. 1 :</b> Représentation symbolique d'une diode .....	1
<b>Figure I. 2:</b> Caractéristique réelle.....	2
<b>Figure I. 3:</b> Caractéristique idéale .....	2
<b>Figure I. 4 :</b> symbole de la diode zener .....	3
<b>Figure I. 5 :</b> caractéristique de la diode zener .....	3
<b>Figure I. 6 :</b> Représentation symbolique d'un thyristor. ....	3
<b>Figure I. 7:</b> caractéristique d'un thyristor.....	4
<b>Figure I. 8 :</b> Représentation symbolique d'un thyristor GTO .....	5
<b>Figure I. 9 :</b> Représentation symbolique d'un transistor bipolaire.....	6
<b>Figure I. 10:</b> Représentation symbolique d'un transistor bipolaire.....	7
<b>Figure I. 11 :</b> Caractéristique d'un transistor bipolaire .....	8
<b>Figure I. 12 :</b> Représentation symbolique d'un transistor MOSFET .....	8
<b>Figure I. 13 :</b> Caractéristique d'un thyristor.....	9
<b>Figure I. 14 :</b> Représentation symbolique d'un transistor IGBT.....	10
<b>Figure I. 15:</b> Symbole et caractéristique d'un transistor IGBT.....	11
<b>Figure I. 16 :</b> Redresseur simple alternance commandé .....	11
<b>Figure I. 17 :</b> Allures de tension et de courant. ....	12
<b>Figure I. 18:</b> Redresseur simple alternance totalement commandé.....	13
<b>Figure I. 19:</b> Allures de tension et de courant. ....	14
<b>Figure I. 20 :</b> Redresseur double alternance commandé charge RL. ....	15
<b>Figure I. 21:</b> Allures de tension et de courant. ....	16
<b>Figure I. 22 :</b> Redresseur monophasé double alternance semi commandé .....	17
<b>Figure I. 23:</b> Allures de tension et de courant. ....	17
<b>Figure I. 24 :</b> redresseur triphasé simple alternance charge RL.....	18
<b>Figure I. 25:</b> Allures de tension et de courant. ....	19
<b>Figure I. 26 :</b> redresseur triphasé double alternance charge RL.....	19
<b>Figure I. 27</b> .....	20

#### Chapitre II

<b>Figure II. 1 :</b> brochage du TCA785.....	23
<b>Figure II. 2 :</b> Structure interne du TCA785.....	25
<b>Figure II. 3 :</b> les formes d'ondes théoriques fournies par le TCA 785 .....	26
<b>Figure II. 4 :</b> oscillateur de fréquence .....	27
<b>Figure II. 5:</b> Le bronchement du NE555 en astable.....	28
<b>Figure II. 6 :</b> Les deux manières de branchement d'un opto-coupleur .....	29
<b>Figure II. 7:</b> driver IR2112.....	30

## Liste des figures

---

<b>Figure II. 8:</b> Schéma interne du driver IR2112 .....	31
<b>Figure II. 9:</b> Montage de l'alimentation proposée .....	32
<b>Figure II. 10:</b> montage de l'alimentation. ....	33

## Chapitre III

<b>Figure III. 1 :</b> photos du logiciel de simulation proteus.....	35
<b>Figure III. 2 :</b> schéma global avec NE555 et Thyristors.....	38
<b>Figure III. 3 :</b> tensions de synchronisation et la rampe triangulaire .....	39
<b>Figure III. 4 :</b> les signaux d'impulsion et tension de la charge R.....	39
<b>Figure III. 5 :</b> l'allure de la sortie du NE555 et la tension de la charge RL.....	40
<b>Figure III. 6 :</b> circuit avec les drivers et IGBT .....	41
<b>Figure III. 7 :</b> tensions de synchronisation et rampe triangulaire .....	42
<b>Figure III. 8 :</b> les signaux d'impulsion et V charge aux bornes de R .....	42
<b>Figure III. 9:</b> Tension aux bornes de la charge RL.....	43

## Liste Des Tableaux

### Chapitre II

<b>Tableau II. 1 :</b> significatif des différentes pâtes du TCA785 .....	24
<b>Tableau II. 2 :</b> Tableau significatifs des broches de NE555 .....	27
<b>Tableau II. 3 :</b> Tableau significatif du driver .....	31

## Abréviations

---

Uc	Tension de source
A	Anode
C	Cathode
V <sub>AK</sub>	Tension aux bornes de la diode
I <sub>D</sub>	Courant traversant la diode
I <sub>Z</sub>	Courant de diode Zener
Min	Minimale
Max	Maximale
U <sub>ak</sub>	La tension au borne de thyristor
I <sub>G</sub>	Le courant à la gâchette
GTO	Gate Turn-Off Thyristor
NPN	Negative-Positive-Negative
PNP	Positive-Negative-Positive
T	Transistor
MOSFET	Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor
R	Résistance
D	Diode
PD	Pont de diode
C	Condensateur
SCR	Selective Catalytic Reduction
DIP	Dual Inline package
IF	Light- Emetting Diode
Viso	Forward current
CTA	Isolation Surge Voltage
IC	Current Transfer Ratio
PID	Collector current
ICBO	Base Dark Current
	Total Device Power Dissipation

## Abréviations

---

# **Introduction générale**

### **Introduction générale**

L'électronique de puissance est la partie du génie électrique qui traite des modifications de la présentation de l'énergie électrique. Pour cela elle utilise des convertisseurs statiques à semi-conducteurs. Grâce aux progrès sur ses composants et sur leurs mises en œuvre, l'électronique de puissance a pris une importance considérable dans tout le domaine du génie électrique et de l'électricité industrielle.

Les convertisseurs statiques comportent, d'une part un certain nombre de composants semi-conducteurs de puissance, d'autre part les circuits de commande de ces éléments. Le choix de la technologie (transistor, mosfet ou thyristor) ainsi que la réalisation des circuits de commande dépendent d'un certain nombre de paramètres tels que la puissance mise en jeu ou la fréquence d'utilisation.

A l'heure actuelle, il existe différentes techniques de déclenchement des interrupteurs commandés, parmi celles-ci, on utilise, le circuit intégré TCA 785 qui permet une commande à control de phase, c'est-à-dire les impulsions sur les grilles des interrupteurs de puissance sont synchronisées au passage par zéro des tensions de phase.

Notre projet a pour objet l'étude et la conception d'une carte de commande à base de circuits TCA785 pour un redresseur triphasé. Nous l'avons subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre expose des généralités sur les semi-conducteurs et sur les différents convertisseurs AC/DC.

Le deuxième chapitre consiste à la conception des différentes parties du circuit de commande : Déclencheur, isolation galvanique, amplification. Nous avons choisi les différents composants (optocoupleurs, drivers, résistances...etc.) et dimensionné tout le circuit.

Le troisième chapitre est consacré à la simulation par le logiciel Proteus v8 Design Suite qui est constitué de deux sous-logiciels : ISIS pour la conception de schémas offrant une riche librairie de composants et ARES pour générer en réel la carte du circuit imprimé). Des essais ont été effectués et des résultats sont présentés.

Enfin, une conclusion résume l'ensemble du travail réalisé.

# **Chapitre I :Généralités sur les convertisseurs AC/DC**

## Introduction

La mise au point des semi-conducteur (diode, thyristors et transistors) à permis de concevoir et de réaliser des convertisseurs statiques ainsi que leurs circuits de commande.

Dans ce premier chapitre, nous exposons un rappel théorique concernant les convertisseurs alternatif-continu. En premier lieu, une brève description des composants de puissance les plus utilisés dans le redressement. Puis, nous passons a présentées les montages des circuits dédiées aux redressements commandés et leurs performances pour des charges résistive et inductives et leurs protections. Ainsi on va donner quelques définitions des déférents composants de la commande électrique (TCA785, l'optocoupleur.).

## Généralités sur les semi-conducteurs utilisés

### La diode

La diode est un élément redresseur non commandé qui comprend : deux couches de types opposés P et N constituant une jonction. Elle ne laisse passer le courant que dans un sens et uniquement si la tension qui lui est appliquée est positive.[1]

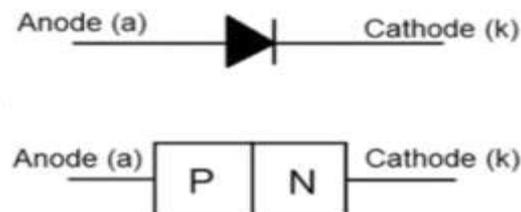


Figure I. 1 : Représentation symbolique d'une diode.

### Principe de fonctionnement

Une diode conduit le courant dans le sens anode (A) - cathode (K)

-sens direct : la diode est parfaitement conductrice, elle présente une faible chute de tension de 0.5 à 1.5v

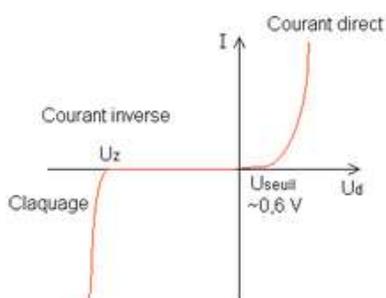
-sens inverse : la diode est parfaitement bloquée, un très faible courant la traverse. [1]

## Caractéristiques statiques d'une diode

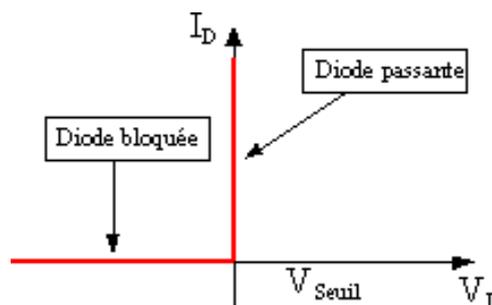
La diode est un dipôle à semi-conducteur (jonction P-N), qui possède deux régimes de fonctionnement : bloqué et passant.

Ces régimes de fonctionnement ne sont pas contrôlables directement, mais dépendent de la tension  $V_{AK}$  aux bornes de la diode et de l'intensité du courant  $I_D$  la traversant.[2]

<b>Diode bloquée</b>	État de la diode quand $V_{AK} < V_{seuil}$ , ce qui empêche le passage du courant dans la diode ; $I_D = 0$ .
<b>Diode passante</b>	État de la diode quand $V_{AK} \geq V_{seuil}$ , ce qui entraîne $I_D \neq 0$ .



**Figure I. 2:** Caractéristique réelle

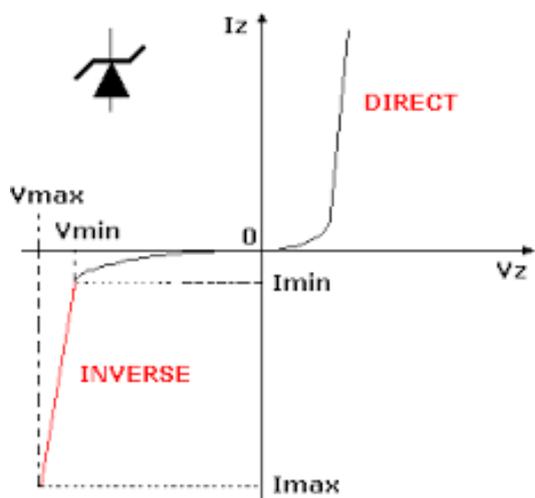


**Figure I. 3:** Caractéristique idéale

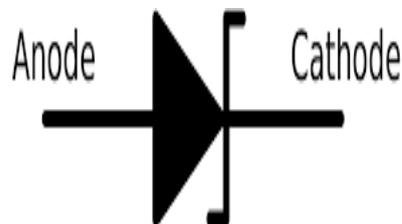
### Diode zener

La diode zener est un dispositif électronique fournissant qui a la propriété de laisser passer le courant à partir d'une certaine tension inverse : cette tension de seuil s'appelle la tension zener. C'est un claquage contrôlé, où le courant se stabilise et ne prend pas des valeurs destructrices, comme pour une diode classique.

La diode Zener est utilisée dans sa "polarisation inverse". À partir de la courbe des caractéristiques, nous pouvons étudier que la diode Zener a une région dans ses caractéristiques de polarisation inverse de presque une tension négative constante quelle que soit la valeur du courant traversant la diode et reste presque constante même avec de grands changements de courant tant que le courant des diodes zener reste entre le courant de claquage  $I_Z$  (min) et le courant nominal maximal  $I_Z$  (max).[3]



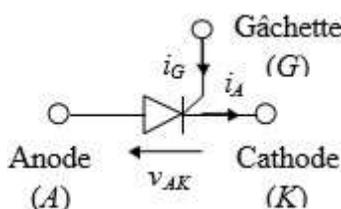
**Figure I. 5 :** caractéristique de la diode zener



**Figure I. 4 :** symbole de la diode zener

### Thyristor

Un thyristor est un interrupteur électronique semi-conducteur constitué de quatre couches, alternativement dopé N et P, trois jonction PN et trois électrodes. Il constitue un interrupteur unidirectionnel à fermeture commandée.[1]



**Figure I. 6 :** Représentation symbolique d'un thyristor.

### Principe de fonctionnement

#### ➤ Pour amorcer un thyristor

Il faut :

- Que la tension  $U_{AK}$  soit positive ;
- Que le courant  $I_G$  soit suffisant et maintenu jusqu'à ce que le courant  $I_{AK}$  est dépassé une valeur  $I_L$  appelée courant d'accrochage.

#### ➤ Pour bloquer un thyristor

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

### Caractéristiques statiques d'un thyristor

Le thyristor possède les caractéristiques principales suivantes :

➤ **À l'état passant :**

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne,
- Un courant maximum permanent admissible (ordre de grandeur, jusqu'à 5 000 A RMS pour les composants les plus puissants).

➤ **À l'état bloqué :**

- Une tension inverse et directe maximale admissible, (pouvant dépasser 5 000 V crête). En général les tensions directes et inverses sont identiques.
- Un temps de recouvrement qui est le temps minimal pendant lequel une tension anode cathode positive ne peut être appliquée au composant sous peine de le voir se réamorcer spontanément.
- Un courant de gâchette permettant l'allumage du composant.[4]

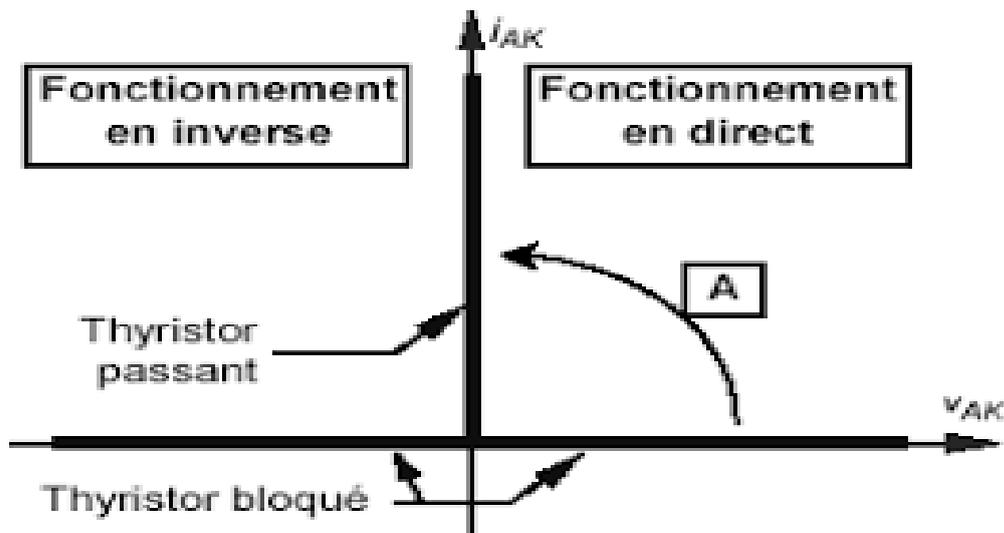


Figure I. 7: caractéristique d'un thyristor

### Thyristor GTO

Le GTO est un thyristor blocable par la gâchette, c'est un interrupteur unidirectionnel.

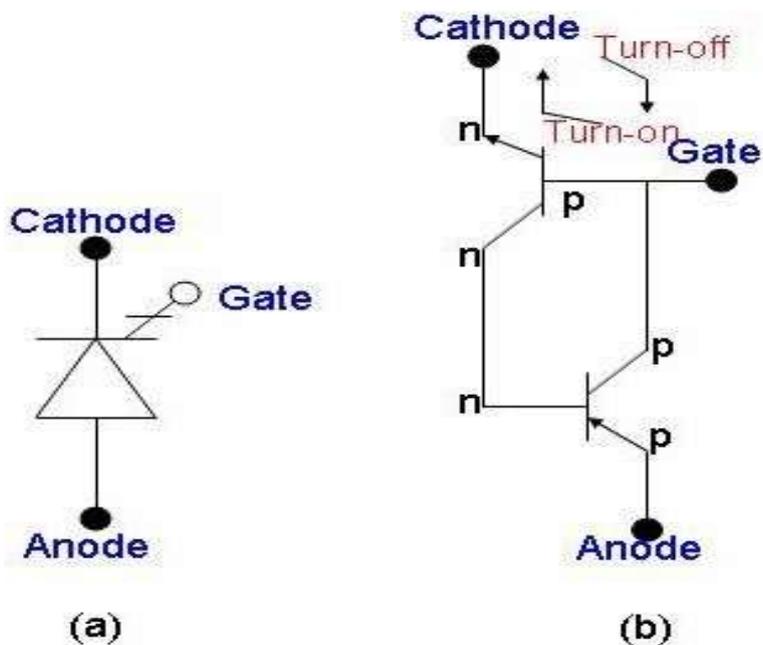


Figure I. 8 : Représentation symbolique d'un thyristor GTO

### Principe de fonctionnement

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

#### ➤ Pour amorcer un GTO :

- Le courant de gâchette doit être positif.

#### ➤ Pour bloquer un GTO :

- On applique une tension négative entre la gâchette et la cathode.[2]

### Caractéristique statique d'un thyristor GTO

Le thyristor GTO possède les caractéristiques principales suivantes :

#### ➤ À l'état passant :

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne,
- Un courant de maintien destiné à réduire la chute de tension directe,
- Un courant maximum permanent admissible,

## Chapitre I : Généralités sur les convertisseurs AC/DC

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

Les GTO peuvent fonctionner à des fréquences de quelques kilohertz.[4]

### Transistor bipolaire

Un transistor bipolaire est un dispositif électronique à base d'un semi-conducteur de la famille des transistors il est constitué de deux jonction PN.

