



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
-----  
معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Maintenance en Instrumentation**

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Génie Industriel**  
**Spécialité : Génie Industriel**

### Thème

# Conception et réalisation d'un onduleur (12v-220v) basse tension

Présenté par :

Nom : Chibani  
Prénom : Youcef

et

Nom : Aouane  
Prénom : Mohamed boudiaf

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom         | Grade | Etablissement    | Qualité      |
|-----------------------|-------|------------------|--------------|
| Mme. Liela Belkhodja  | MCB   | IMSI-Univ. Oran2 | Président    |
| Mme. Farida Djelghoum | MAA   | IMSI-Univ. Oran2 | Encadreur    |
| Mme. Khadidja Benabed | MAA   | IMSI-Univ. Oran2 | Examinatrice |

Année 2020/2021

# *Remerciements*

*Nous tenons à remercier premièrement Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.*

*Nous tenons également à exprimer notre vif remerciement à notre encadreur Mme Farida Djelghoum, pour avoir d'abord proposé ce thème et suivi le déroulement de ce mémoire et pour la confiance et l'intérêt qu'elle nous a accordé tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons à citer dans ces remerciements les membres du jury Mme Liela Belkhodja et Mme Khadidja Benabed qui ont bien voulu examiner et juger notre travail.*

*Nous remercions tous nos professeurs de l'IMSI qui ont contribué à notre formation.*

*Merci enfin à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont aidé et donc ont contribué au succès de ce travail.*

# dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*À ma chère mère, pour tous les sacrifices consentis, ses précieux conseils et sa prière tout au long de mes études.*

*Que dieu le tout puissant lui donne santé, bonheur et longue vie afin que je puisse lui rendre ses sacrifices et son soutien .*

*À mon cher père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices jour