Il existe deux types de transistors : NPN et PNP formés de trois zones reliées à des électrodes nommées : Emetteur, base et collecteur.[5]

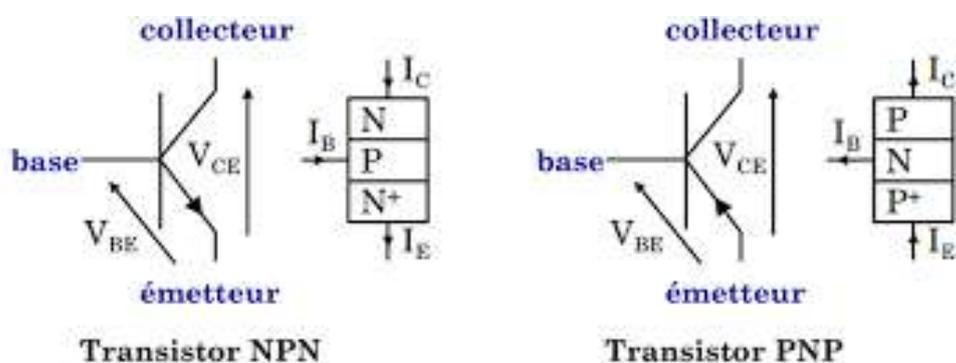


Figure I. 9 : Représentation symbolique d'un transistor bipolaire.

### Principe de fonctionnement

Les transistors de puissance capable de fonctionner sous des tensions industrielles sont du type N-P-N, souvent montés en « Darlington ». Le transistor peut fonctionner en amplificateur. La valeur du courant qui le traverse est alors fonction du courant de commande circulant dans sa base. Mais il peut également fonctionner en tout ou rien comme interrupteur statique : ouvert en l'absence de courant de base, fermé en saturation. C'est ce deuxième mode de fonctionnement qui est utilisé dans les circuits de puissance des variateurs. Les

## Chapitre I : Généralités sur les convertisseurs AC/DC

transistors bipolaires couvrent des tensions jusqu'à 1 200 V et acceptent des courants pouvant atteindre 800 A. Ce composant est aujourd'hui remplacé dans les convertisseurs par l'IGBT.[4]

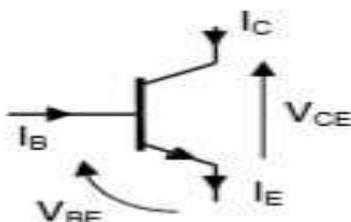


Figure I. 10: Représentation symbolique d'un transistor bipolaire.

### Caractéristiques du transistor bipolaire

Le transistor bipolaire possède les caractéristiques principales suivantes :

➤ **L'état passant :**

- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne,
- Un courant maximum permanent admissible,
- Un gain en courant (pour maintenir le transistor saturé, le courant injecté dans la base doit être supérieur au courant qui circule dans le composant, divisé par le gain),

➤ **L'état bloqué :**

- Une tension directe maximale admissible,

Les transistors de puissance utilisés en variation de vitesse peuvent fonctionner à des fréquences de quelques kilohertz.[4]

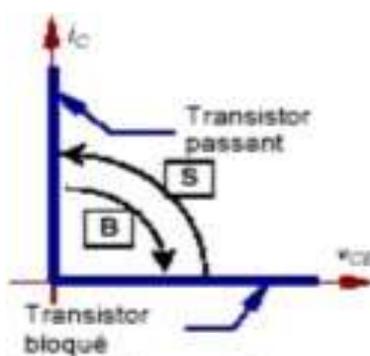


Figure I. 11 : Caractéristique d'un transistor bipolaire.

### Le Transistor MOSFET

Les transistors MOSFET sont idéaux en électronique de puissance pour la commutation rapide et le fonctionnement linéaire alors :

Par Ailleurs elle est constituée d'une résistance variable commandée par une tension, d'où l'absence d'effet redresseur lorsqu'il conduit. Comparé au bipolaire le mosfet présente de nombreux avantages : impédance d'entrée qui autorise une commande sans fournir ni courant, ni puissance ; vitesse de commutation dix fois plus, il fonctionne à 250 kHz sans difficulté. Les équipements sont moins lourds, donc moins encombrants. Au chapitre inconvénient le mosfet présente des tensions de déchet plus fortes et il utilise plus de silicium que le transistor bipolaire.[4]

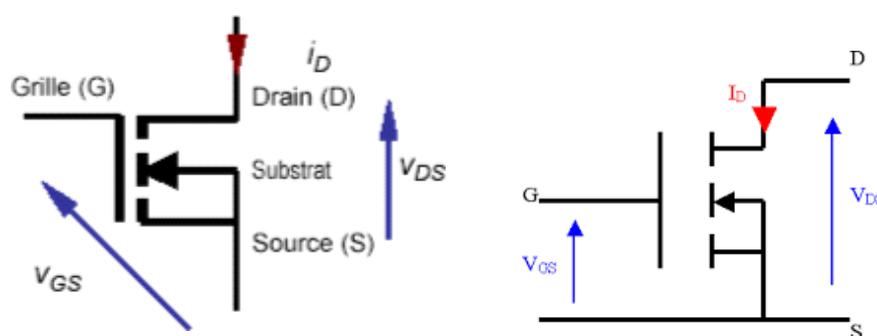


Figure I. 12 : Représentation symbolique d'un transistor MOSFET

### Principe de fonctionnement

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

**Transistor saturé (F) :** une tension  $V_{GS}$  positive rend  $R_{DS}$  très faible et permet au courant  $i_D$  de croître. L'équivalent est un commutateur fermé. [4]

### Caractéristiques du transistor MOSFET

Le transistor MOS possède les caractéristiques principales suivantes :

- Une tension de commande permettant la mise en conduction et le blocage du composant.
- **L'état passant :**
  - Une résistance interne,
  - Un courant maximum permanent admissible ;

➤ À l'état bloqué :

- Une tension directe maximale admissible (pouvant dépasser 1000v).[4]

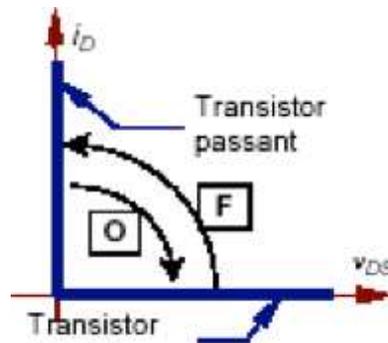


Figure I. 13 : Caractéristique d'un thyristor.

### Transistor IGBT

**Transistor IGBT** : c'est le mariage du bipolaire et du MOS alors :

Le transistor IGBT est un interrupteur électronique unidirectionnel ; il est surtout utilisé en électronique de puissance. Il est constitué d'un transistor bipolaire T2 et d'un transistor à effet de champ (MOSFET) T1. [2]

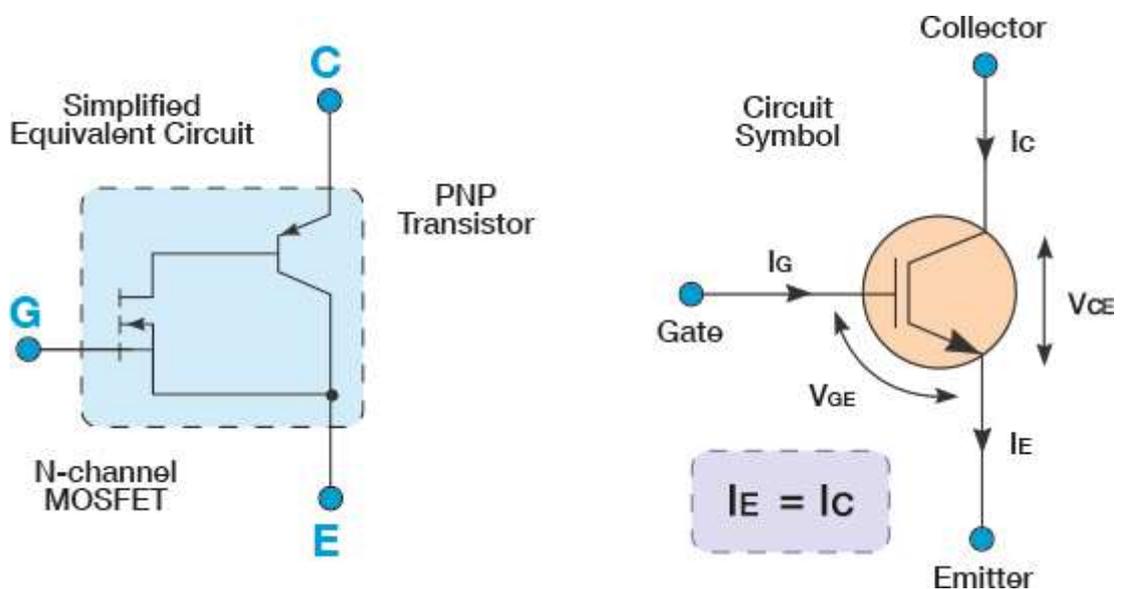


Figure I. 14 : Représentation symbolique d'un transistor IGBT

### Principe de fonctionnement

La mise en conduction du transistor T1 permet au courant de base de T2 de circuler ; le transistor T2 devient alors conducteur. Le blocage de T1 entraîne le blocage de T2, le courant  $I$  s'annule. L'ensemble se comporte comme un interrupteur électronique dont le courant de commande est nul.

Le transistor IGBT est surtout utilisé dans les cas de commandes à moyenne et forte puissance.[2]

### Caractéristiques du transistor IGBT

Le transistor IGBT possède les caractéristiques principales suivantes :

- Une tension de commande permettant la mise en conduction et le blocage du composant ;
- à l'état passant :
- Une chute de tension composée d'une tension de seuil et d'une résistance interne,
  - Un courant maximum permanent admissible.
- à l'état bloqué :
- Une tension directe maximale admissible.

Les transistors IGBT utilisés en variation de vitesse peuvent fonctionner à des fréquences de quelques dizaines de kilohertz.[4]

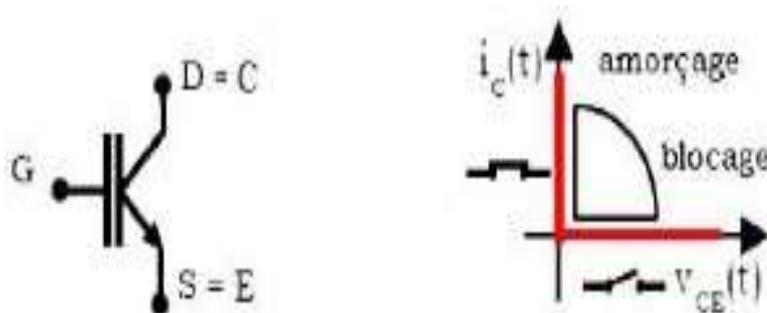


Figure I. 15: Symbole et caractéristique d'un transistor IGBT.

## Les redresseurs

### Les redresseurs monophasés commandés

#### ➤ Redresseur monophasé simple alternance charge R :

Le retard à l'amorçage est imposé par un générateur de commande. Dès que le thyristor est amorcé, il se comporte comme une diode. Notons  $\alpha$  le retard à l'amorçage du thyristor.

Le thyristor est passant à partir de  $\omega t = \alpha$  et jusqu'à ce que le courant qui le traverse s'annule pour  $t=T/2$  (à partir de cet instant, le thyristor est bloqué). Pour que le thyristor ne soit pas bloqué en permanence, il faut donc  $\alpha < \pi$ .

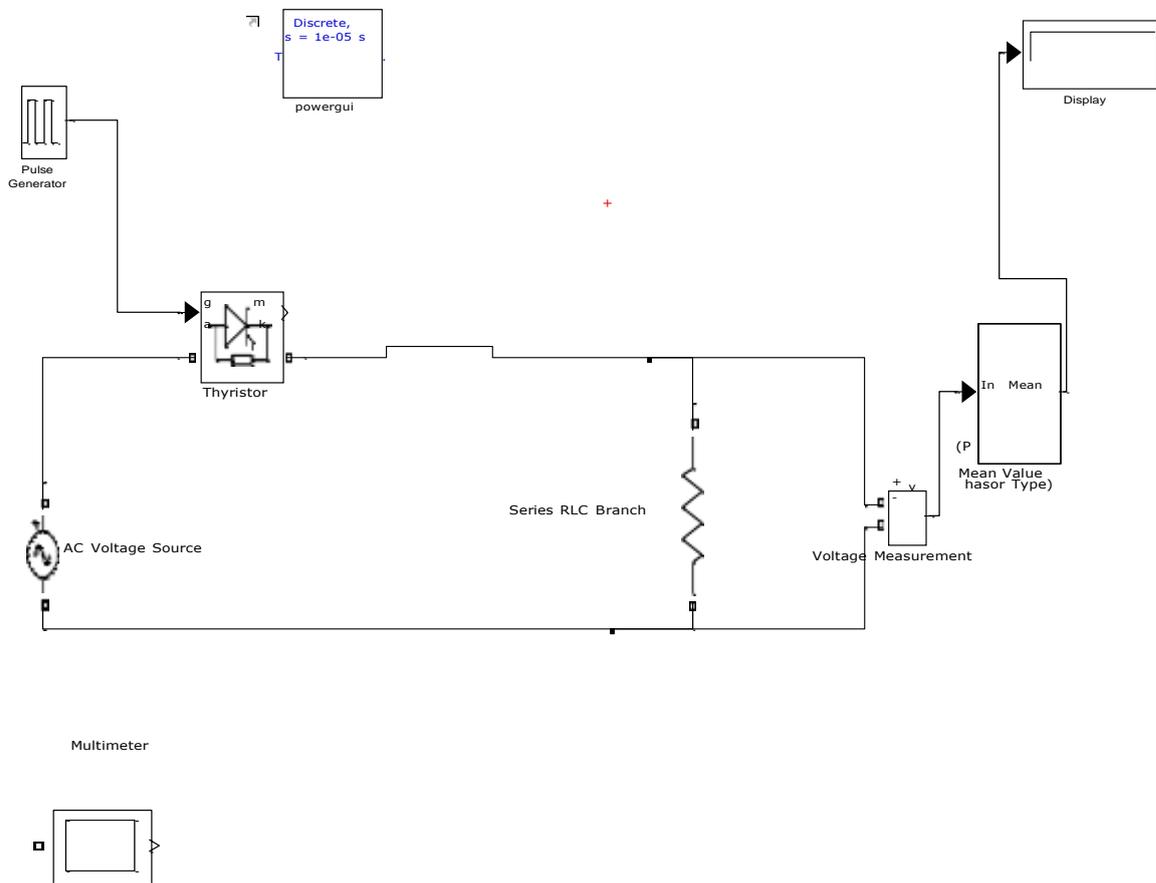
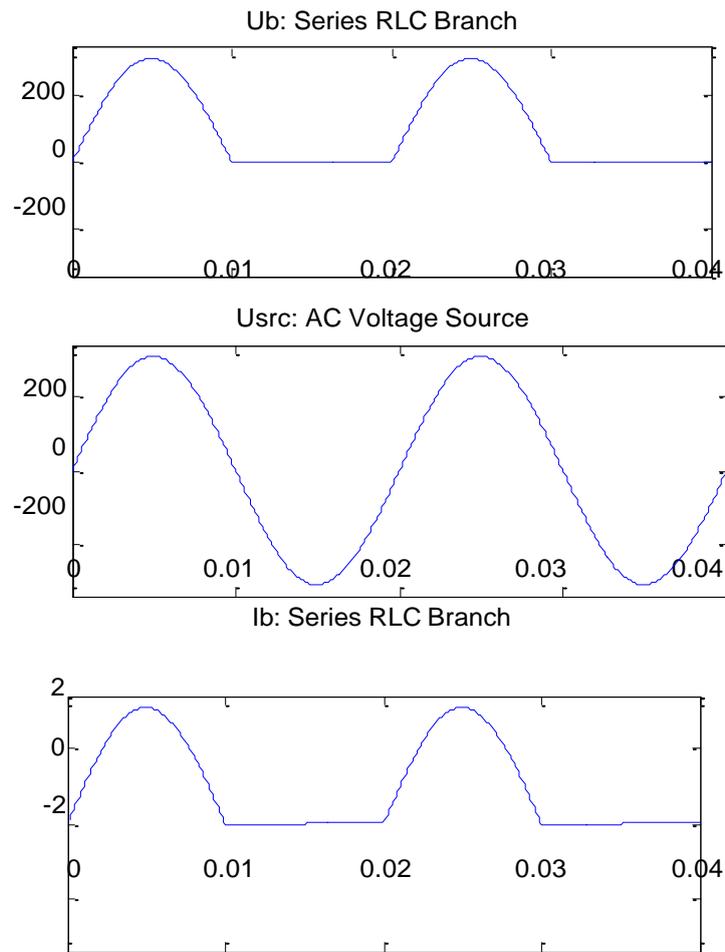


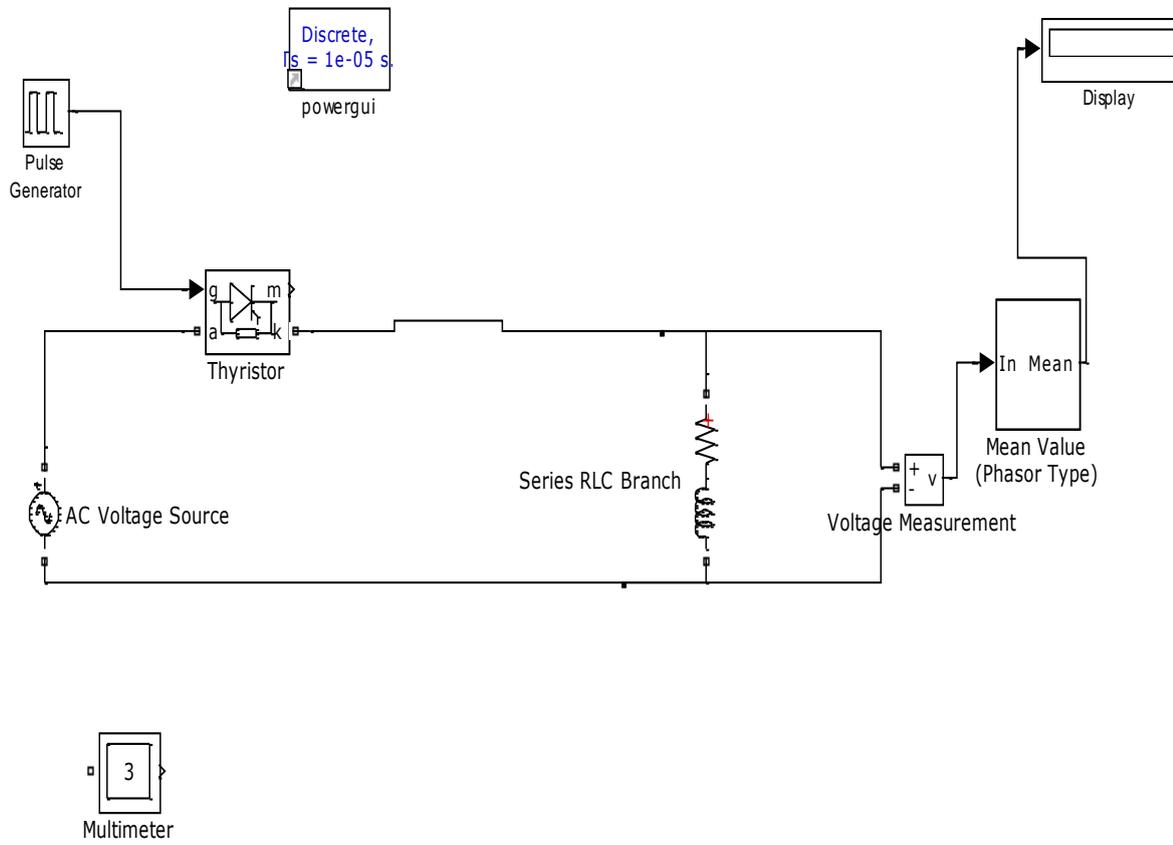
Figure I. 16 : Redresseur simple alternance commandé



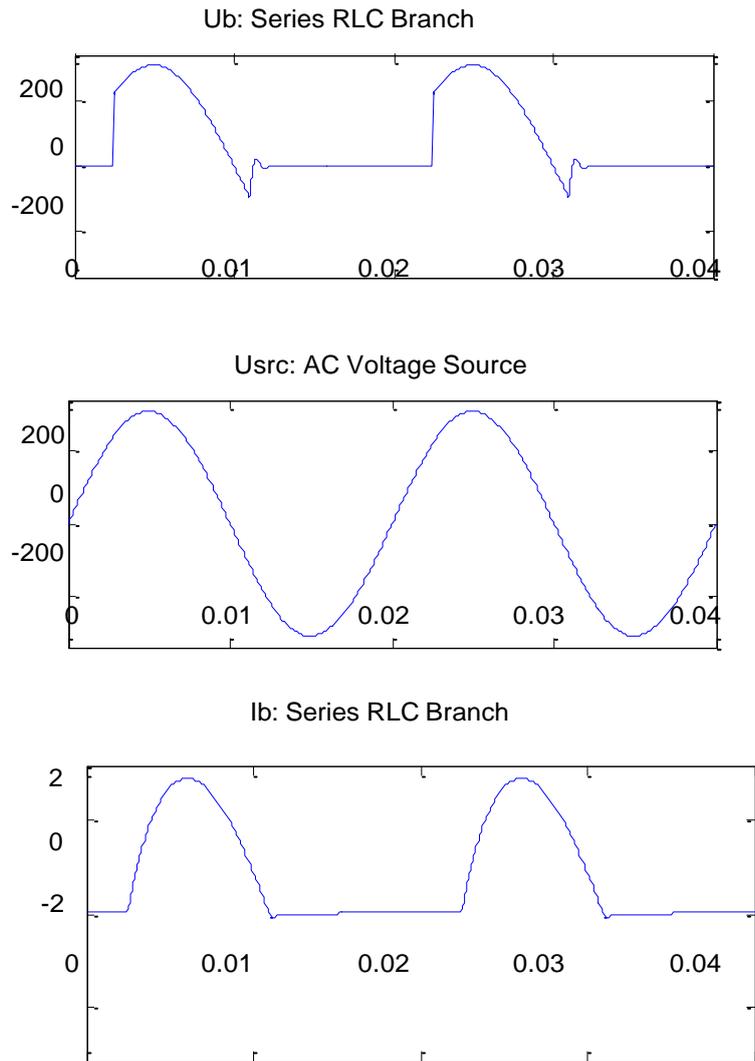
**Figure I. 17 :** Allures de tension et de courant.

### ➤ Redresseur monophasé simple alternance charge RL

Pendant l'alternance positive, on amorce le thyristor en injectant une impulsion sur sa gâchette à  $\omega T = \alpha$ , T1 conduit et l'entrée est repérée à la sortie. Quand la tension d'entrée change de polarité, le thyristor ne se bloque pas directement, l'inductance se décharge à travers celui-ci et le thyristor se bloque dès que le courant d'anode devient inférieur à son courant de maintien.



**Figure I. 18:** Redresseur simple alternance totalement commandé.



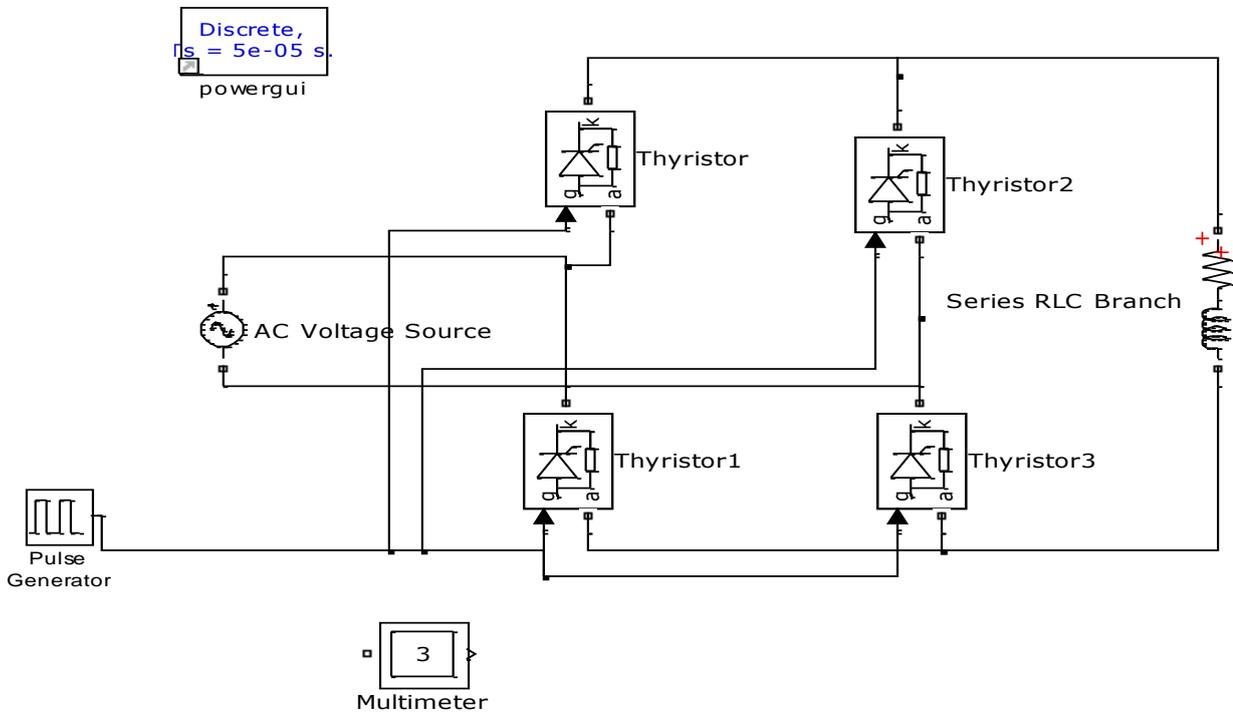
**Figure I. 19:** Allures de tension et de courant.

➤ **Redresseur monophasé double alternance charge RL :**

Dans ce cas, le montage ne comporte que des thyristors. Il n'y a de conduction jusqu'à l'amorçage des thyristors. Pour qu'un courant circule, il faut amorcer les thyristors T1 et T2 simultanément ainsi T3 et T4 dans l'alternance suivante. Pour que l'amorçage soit simultané, un même circuit amorce deux thyristors.

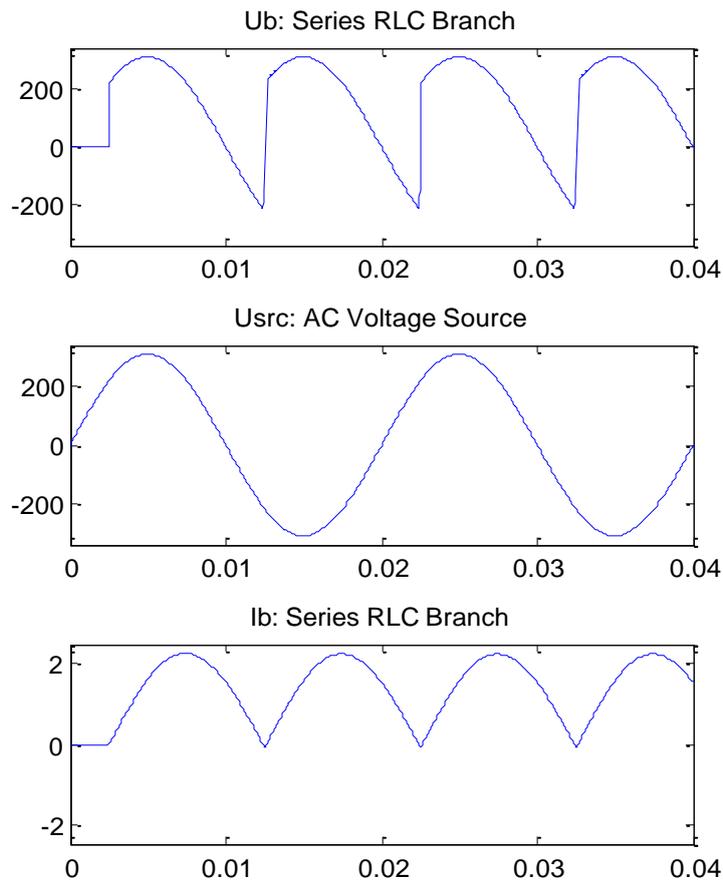
## Chapitre I : Généralités sur les convertisseurs AC/DC

Pendant l'alternance positive, les thyristors T1 et T2 sont amorcés à  $\omega T = \alpha$ , ainsi la charge



**Figure I.20** : Redresseur double alternance commandé charge RL

est connectée à l'entrée, ces derniers continuent à conduire jusqu'à  $\omega T = \pi + \alpha$  et ils se bloquent par l'amorçage des T3 et T4. Le courant de charge est transféré de T1 et T2 vers T3 et T4, d'où la continuité du courant.

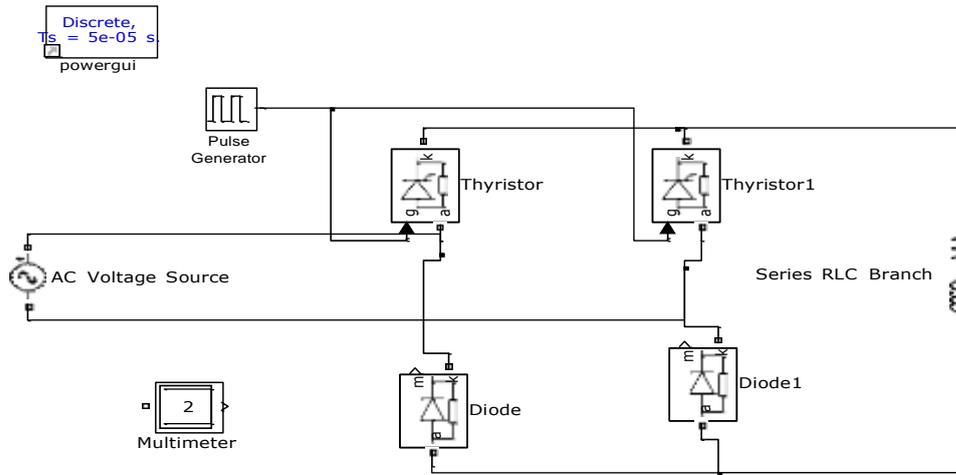


**Figure I. 21:** Allures de tension et de courant.

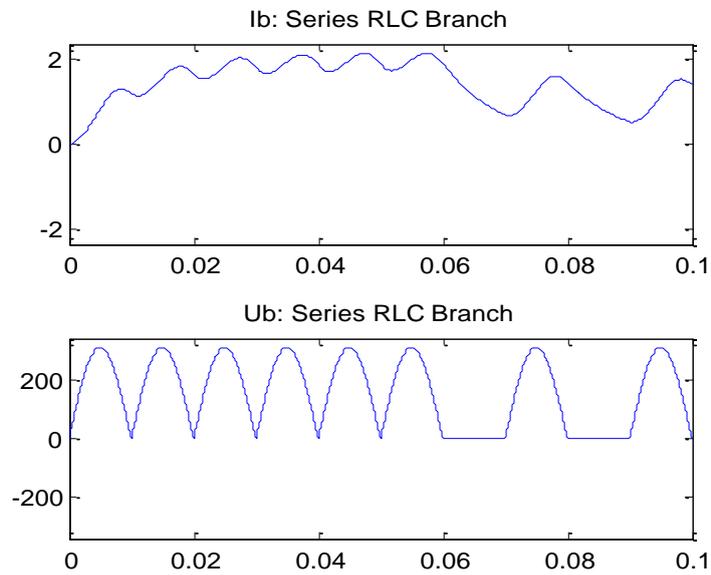
➤ **Redresseur monophasé double alternance semi-commandé :**

Deux thyristors et deux diodes permettent de commander la tension redressée moyenne (le circuit de principe est donné dans la Figure I.19). Le courant d'entrée passe par T1, T2 et D1, D2 assurent le retour du courant.

Les thyristors commutent lorsqu'ils sont amorcés et les diodes commutent aux zéros de la tension d'alimentation. [6]



**Figure I. 22 :** Redresseur monophasé double alternance semi commandé.



**Figure I. 23:** Allures de tension et de courant.

## Les redresseurs triphasés commandés

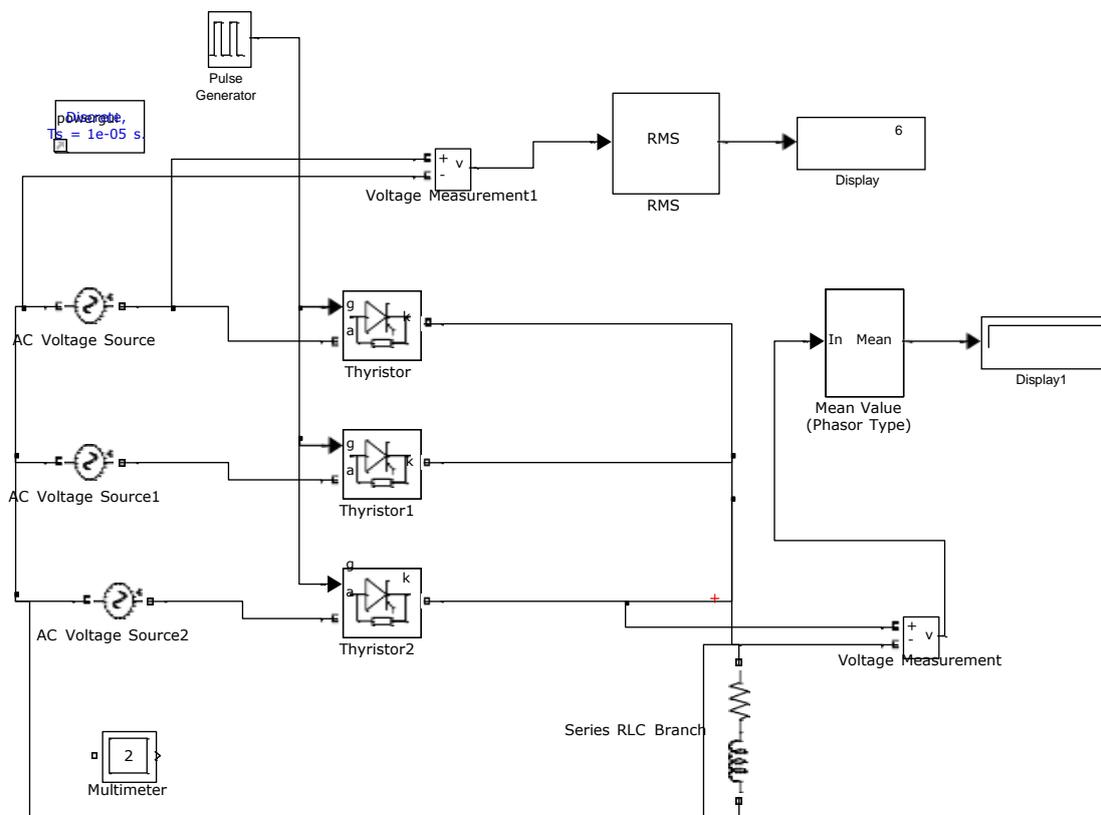
### ➤ Redresseur triphasé simple alternance charge RL :

Les thyristors sont amorcés avec un retard d'angle  $\alpha$ , les impulsions sont donc envoyées sur les gâchettes des thyristors respectivement aux angles suivants [7]

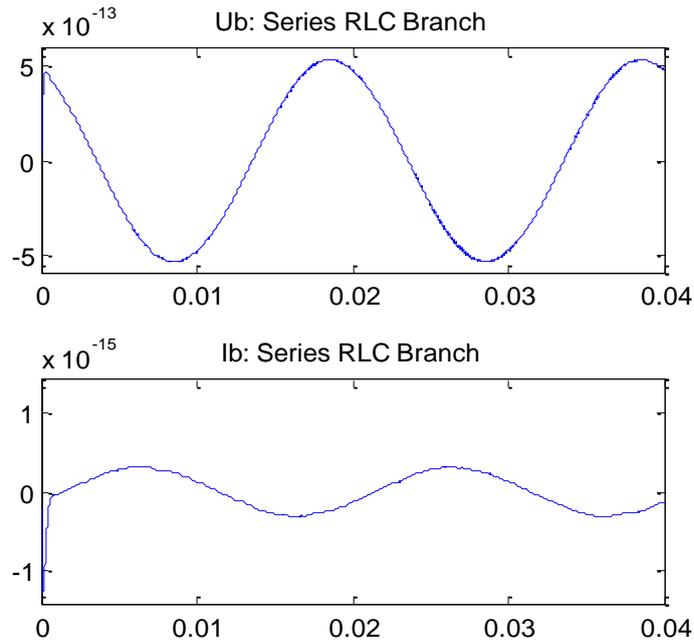
– pour T2 :  $\omega t = (\pi/6 + \alpha) + 2k\pi$

– pour T3 :  $\omega t = (5\pi/6 + \alpha) + 2k\pi$

– pour T4 :  $\omega t = (3\pi/2 + \alpha) + 2k\pi$



**Figure I. 24 :** redresseur triphasé simple alternance charge RL.

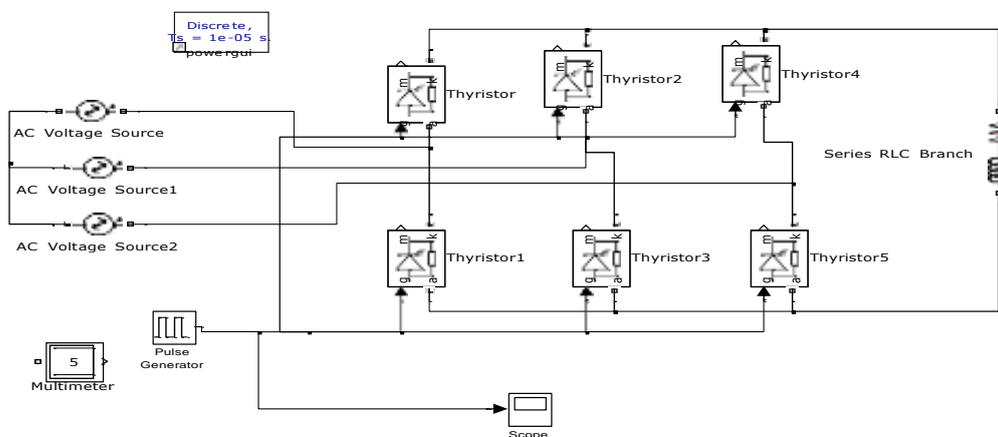


**Figure I. 25:** Allures de tension et de courant.

➤ **Redresseur triphasé double alternance charge RL :**

Le pont PD3 à 6 thyristors est alimenté par une source triphasée sinusoïdale équilibrée. Les thyristors fonctionnent avec un retard à l'amorçage d'angle  $\alpha$ .

Il y a en permanence un et un seul thyristor conducteur parmi T1, T2 et T3 d'une part, et un seul parmi T4, T5 et T6 redresseur triphasé double alternance charge RL [7]



**Figure I. 26 :** redresseur triphasé double alternance charge RL.

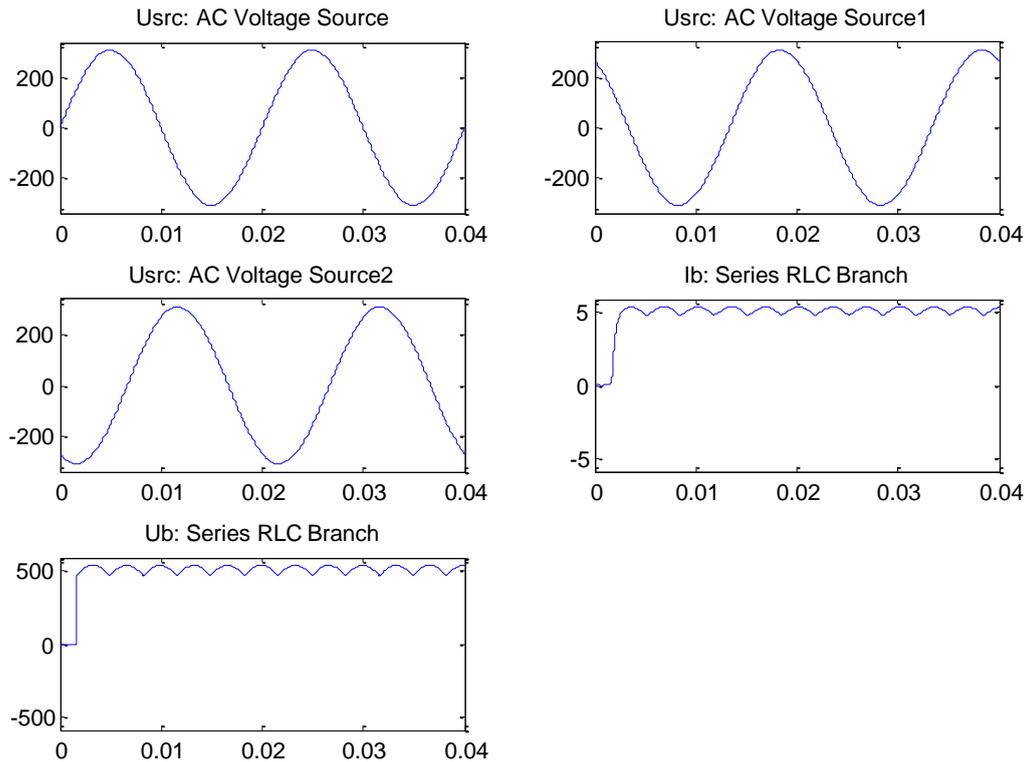


Figure I. 27

### La protection des thyristors

Les thyristors sont des composants d'une grande fiabilité possédant une durée pratiquement illimitée. Cependant, Comme tous les semis conducteurs. Ils sont très sensibles aux surcharges. Il faut donc les protéger efficacement contre les surtensions et les surintensités.[3]

#### Les surtensions

L'apparition s des thyristors aux bornes des surtensions aux bornes des thyristores peut avoir plusieurs origines. On distingue essentiellement :

#### Surtensions dues à la commutation des thyristors :

Les thyristors reprennent leurs caractéristiques de blocage après un temps dit de recouvrement extrêmement court qui correspond à un gradient de courant élevé dans les thyristors. Il en résulte une surtension qui risque d'endommager ces derniers.

## Chapitre I : Généralités sur les convertisseurs AC/DC

---

L'énergie assez faible provoquée par cette surtension est dérivés dans un condensateur en série avec une résistance connectée directement aux bornes du thyristor [8]

On retient les valeurs suivantes :

$$R=33\Omega ; C=0.1\mu F.$$

### **Surtensions dues à la fusion d'un fusible :**

La fusion d'un fusible peut entrainer une surtension aux bornes du thyristor qu'il protège. Cette surtension est telle que. En général elle ne dépasse pas la tension inverse admissible par le thyristor. On ne prévoit pas donc de protection spéciale contre ce phénomène.

### **Les surintensités**

Les surintensités sont principalement dues à différents types de défauts dans le circuit. En raison de surintensité  $i^2R$  La perte de R augmentera et une production de chaleur élevée pouvant dépasser la limite autorisée et brûler le périphérique peut se produire.[9]

Les surintensités dans un bloc redresseur peuvent être classées en deux catégories :

#### **Les surintensités d'origine interne :**

Elle se résume essentiellement en :

- . Un claquage d'un ou plusieurs thyristors.
- . Une perte du pouvoir bloquant d'un thyristor qui peut être provoquée soit par un échauffement anormal soit par une surtension.
- . Un amorçage intempestif qui consiste en un amorçage prématuré d'un thyristor.

#### **Les surintensités externes :**

Elles sont essentiellement provoquées par :

- . Des débits cotés continu dépassant les conditions nominales admises lors de la détermination du redresseur. Ces débits peuvent atteindre le court-circuit dans le cas limite.
- . Le réseau d'alimentation.
- . Les circuits de commande et de régulation.

### Surchauffement

Lors du fonctionnement normal. Les thyristors produisent de la chaleur. Si elle n'est pas abaissée. Cette chaleur peut obliger les thyristors à dépasser leur température de sécurité.

Dans ce cas. La fiabilité. Les performances et la vie même des thyristors sont dangereusement réduites.

L'objectif est donc d'évacuer cette chaleur à l'air ambiant et de maintenir la température de jonction au-dessous de la température maximale spécifiée dans les caractéristiques des thyristors utilisés.[11]

Mesure de protection : SCR peut être protégé contre les surintensités en utilisant Fusibles de limitation de courant CB et à action rapide (FACLF). Les disjoncteurs sont utilisés pour la protection du thyristor contre les surcharges continues ou les surintensités de longue durée, les disjoncteurs ayant une longue durée de déclenchement. Mais les fusibles à action rapide sont utilisés pour protéger le thyristor contre les courants de surtension élevés de très courte durée.[10]

### Conclusion

Ce chapitre a été consacré aux principales généralités sur les semi-conducteurs de puissance. Une classification des principaux convertisseurs de puissance a été donnée. Enfin, des simulations par le logiciel MATLAB ont été illustrées qui représente les montages dédiés aux convertisseurs alternatif-continu les plus utilisés en ' électronique de puissance.

Dans le deuxième chapitre, on va détailler le circuit de commande, présenter des aspects matériels de notre projet, des différents circuits utilisés et les fonctions respectives qu'ils doivent remplir afin de satisfaire le cahier des charges.

# **Chapitre II : Conception du circuit de commande**

### Introduction

La difficulté dans la commande du redresseur triphasé est d'éviter la conduction simultanée de deux thyristors d'un même bras ce qui provoquerait un court-circuit. Il est nécessaire d'appliquer des impulsions sur les gâchettes synchronisées aux passages par zéro des tensions alternatives alimentant le redresseur.

Dans ce chapitre, on va procéder à l'étude théorique en vue de la réalisation étape par étape du circuit de commande du convertisseur statique.

### Circuit de commande

Le circuit de commande est constitué de trois étages identiques contenant chacun un TCA785 et générant chacun deux trains d'impulsions déphasés de  $180^\circ$ .

Chaque étage du circuit est synchronisé sur une phase d'alimentation de redresseur. On obtient ainsi six trains d'impulsion qui convenablement combinés sont déphasés de  $60^\circ$  les uns par rapport aux autres.

### Description du circuit de commande

Le circuit de commande est constitué de différentes parties : des circuits intégrés TCA785. Un oscillateur de fréquence à base du circuit intègre NE555. des circuits d'amplification et d'isolation galvanique et d'autres composants électroniques.

### Le TCA785

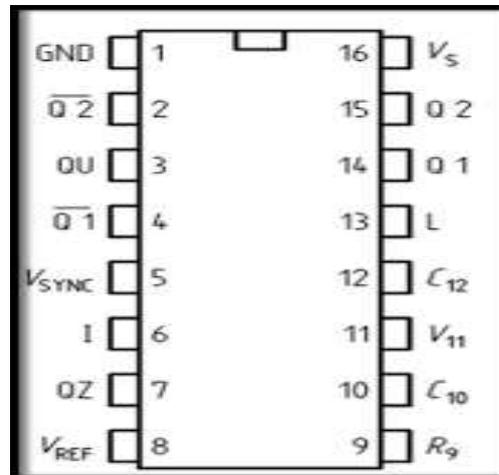
#### Description

Le TCA785 est un circuit d'amorçage spécialisé, a pour but d'appliquer sur la gâchette du thyristor une tension positive ; en redressement commandé cette tension devra être synchronisée pour que l'amorçage s'effectue à des instants précis, sous forme d'impulsion.  
[12]

Les impulsions du trigger peuvent couvrir une plage allant de  $0^\circ$  à  $180^\circ$ . Les principales applications comprennent les circuits convertisseurs, le gradateur monophasé et les ponts

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

triphases commandés. Ce circuit intégré vient remplacer les circuits prédécesseurs, tels que le TCA780 et le TCA 780D.



**Figure II. 1** : brochage du TCA785

Broche	Symbole	Fonction
1	0s	Masse
2	$\overline{Q}2$	Sortie 2 inversée
3	QU	Sortie U
4	$\overline{Q}1$	Sortie 1 inversée
5	Vsync	Tension de synchronisation
6	I	Inhibition
7	QZ	Sortie Z
8	Vref	Tension stabilisée
9	R9	Résistance de rampe
10	C10	Capacité de rampe
11	V11	Tension de contrôle

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

12	C12	Extension d'impulsion
13	L	Impulsion longue
14	Q1	Sortie 1
15	Q2	Sortie 2
16	Vs	Tension d'alimentation

**Tableau II. 1:** significatif des différentes pâtes du TCA785

### Principe de fonctionnement

On examine la structure interne du TCA785 Figure (II.2) nous aurons le fonctionnement suivant :

La synchronisation est obtenue à partir du réseau d'alimentation de la borne 5, un détecteur de zéro(D), évalue le passage par zéro de la tension et le transféré vers le synchro registre, ce dernier contrôle le générateur de rampe (C10) par l'intermédiaire du comparateur (F) et le transistor de décharge (H), la capacité C10 qui se charge par un courant constant (déterminé par R9).

L'équation de rampe de la tension  $U_{10}(t)$  pour  $t \in [0, T/2]$  s'écrit :

$$U_{10}(t) = \frac{I t}{C_{10}} \quad (C_{10} = 47 \text{ nF})$$

Les signaux des bornes 10 et 11 sont appliqués à l'entrée du comparateur (E), celui-ci change d'état, et le circuit logique (B) délivre les signaux de sortie V14 et V15.

Donc il se produit une impulsion :

-sur la borne 15, si  $V(t)$  est positive.

-sur la borne 14, si  $V(t)$  est négative.

Les durées des signaux de sortie disponible dépendent de l'état des entrées 12 et 13 on distingue trois cas :

#### ➤ Premier cas :

Les bornes 12 et 13 mises à  $V_{cc}$ , les sorties 14 et 15 génèrent un signal d'une durée d'environ  $30 \mu\text{s}$ .

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

### ➤ Deuxième cas :

La borne 13 mise à Vcc et la borne 12a la masse par un condensateur C12, les impulsions obtenues aux sorties 14 et 15 sont de durée  $\Delta t = k \cdot C12$  (représenté notre cas d'étude). avec  $k = 430.1000S/F$ .

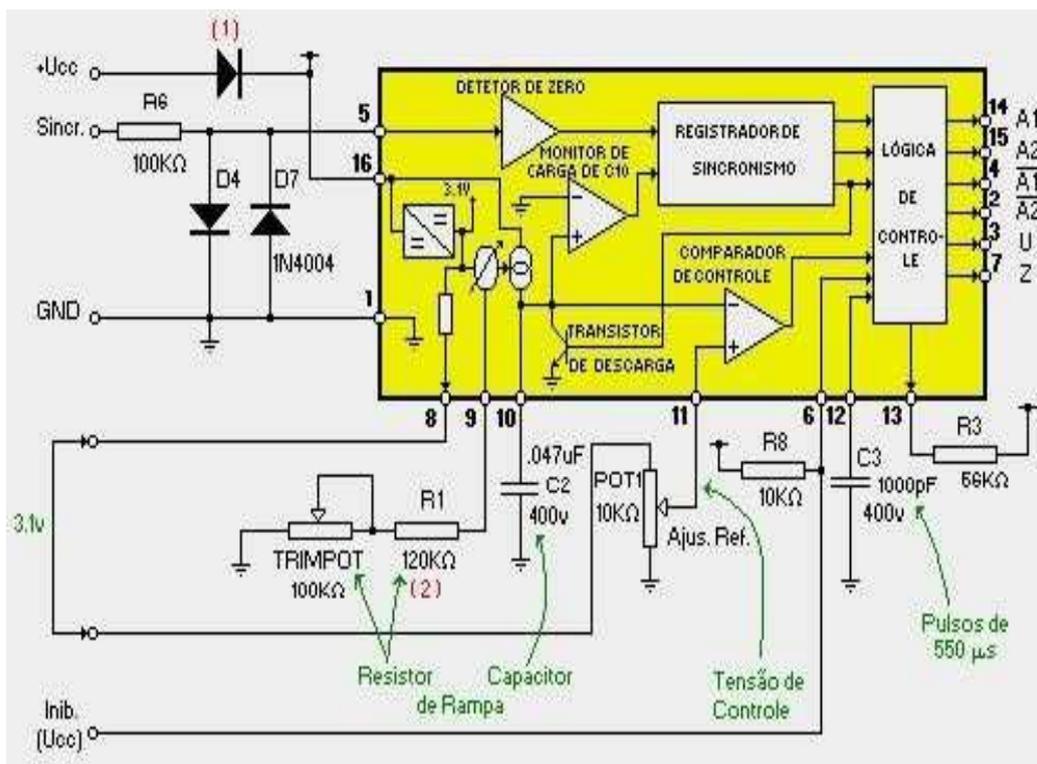
### Troisième cas :

La borne 13 est connectée à la masse, les créneaux de sortie ne s'achèvent que lors du passage à zéros suivant de V5

Les sorties  $\overline{Q1}$  et  $\overline{Q2}$  sont les signaux inverses de Q1 et Q2, décalés de  $\alpha + 180^\circ$  qui peuvent être utilisés pour la commande des circuits logique externes sont disponibles aux broches 3 et 4.

Un signal qui correspond à NON OU (NOR) de Q1 et Q2 est obtenu à partir de la sortie Qz (broche 7).

La borne 13 peut être utilisée pour prolonger les sorties  $\overline{Q1}$  et  $\overline{Q2}$  [12]



**Figure II. 2 : Structure interne du TCA785**

La figure (II.3) montre les formes d'ondes théorique des tensions fournies par le circuit intégrer TCA 785

### Le chronogramme

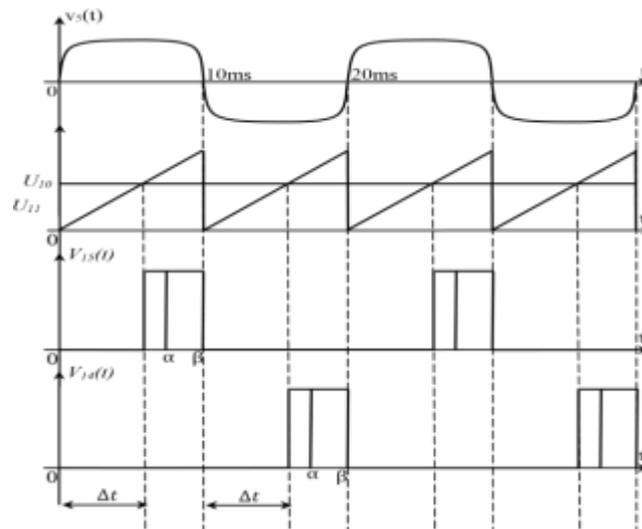


Fig N°3.5 : Allure des tensions aux bornes de TCA 785.

**Figure II. 3 :** les formes d'ondes théoriques fournies par le TCA 785

### Oscillateur de fréquence

Pour assurer l'amorçage certain des thyristors, on doit avoir un train d'impulsions sur les gâchettes de ces derniers. On utilise le NE555 à fréquence d'horloge élevée monté en astable.

#### Circuit intégré NE555

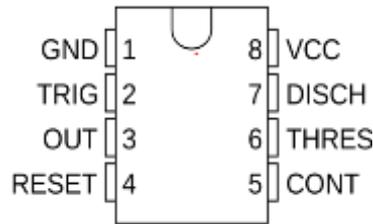
C'est un circuit présent en boîtier DIL à 8 broches, il possède une grande stabilité permettant d'obtenir des impulsions de durée précise ou on peut obtenir des signaux rectangulaires. Ce composant est toujours utilisé de nos jours en raison de sa facilité d'utilisation, son coût et sa stabilité.[12]

#### Bouclage

Le tableau T.II.2 présente les broches présentes sur la version simple dans un boîtier DIP ('Dual Inline Package' boîtier de circuit intégré). Les autres boîtiers utilisent les mêmes noms de broches.[13]

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

---



**Figure II. 4 :** oscillateur de fréquence.

**	Nom	Description
1	GND	Masse.
2	TRIG	Gâchette, amorce la temporisation - Détecte lorsque la tension est inférieure à 1/3 de VCC.
3	OUT	Signal de sortie.
4	RESET	Remise à zéro, interruption de la temporisation (Délai avant l'exécution).
5	CONT	Accès à la référence interne (2/3 de VCC).
6	THRES	Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse 2/3 de VCC.
7	DISCH	Borne servant à décharger le condensateur de temporisation.
8	VCC	Tension d'alimentation, généralement entre 5 et 15V.

**Tableau II. 2 :** Tableau significatifs des broches de NE555

Le schéma de la figure (II.5) nous montre le circuit de branchement du NE555 pour des impulsions capables d'amorcer les thyristors, son fonctionnement est le suivant :

On peut constater un train d'impulsion dont la fréquence est déterminée par : Deux résistances et un condensateur permettent de modifier la fréquence d'oscillations ainsi que le rapport cyclique.

Dans le premier temps le condensateur C est chargé. Quand on applique un signal sur la broche 2 .C commence à se charger à travers la résistance Ra et Rb pendant un laps de temps t1durant lequel la sortie est en état haut et ce jusqu'à ce que la tension aux bornes C atteigne les 2/3de la tension d'alimentation.

Par ailleurs, à partir de l'état antérieur C commence à se décharger via Rb durant un laps de temps t2, jusqu'à ce que la tension C atteigne 1/3de la tension d'alimentation.

Durant cet intervalle, la sortie sera en état bas. C'est Alor le cycle recommence.[8]

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

Alors on a :

Un temps de charge :  $t_1 = 0.693 \cdot (R_a + R_b) \dots \dots \dots$  [II.1]

Un temps de décharge :  $t_2 = 0.693 \cdot R_b \cdot C \dots \dots \dots$  [II.2]

La période totale du cycle :  $T = t_1 + t_2 = 0.693(R_a + R_b) \cdot C \dots \dots \dots$  [II.3]

La fréquence d'oscillation est l'inverse de la période :  $f = 1/T = \frac{1.44}{R_a + R_b} \cdot C \dots \dots \dots$  [II.4]

Le rapport cyclique :  $\alpha = \frac{R_a + R_b}{R_a + 2R_b} \dots \dots \dots$  [II.5]

On en déduit que si  $R_a < R_b$  on a :  $\alpha = 0.5$  et  $f = \frac{1.44}{(2R_b \cdot C)}$  [II.6]

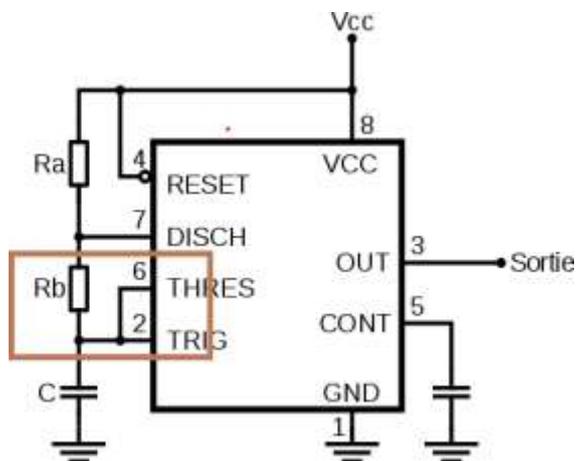
On peut alors régler la fréquence en agissant sur  $R_b$  sans modifier le rapport cyclique.

Pour une fréquence de 25KHz on a :

$R_a = 330\Omega$

$R_b = 4,7k\Omega$

$C = 0.01\mu F$



**Figure II. 5:** Le branchement du NE555 en astable.

### L'isolation galvanique

C'est l'interface électronique qui offre une protection du circuit de commande (composants à très basse tension) par rapport aux forts courants du circuit de puissance. Cette isolation peut être réalisée avec des transformateurs d'impulsion (isolation inductive) ou par

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

des optocoupleurs (isolation optoélectrique). Notre choix s'est porté sur l'optocoupleur NPN qui offre une bonne isolation de 1500V.

### L'opto-coupleur

L'opto-coupleur est un composant ou un ensemble de composants qui permet le transfert d'informations entre deux parties électroniques isolées l'une de l'autre d'un point de vue électrique. La première partie est un émetteur, et la seconde partie est un récepteur. Il est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode. Il assure une liaison entre la LED et le phototransistor tout en assurant une isolation électrique entre les deux. [19].

La figure II.7 montre les deux branchements et l'état de la sortie de l'optocoupleur.

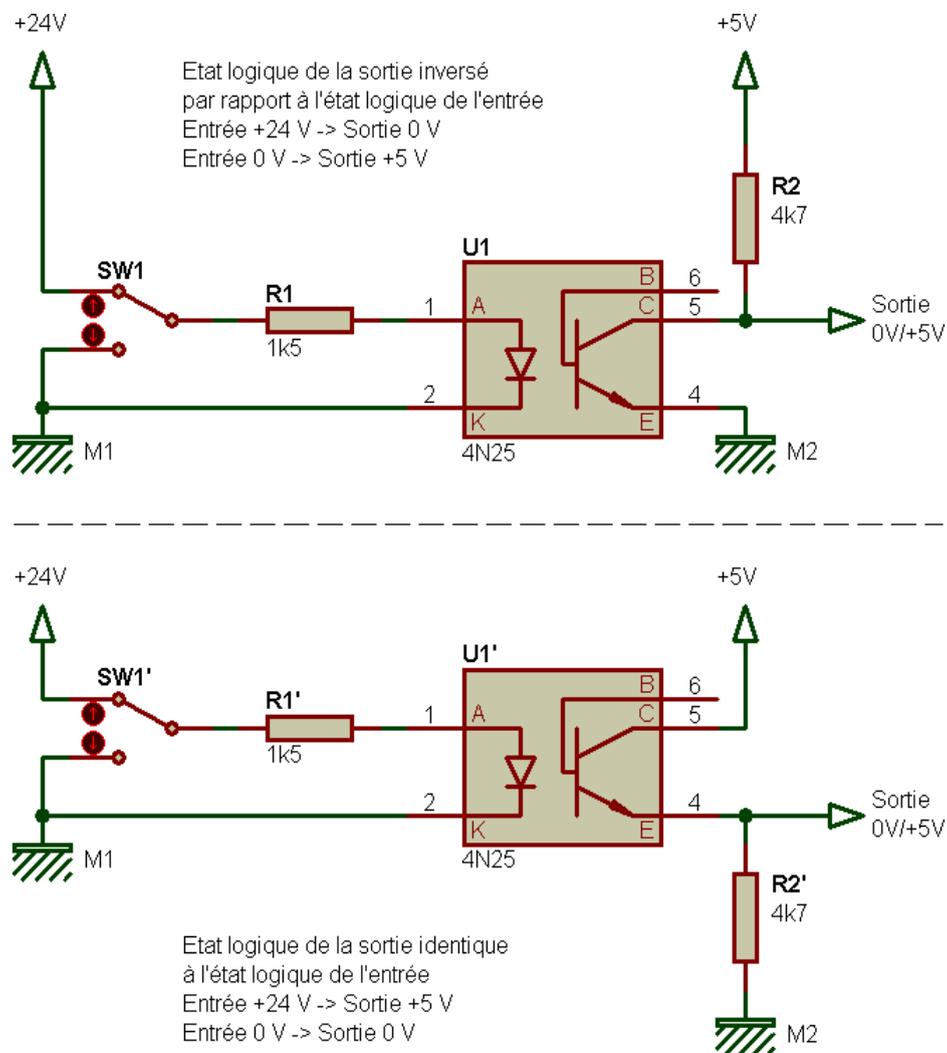
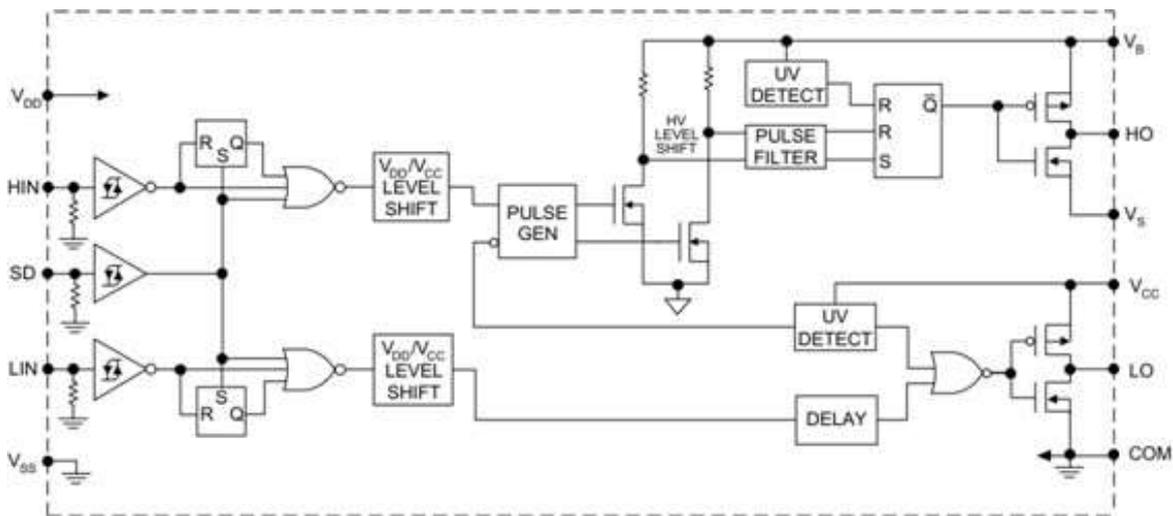


Figure II. 6 : Les deux manières de branchement d'un opto-coupleur





**Figure II. 8:** Schéma interne du driver IR2112

Symbol	Description
VDD	Logic supply
HIN	Logic input for high side gate driver output (HO), in phase
SD	Logic input for shutdown
LIN	Logic input for low side gate driver output (LO), in phase
VSS	Logic ground
VB	High side floating supply
HO	High side gate drive output
VS	High side floating supply return
VCC	Low side supply
LO	Low side gate drive output
COM	Low side return

**Tableau II. 3 :** Tableau significatif du driver

### Alimentation stabilisée

Une alimentation stabilisée est un générateur dont une des gradateurs de sortie. La tension ou le courant. Peut être stabilisée à une ou à plusieurs valeurs fixes. Dans une alimentation régulée en tension. La tension de sortie  $V$  sortie est maintenue constante et indépendante dans les limites données de la tension d'entrée  $V$  entrée du courant de charge et de la température. Ainsi à partir d'une tension redressée filtrée variant autour d'une valeur moyenne. Un régulateur de tension doit fournir une tension continue constante avec une très faible

## Chapitre II : Conception du circuit de commande

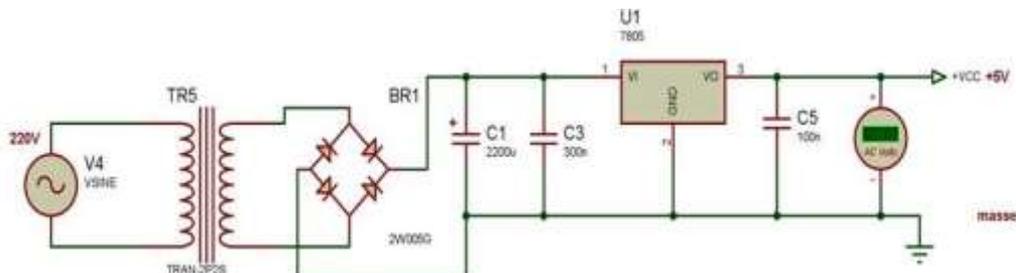
ondulation résiduelle. Tout en fournissant un courant variable selon une certaine gamme le régulateur de tension permet donc :

- D'obtenir une tension de sortie continue constante pour une charge variable.
- De réduire le plus possible la tension d'ondulation résiduelle encore présente après le filtrage.
- D'éliminer les effets des variations de la tension d'entrée (tension du réseau d'alimentation).[18]

Le transformateur fourni une tension de 5v qui est redressée par le pont a diodes et filtré par le condensateur C1. Ensuite cette tension est régulée par un régulateur de tension intégré est un composant à semi-conducteur dont le rôle consiste à stabiliser une tension qui présente une ondulation et à rendre quasi continue sa valeur, ou on a utilisé un régulateur de tension de sortie positive (7805) pour avoir +5v.

L'alimentation de la carte de commande sera ainsi prise sur la sortie +5 V.

Des condensateurs de filtrage seront ajoutés en entrer et en sortie de régulateur pour éliminer les bruits et les parasites.



**Figure II. 9:** Montage de l'alimentation proposée

Et en plus une alimentation de 15V qui est présenté dans la figure II.11, pour alimenter le driver et l'opto-coupleur.

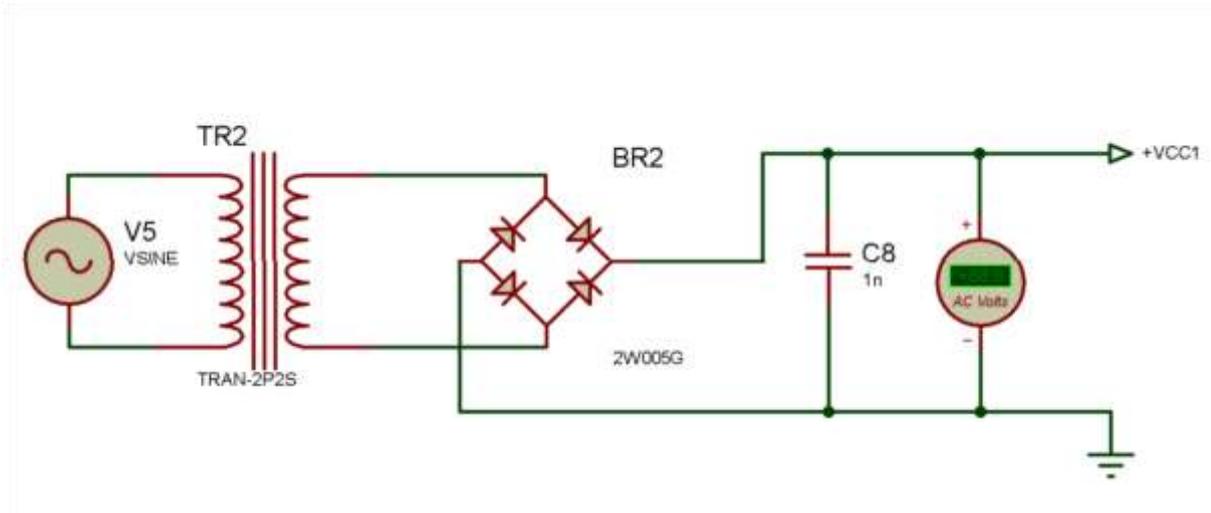


Figure II. 10: montage de l'alimentation.

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents composants principaux du circuit de commande.

A partir de circuit intègre TCA785 on a réalisé un circuit de commande qui nous délivre les signaux de commande désirés pour assurer un amorçage certain des thyristors.

Le prochain chapitre est consacré à la simulation sur logiciel Proteus de la carte de commande des montages redresseurs retenus.

# **Chapitre III :Simulation du projet par proteus**

### Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter le circuit de puissance et les schémas conçus du circuit de commande ainsi que son dimensionnement (choix des composants).

Nous présenterons aussi le logiciel PROTEUS qui a été utilisé dans l'édition du schéma électrique complet et qui permet la simulation du projet.

### Circuit de puissance

L'électronique de puissance utilise des semi-conducteurs fonctionnant en interrupteur, formé par un seul ou un groupement de plusieurs thyristors ou Mosfet et IGBT, permettant de réaliser des convertisseurs statiques commandés.

#### Fonctionnement à base d'un thyristor

##### a) Marche en redresseur

Pour qu'une paire de thyristors soit en conduction. Il faut que l'un soit toujours relié à la tension la plus positive et l'autre à la tension la plus négative à conduction qu'ils aient reçu à leurs gâchettes des impulsions d'amorçages.

Le retard à l'allumage est mesuré à partir de l'instant de la commutation naturelle et la combinaison qui détermine la paire de thyristors en conduction change tous les  $60^\circ$ .

Pour déterminer la première combinaison d'allumage. On se sert du passage par zéro positif de la tension simple  $V(t)$  du réseau d'alimentation. Ainsi pour le fonctionnement en redresseur. Deux séquences sont donc possibles :

Séquence 1 :  $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$

Séquence 2 : l'élaboration du retard équivalent à générer un retard égal à «  $\alpha - 60^\circ$  » à partir de la même origine que pour la séquence 1.

##### b) Marche en onduleur

Pour des angles de retard à l'amorçage supérieur à  $90^\circ$  la tension redressée moyenne s'inverse. Le courant  $i_d$  ne pouvant sortir que par le point de jonction des cathodes garde forcément le même sens et la puissance fournie au côté continu devient négative.

Du côté continu il n'y a donc plus un récepteur mais un générateur et l'énergie circule vers le côté alternatif.

## Chapitre III : Simulation du projet par proteus

---

Cependant il faut prendre la précaution de limité l'angle de retard à l'amorçage lors du fonctionnement en onduleur. Pour les grands angles de retard à l'amorçage. La tension aux bornes des thyristors n'est négative que pendant une courte durée correspondant à un angle  $\rho$  appelé : angle d'extinction.

Le temps  $t_\rho$  correspondant à cet angle doit être supérieur au temps de désamorçage du thyristor. En général on limite l'angle de retard du fonctionnement en onduleur à une valeur typique  $\alpha=150^\circ$ .

### Présentation du logiciel Proteus Design Suite

Proteus Design suite est un logiciel développé par Labcenter Electronics, regroupant des modules : ISIS, ARES, PROSPICE et VSM destinés à l'électronique. Grace à ce logiciel, nous pouvons réaliser des schémas structurels et les simuler, c'est la COA (Conception Assisté par Ordinateur). Ce logiciel est bien connu et utilisé dans de nombreuses entreprises et organismes de formation.[21]



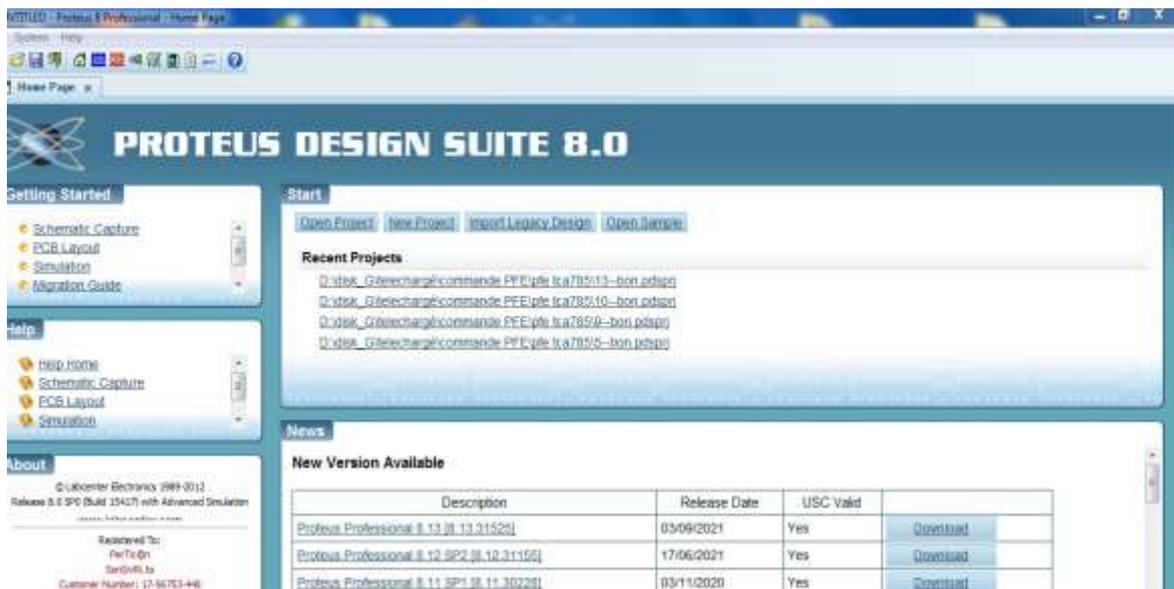
**Figure III. 1 :** photos du logiciel de simulation proteus

#### Sous-logiciel ISIS

ISIS (intelligent schematic input system) est principalement conçue pour édite des schémas électriques avec une riche librairie de composants électroniques. Il permet bien sûr de simuler les schémas réalisés et corriger les erreurs et visualiser les signaux de résultats. Grace à lui, nous pouvons également contrôler la majorité de l'aspect graphique du circuit. [21]

### Sous-logiciel ARES

ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé avec ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. [21]



### Mise à jour des bibliothèques locales

Avant de commencer à travailler sur un projet il est nécessaire et même obligatoire d'effectuer une mise à jour des bibliothèques. Ceci est important car lorsqu'on crée un composant et que l'on veut le sauvegarder il faut qu'on soit sur la dernière version des bibliothèques. Sinon on peut se retrouver face à un conflit.

### Création d'un nouveau projet

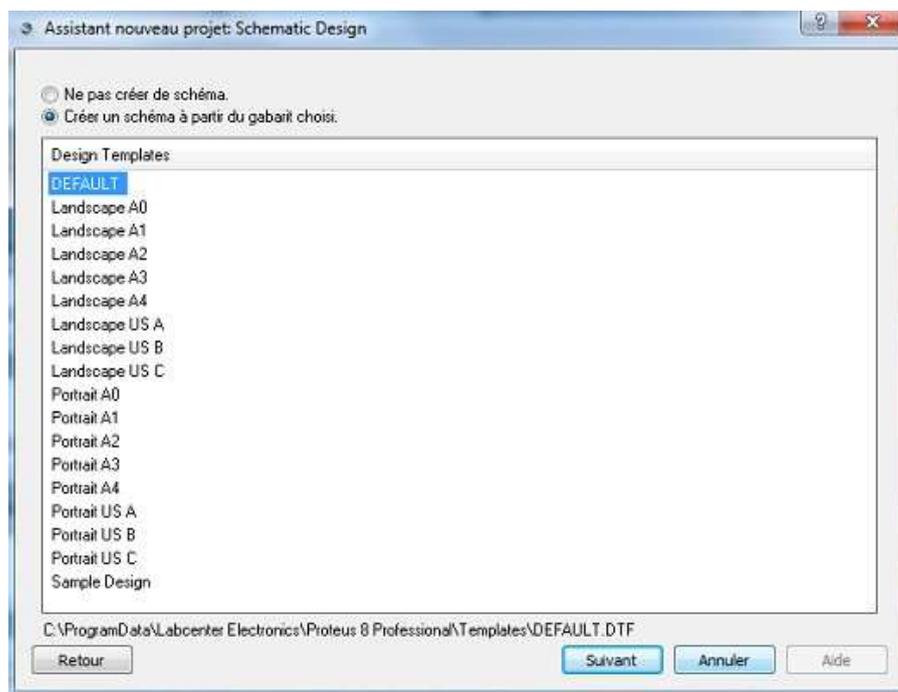
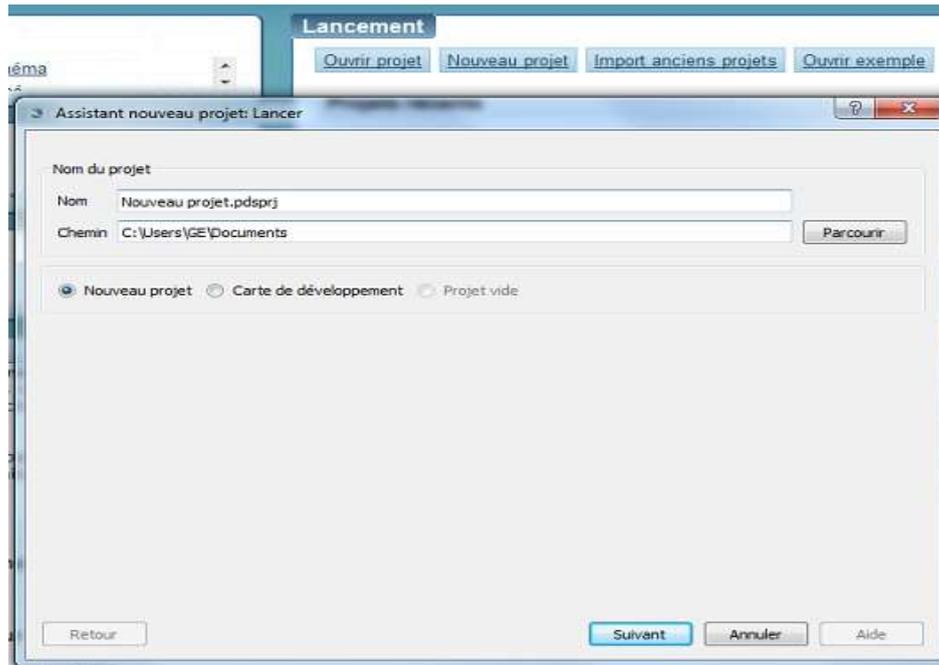
-Lancer Proteus.

-Dans la partie lancement, cliquer sur l'onglet "nouveau projet"

Choisissez votre nom de projet, le chemin et cochez "Nouveau projet" puis cliquez sur l'onglet "Suivant".

## Chapitre III : Simulation du projet par proteus

- Dans la figure qui suit, cochez "Créer un schéma à partir du gabarit choisi".
- Dans la partie "Design Template", vous pouvez choisir entre :
  - Default : Page vierge sans gabarit
  - landscape : Page en mode paysage avec gabarit
  - Portrait : page en mode portrait avec gabarit
- Cliquez sur l'onglet "Suivant".



## Chapitre III : Simulation du projet par proteus

- Cochez "créer un circuit à partir du gabarit".
- Dans la partie "Layout Templates" :
- Default : aucune restriction pour la création du PCB
- Les autres "Templates" : ces Templates imposent des restrictions issues des constructeurs (écart entre les pistes, ...).[22]

### III.4 Montage avec NE555 et thyristors

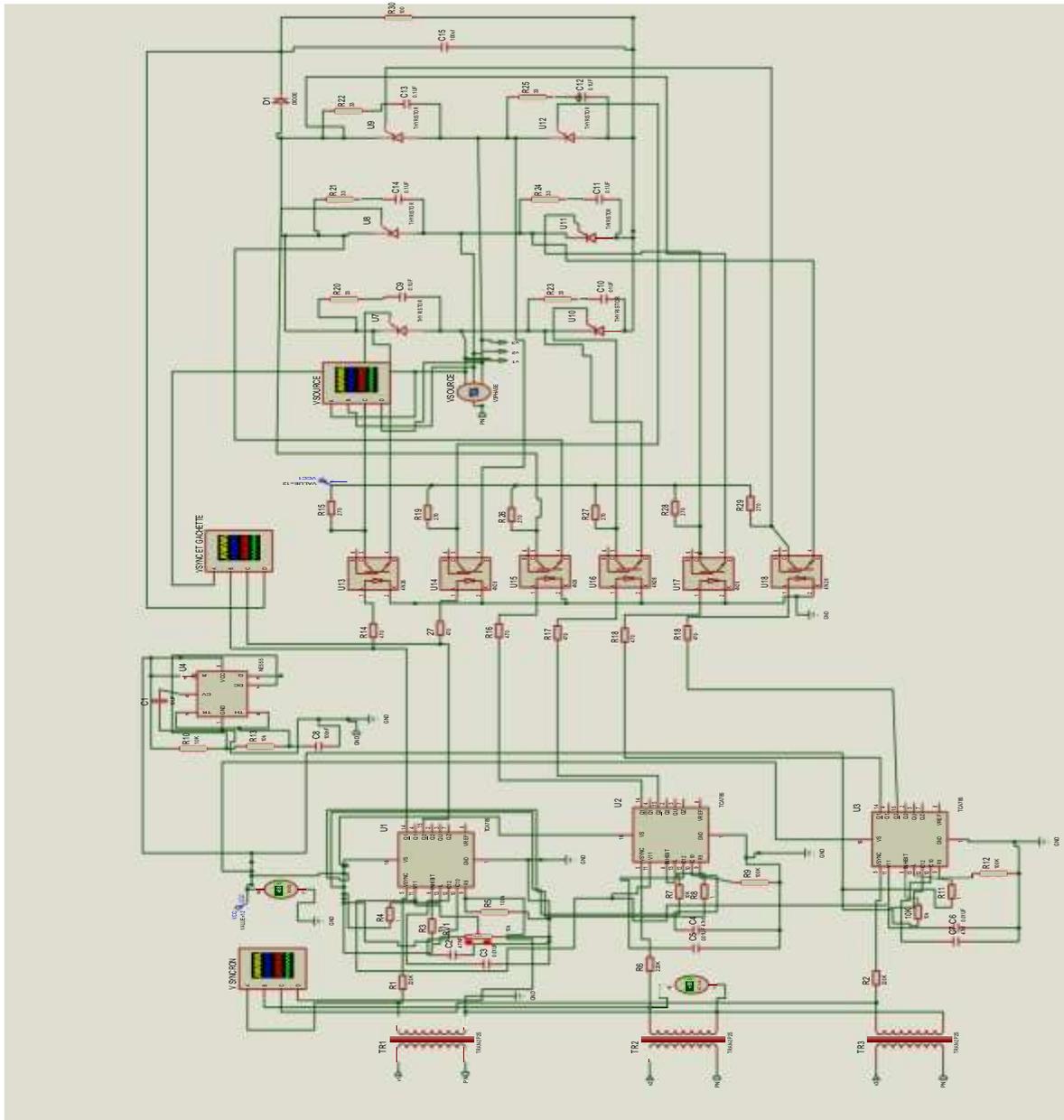


Figure III. 2 : schéma global avec NE555 et Thyristors.

## III.4.1 Résultats de simulations

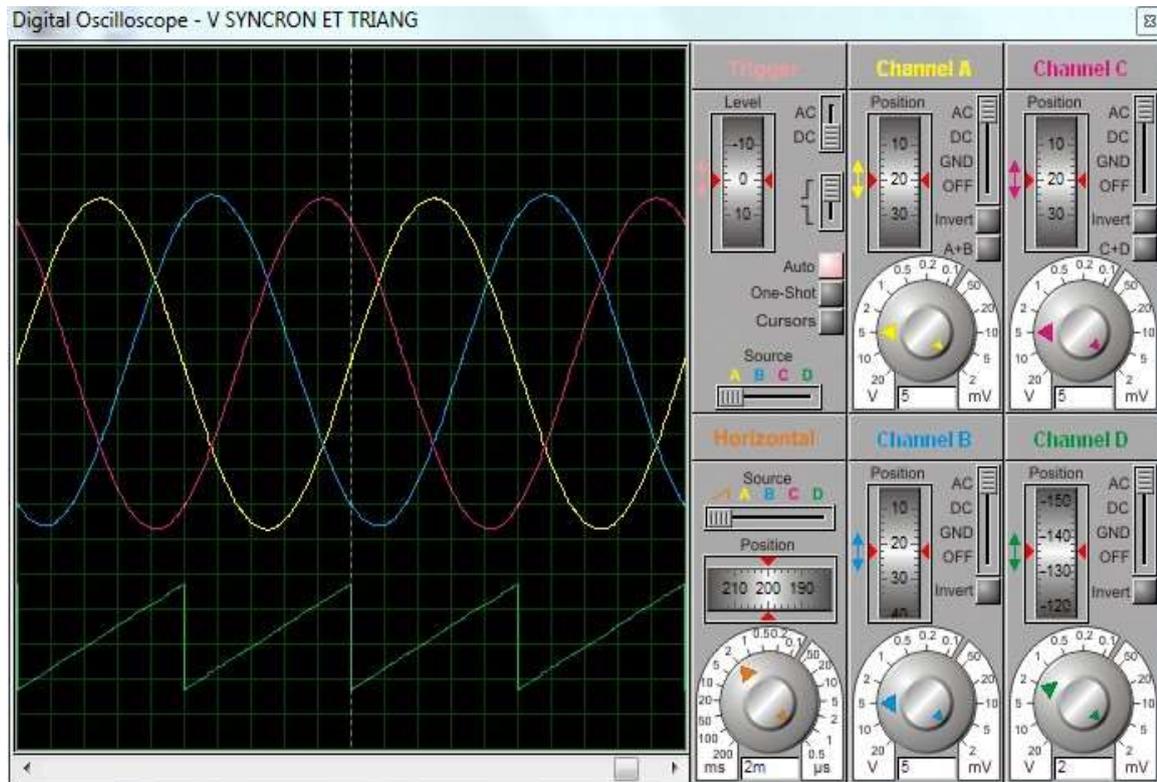


Figure III. 3: tensions de synchronisation et la rampe triangulaire

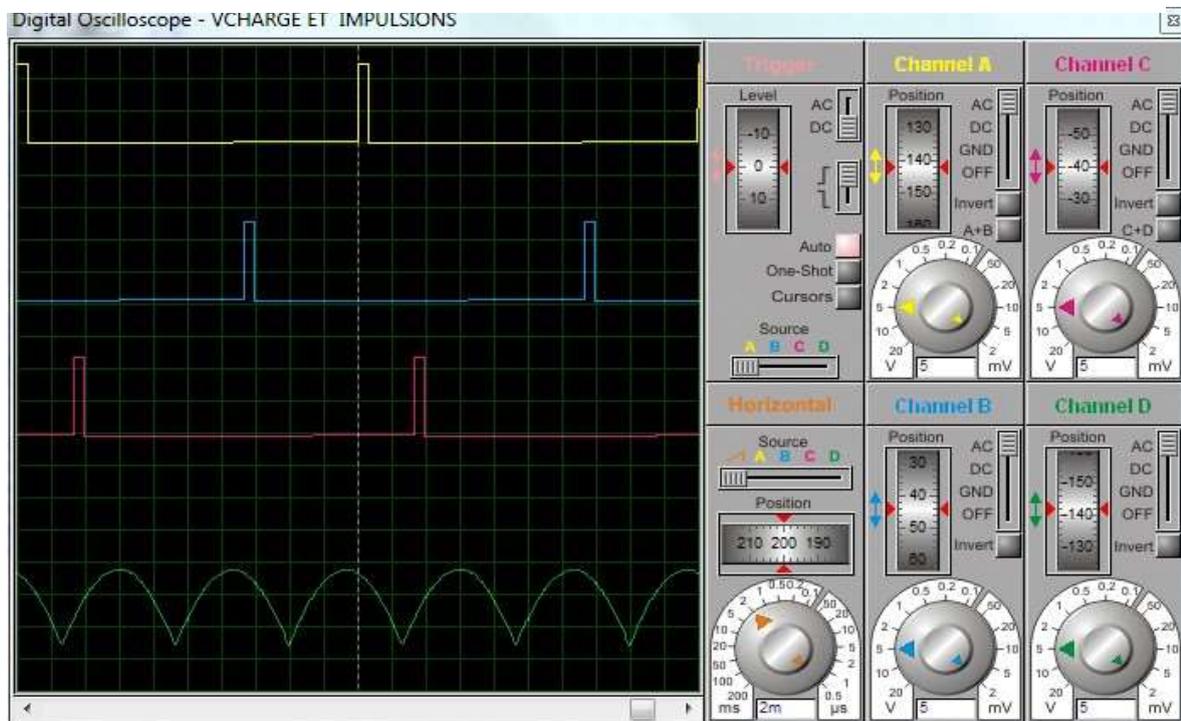
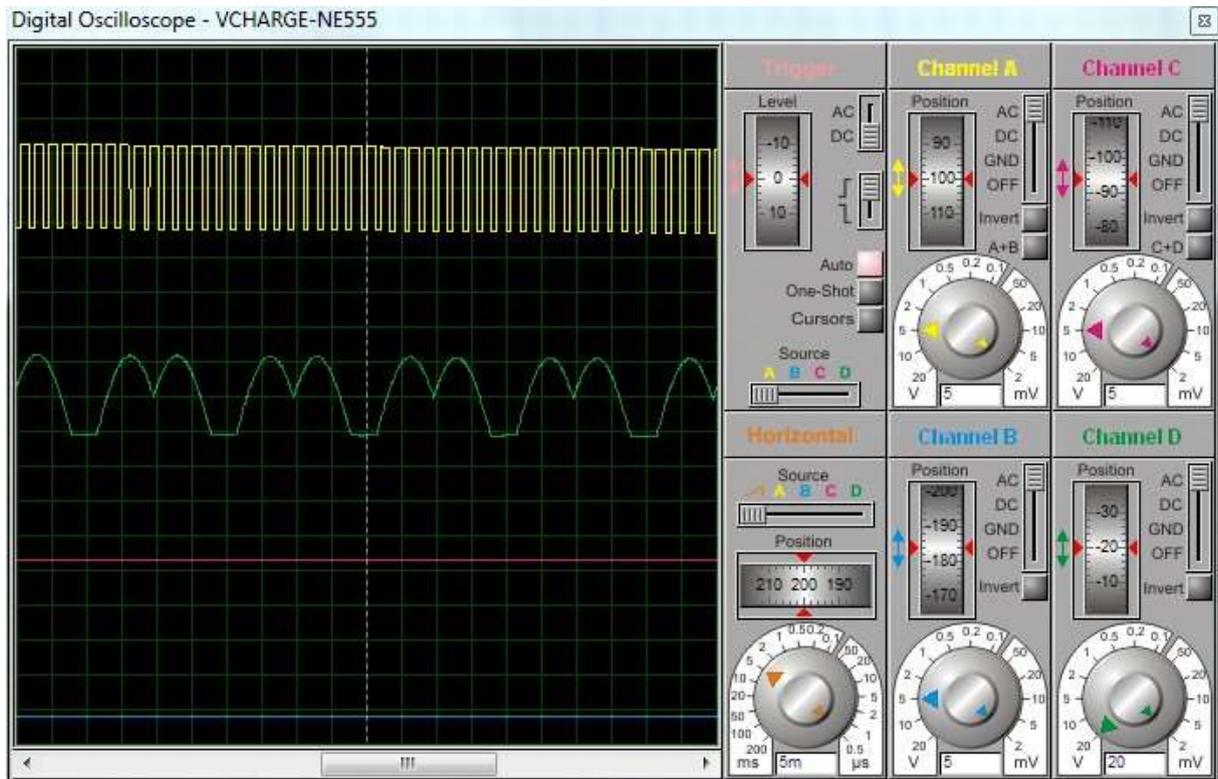


Figure III.4 : les signaux d'impulsion et tension de la charge R.



**Figure III. 5 :** l'allure de la sortie du NE555 et la tension de la charge RL

### Remarque :

Dans la pratique, les thyristors sont des interrupteurs difficilement commandables pouvant nécessiter de secondes impulsions de rappel sur leurs gâchettes (chaque 60ms) et donc un montage à deux signaux sur les grilles plus compliqué à réaliser. Notons aussi que les écarts des résultats par rapport aux théoriques sont dû au manque de précision des valeurs des composants (résistances, inductances...) du montage.

## III.5 Montage avec les drivers et IGBT

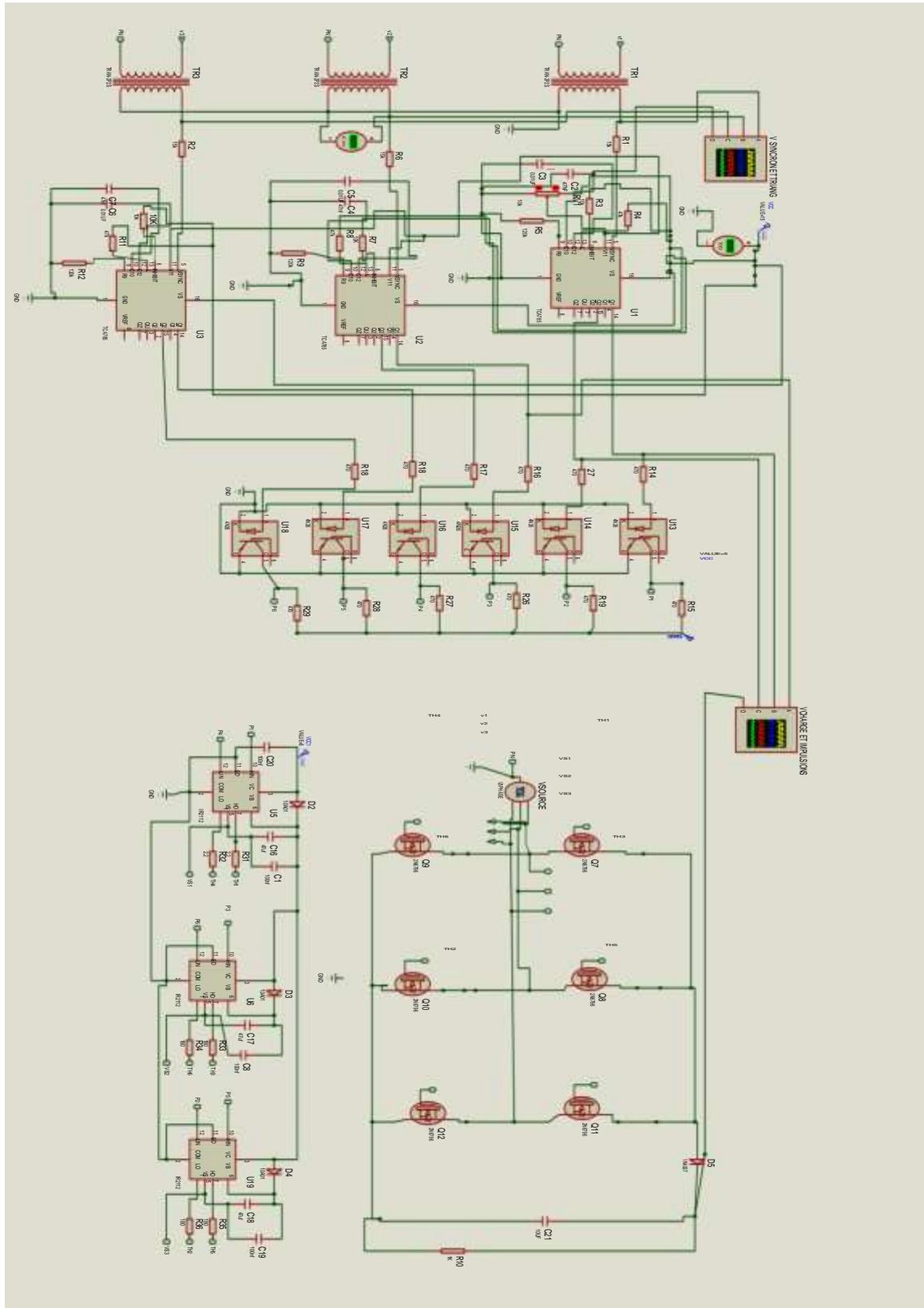


Figure III. 6 : circuit avec les drivers et IGBT

## III.5.1 Résultats de simulation

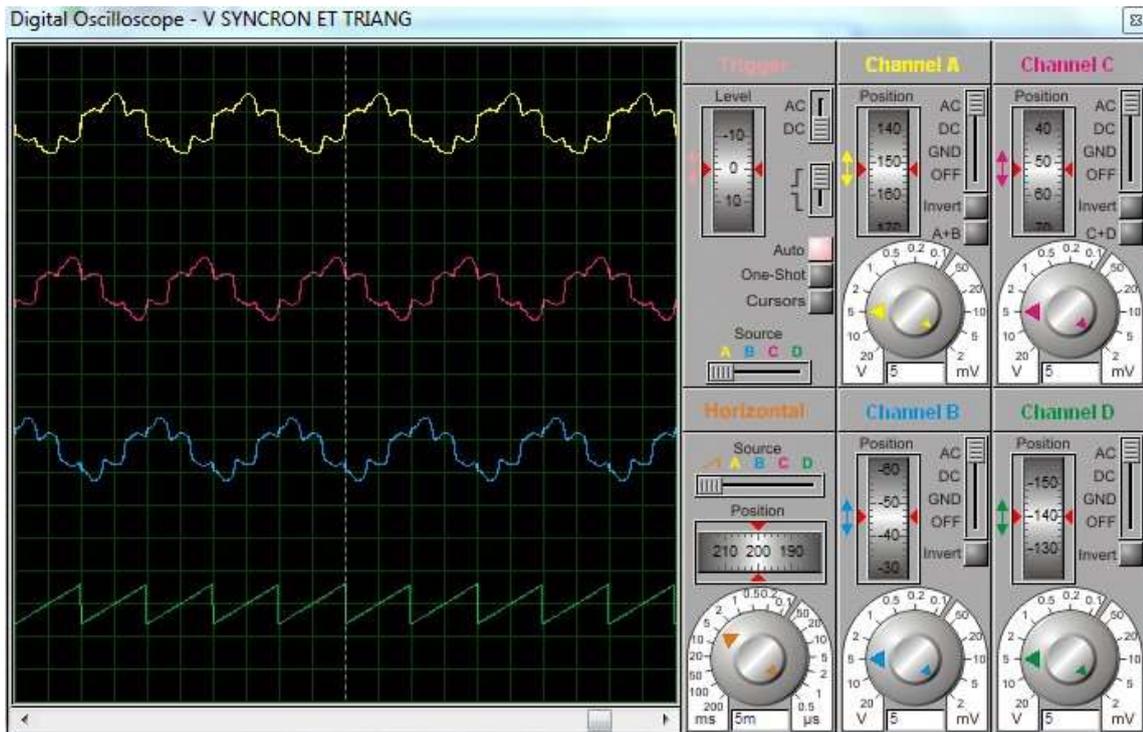


Figure III. 7 : tensions de synchronisation et rampe triangulaire

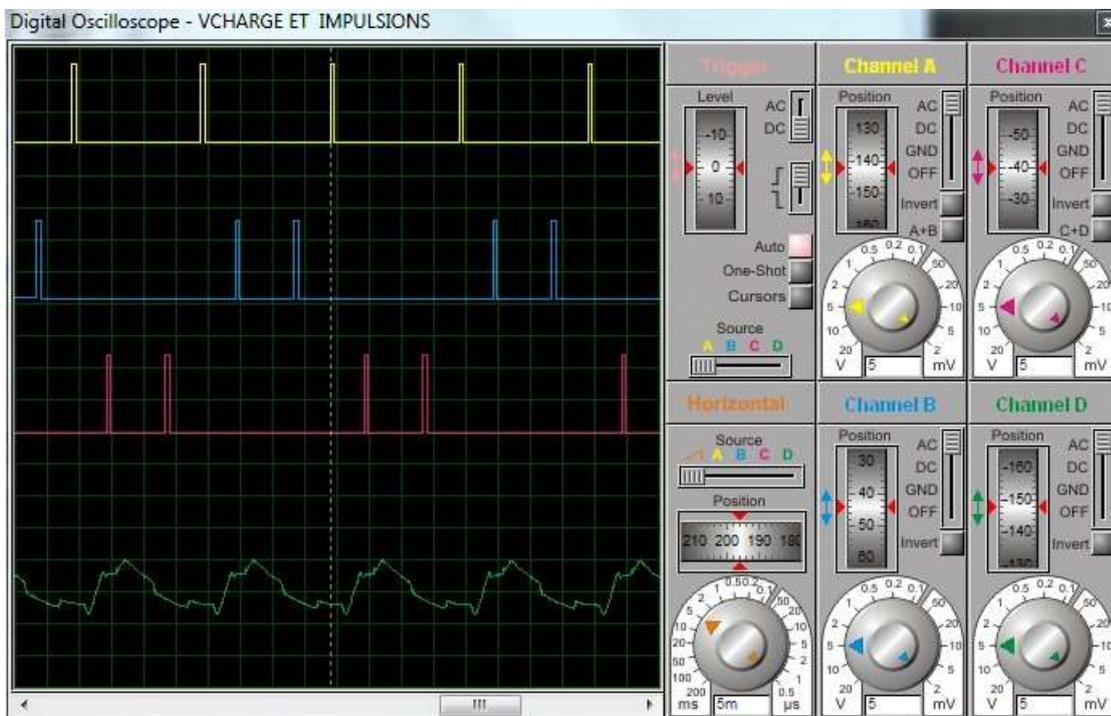


Figure III. 8 : les signaux d'impulsion et V charge aux bornes de R.



### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté deux schémas différents pour le redresseur triphasé commandé et proposé deux circuits de commande, l'un utilisant un générateur haute fréquence de signaux carrés et l'autre des drivers pour piloter le circuit de puissance.

Des résultats de simulation ont été présentés montrant les difficultés à concevoir pratiquement un circuit de commande en particulier dans le cas du redresseur triphasé.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Notre travail a consisté à l'étude et la conception d'un circuit électrique de commande à base du TCA785 pour un redresseur triphasé. Après avoir donné des généralités sur les convertisseurs statiques et les composants semi-conducteurs, des simulations par le logiciel MATLAB ont été illustrées pour les montages dédiés aux convertisseurs alternatif-continu les plus utilisés.

Ensuite nous sommes passés à la partie conception et dimensionnement du circuit de commande. Nous avons utilisé le logiciel Proteus qui contient une librairie riche en composants électroniques pour réaliser et simuler notre projet.

Nous avons opté pour une solution à control de phase avec trois TCA785, chacun pilotant deux interrupteurs commandés (thyristors ou IGBT) du circuit de puissance. Afin de garantir l'amorçage des différents interrupteurs à l'instant adéquat, nous avons inséré, dans un premier montage (avec thyristors), un générateur de signaux carrés à haute fréquence qui est le NE555 en adition avec les impulsions fournies par les TCA 785. Dans un deuxième montage (avec IGBT), nous avons montré la possibilité d'utiliser des drivers ir2112 pour piloter les IGBT. Nous avons aussi tenu compte de l'isolation galvanique par optocoupleur pour protéger les composants de commande des forts courants du circuit de puissance.

La simulation du fonctionnement des montages réalisés sur des charges R et RL par proteus nous a fourni des résultats satisfaisants compte tenu de la difficulté qui réside dans la commande du redresseur triphasé. En effet pour éviter la conduction simultanée de deux thyristors d'un même bras (court-circuit), il est envisagé d'appliquer des impulsions supplémentaires de rappel sur les gâchettes des thyristors, ce qui ferait une bonne étude en perspective. Notons aussi que les écarts des résultats par rapport aux théoriques sont dû aux erreurs de dimensionnement des valeurs des composants (résistances,) du montage.

Enfin, ce projet nous a permis de nous enrichir dans les domaines de l'électronique et circuits de commande des semi-conducteurs, sans oublier que nous avons appris et maîtrisé un nouveau logiciel qui est PROTEUS Design Suite (ISIS ARES).

# **Bibliographie**

## Bibliographie

---

- [1] **Guy S2GUIER**. Les convertisseurs de l'électronique de puissance, Tec & Doc, 1993.
- [2] **pierre. Agati**. Electricité, électronique de commande de puissance, électrotechnique, Dunod, paris, 1997
- [3] **A. CHAMPENOIS** Electronique industrielle, alimentations et thyristors Edition du renouveau pédagogique INC, Montréal, Québec 1984.
- [4] **D. Clenet**. Démarreurs et variateurs cahier technique Schneider électrique n°208, édition novombre 2003
- [5] **H.NEY, N. MOREL**. Electronique et normalisation,2001
- [6] **CHAKI Azzedine, GHOUZROUM Anouar**. Conception et réalisation des redresseurs AC/DC à Base du microcontrôleur PIC16F877A, université du M'SILA 2018
- [7] **Goumat BAYA**. Etude harmonique des convertisseurs de puissance,1995.
- [8] **A. BENMOUFOK, F. BEDREDINE** Etude et réalisation d'un pont mixte asymétrique pour la commande d'un moteur à courant continu. Projet de fin d'études (D.E.U.A), Université de Bejaia, 2002.
- [9] **R. CHAUPRADE** Les montages redresseurs. Edition Dunod, paris, 1970.
- [10] [https://www.les-electroniciens.com/sites/default/files/cours/lampli\\_op.pdf](https://www.les-electroniciens.com/sites/default/files/cours/lampli_op.pdf)
- [11] Revue d'électronique de puissance, avril 1985.
- [12] [Dicodunet.com/définitions/sciences/ne555.htm](http://dicodunet.com/définitions/sciences/ne555.htm)
- [13] <http://for-ge.blogspot.com/2015/07/ne555.html>
- [14] **Debbou Mustapha, Ouatmani Riad**. Etude et réalisation d'un onduleur de tension triphasé, université Abderrahmane mira bejaia,2008.
- [17] : [https://www.sonelec-musique.com/electronique\\_bases\\_isolation\\_galvanique.html](https://www.sonelec-musique.com/electronique_bases_isolation_galvanique.html)
- [18] : **CASSAGNE Antoine, COCAUD Jérémy**. Conception d'un hacheur Buck 200W 24V-12V, Polytech'Tours, Du 12 Octobre 2011 au 24 Février 2012.
- [19] <https://www.electromecanique.net/2018/10/photocoupleur-le-fonctionnement.html>
- [20] [https://www.sonelec-musique.com/electronique\\_theorie\\_optocoupleur.html](https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_optocoupleur.html)
- [21] <http://blewando.fr/elv/Promo2016/th4/pag1.html>

# **Annexes**

### Annexes

#### 1-Circuit intégré TCA785 :

R5=220k  $\Omega$

R6=10k  $\Omega$

R9=120k  $\Omega$

R13=47k  $\Omega$

C10=47nF

C12=0.01uF

P= (0-10) k  $\Omega$

#### 2-Oscillateur de fréquence :

Circuit intégré

R1=333  $\Omega$

R2=4.7k  $\Omega$

C=0.01Uf

#### 3-Circuit d'amplificateur et d'isolation galvanique :

Opto-coupleur

Rb=470  $\Omega$

R=470  $\Omega$

Drivers

#### 4- Alimentation stabilisée :

Transformateur unitaire

Régulateur de tension 7805

C1=C2=220uF

C3=C4=1000uF

Pont de diodes

### **II- les valeurs des composants du circuit de puissance :**

Thyristors, IGBT

R=1k

L=100mh

Diode

# SIEMENS

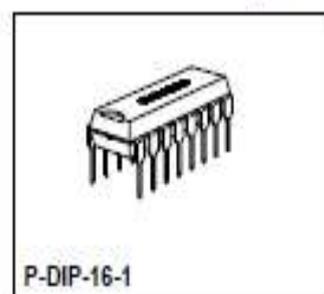
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

### Features

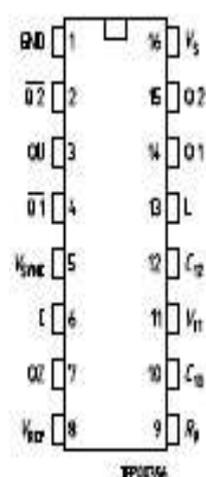
- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range



Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 ° and 180 °. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.



Pin Configuration  
(top view)

### Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	Q2	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	Q2	Output 1 inverted
5	V <sub>sync</sub>	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V <sub>ref</sub>	Stabilized voltage
9	R <sub>b</sub>	Ramp resistance
10	C <sub>10</sub>	Ramp capacitance
11	V <sub>11</sub>	Control voltage
12	C <sub>12</sub>	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V <sub>b</sub>	Supply voltage

## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	$V_S$	- 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	$I_O$	- 10	400	mA
Inhibit voltage	$V_S$	- 0.5	$V_S$	V
Control voltage	$V_{11}$	- 0.5	$V_S$	V
Voltage short-pulse circuit	$V_{12}$	- 0.5	$V_S$	V
Synchronization input current	$V_S$	- 200	$\pm 200$	$\mu A$
Output voltage at pin 14, 15	$V_O$		$V_S$	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	$I_O$		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	$V_O$		$V_S$	V
Junction temperature	$T_J$		150	$^{\circ}C$
Storage temperature	$T_{stg}$	- 55	125	$^{\circ}C$
Thermal resistance system - air	$R_{thSA}$		80	K/W

## Operating Range

Supply voltage	$V_S$	8	18	V
Operating frequency	$f$	10	500	Hz
Ambient temperature	$T_A$	- 25	85	$^{\circ}C$

## Characteristics

$8 \leq V_S \leq 18 V$ ;  $- 25 \text{ }^{\circ}C \leq T_A \leq 85 \text{ }^{\circ}C$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 ... S8 open $V_{11} = 0 V$ $C_{10} = 47 \text{ nF}$ ; $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$	$I_S$	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current	$I_{S_{max}}$	30		200	$\mu A$	1
$R_2$ varied Offset voltage	$\Delta V_S$		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	$V_{11}$	0.2		$V_{O_{peak}}$	V	1
Input resistance	$R_{11}$		15		$k\Omega$	5

## Characteristics (cont'd)

 $8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$ 

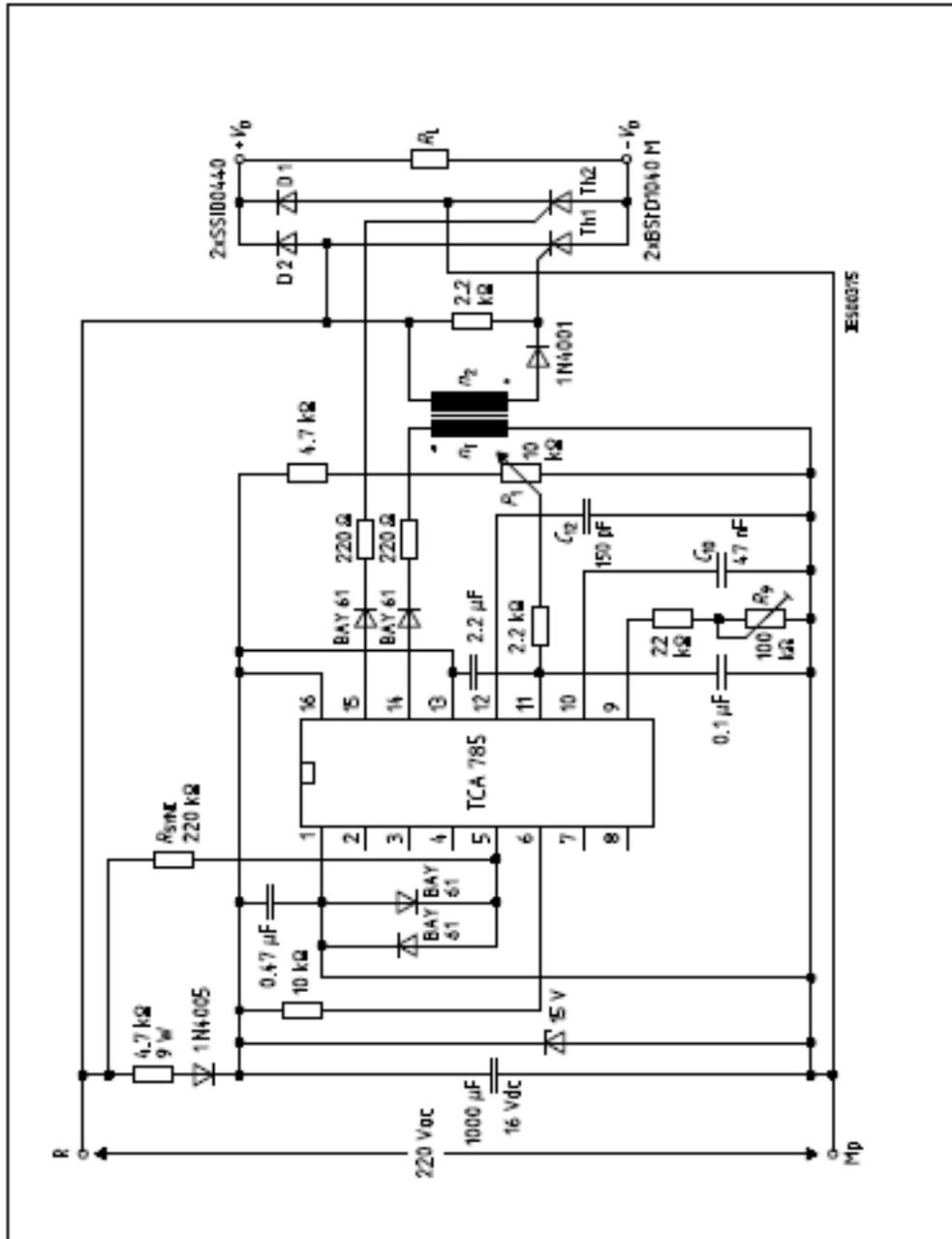
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	$I_{10}$	10		1000	$\mu\text{A}$	
Max. ramp voltage	$V_{10}$			$V_S - 2$	V	1
Saturation voltage at capacitor	$V_{10}$	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	$R_b$	3		300	k $\Omega$	1
Sawtooth return time	$t_r$		80		$\mu\text{s}$	1
Inhibit pin 6						
switch-over of pin 7						
Outputs disabled	$V_{6L}$		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	$V_{6H}$	4	3.3		V	1
Signal transition time	$t_r$	1		5	$\mu\text{s}$	1
Input current	$I_{6H}$		500	800	$\mu\text{A}$	1
$V_6 = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{6L}$	80	150	200	$\mu\text{A}$	1
$V_6 = 1.7 \text{ V}$						
Deviation of $I_{10}$	$I_{10}$	-5		5	%	1
$R_b = \text{const.}$						
$V_S = 12 \text{ V}; C_{10} = 47 \text{ nF}$						
Deviation of $I_{10}$	$I_{10}$	-20		20	%	1
$R_b = \text{const.}$						
$V_S = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$						
Deviation of the ramp voltage between 2 following half-waves, $V_S = \text{const.}$	$\Delta V_{10 \text{ max}}$		$\pm 1$		%	
Long pulse switch-over pin 13						
switch-over of S8						
Short pulse at output	$V_{13H}$	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	$V_{13L}$		2.5	2	V	1
Input current	$I_{13H}$			10	$\mu\text{A}$	1
$V_{13} = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{13L}$	45	65	100	$\mu\text{A}$	1
$V_{13} = 1.7 \text{ V}$						
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current	$I_{200}$			10	$\mu\text{A}$	2.6
$V_6 = V_S$						
Saturation voltage	$V_{sat}$	0.1	0.4	2	V	2.6
$I_0 = 2 \text{ mA}$						

## Characteristics (cont'd)

 $8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$ 

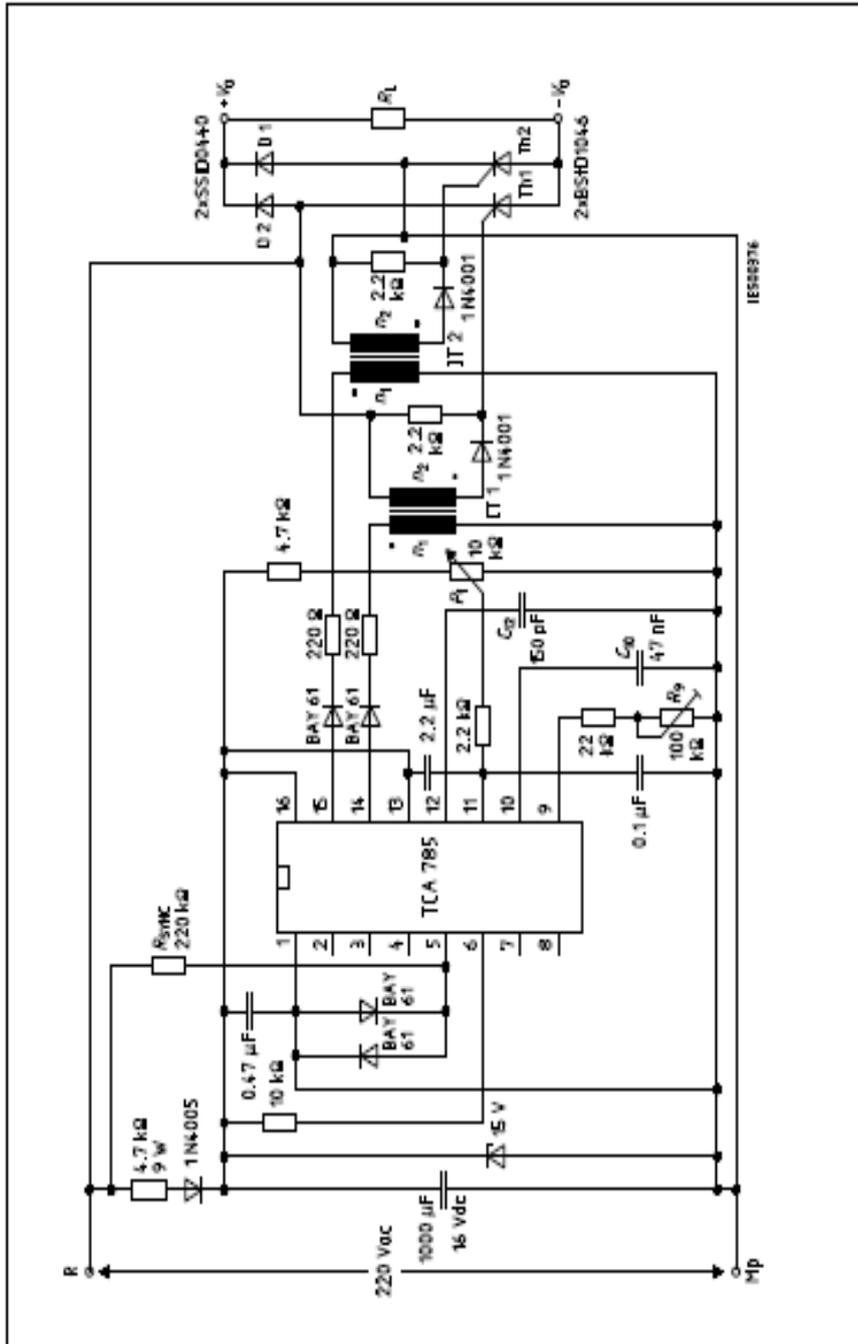
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 H-output voltage $-I_O = 250 \text{ mA}$	$V_{OH(H)}$	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_O = 2 \text{ mA}$	$V_{OH(L)}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) SØ open	$t_p$	20	30	40	$\mu\text{s}$	1
Pulse width (short pulse) with $C_{12}$	$t_p$	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control Reference voltage	$V_{REF}$	2.8	3.1	3.4	V	1
Parallel connection of 10 ICs possible TC of reference voltage	$\alpha_{REF}$		$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	1/K	1





Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors





Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

## Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

### DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200 mA.

### FEATURES

- Turn-off time less than 2  $\mu$ s
- Max. operating frequency greater than 500 kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per  $^{\circ}$ C

### APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

### PIN CONFIGURATION

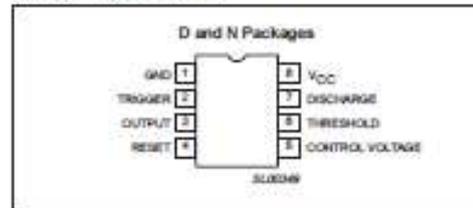


Figure 1. Pin configuration

### BLOCK DIAGRAM

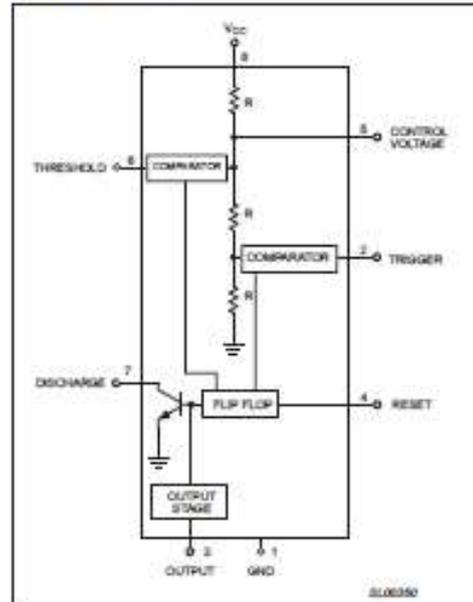


Figure 2. Block Diagram

### ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555CN	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555N	SOT97-1

## Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

### EQUIVALENT SCHEMATIC

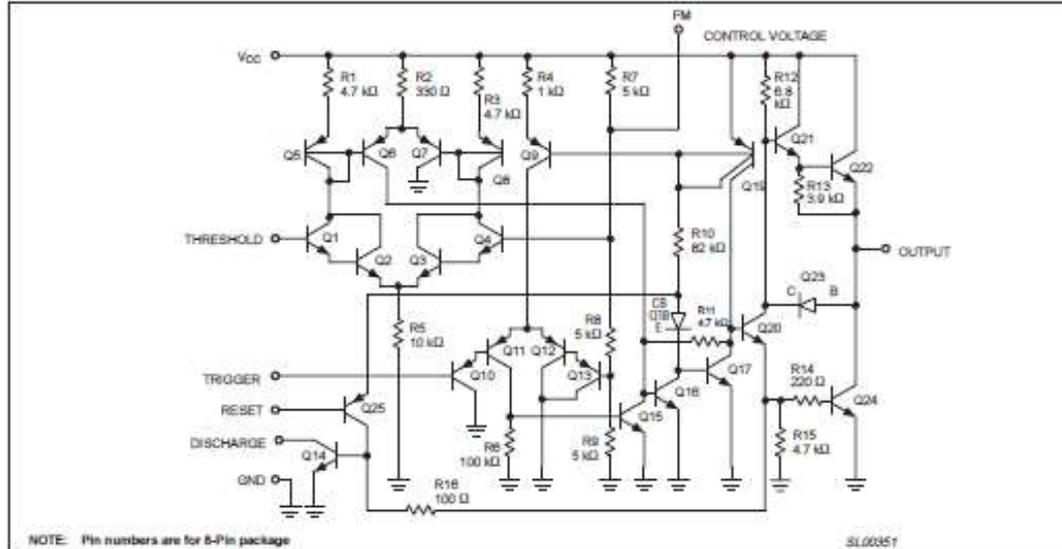


Figure 3. Equivalent schematic

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
$V_{CC}$	Supply voltage		
	SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+16	V
$P_D$	Maximum allowable power dissipation <sup>1</sup>	600	mW
$T_{amb}$	Operating ambient temperature range		
	NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
$T_{stg}$	Storage temperature range	-65 to +150	°C
$T_{SOLD}$	Lead soldering temperature (10 sec max)	+230	°C

**NOTE:**

- The junction temperature must be kept below 125 °C for the D package and below 150°C for the N package. At ambient temperatures above 25 °C, where this limit would be derated by the following factors:  
 D package 160 °C/W  
 N package 100 °C/W

TYPICAL APPLICATIONS

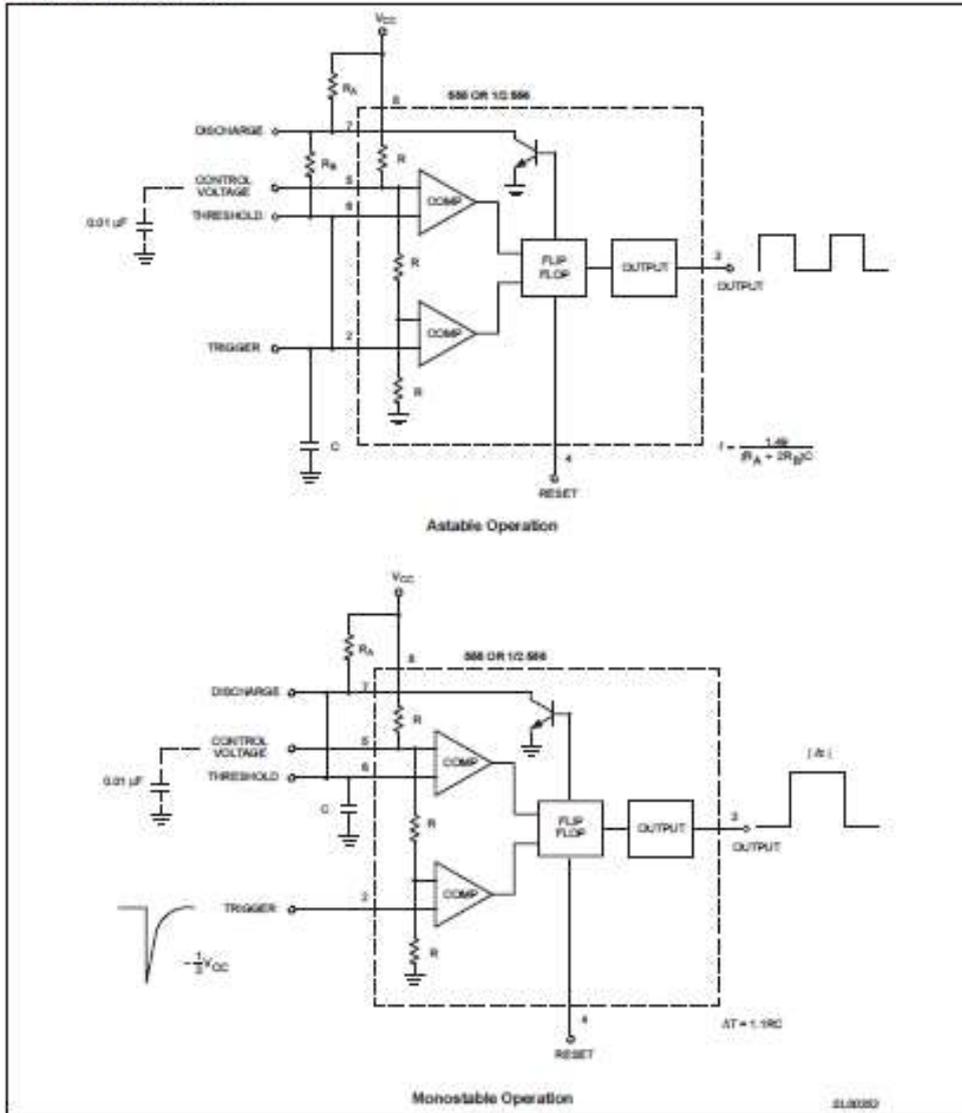


Figure 5. Typical Applications



**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR™

October 1987  
Revised January 1989

## CD4071BC • CD4081BC

### Quad 2-Input OR Buffered B Series Gate • Quad 2-Input AND Buffered B Series Gate

#### General Description

The CD4071BC and CD4081BC quad gates are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. They have equal source and sink current capabilities and conform to standard B series output drive. The devices also have buffered outputs which improve transfer characteristics by providing very high gain. All inputs protected against static discharge with diodes to  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ .

#### Features

- Low power TTL compatibility:  
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- 5V–10V–15V parametric ratings
- Symmetrical output characteristics
- Maximum input leakage 1  $\mu$ A at 15V over full temperature range

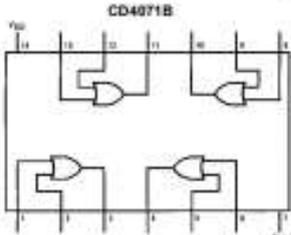
#### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4071BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
CD4071BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4081BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
CD4081BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

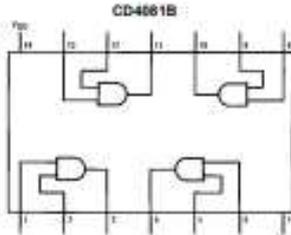
Devices are also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

#### Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP and SOIC



CD4071B  
Top View



CD4081B  
Top View

CD4071BC • CD4081BC Quad 2-Input OR Buffered B Series Gate • Quad 2-Input AND Buffered B Series Gate



## L78xx - L78xxC L78xxAB - L78xxAC

### Positive voltage regulators

#### Features

- Output current up to 1.5 A
- Output voltages of 5; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24 V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection
- 2 % output voltage tolerance (A version)
- Guaranteed in extended temperature range (A version)



#### Description

The L78xx series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3, DPAK and DPAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1 A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

Table 1. Device summary

Part numbers			
L7805	L7805AC	L7805AB	L7815AB
L7805C	L7805C	L7805AC	L7815AC
L7805AB	L7805AB	L7812C	L7815C
L7805AC	L7805AC	L7812AB	L7824C
L7805C	L7805C	L7812AC	L7824AB
L7805AB	L7805C	L7815C	L7824AC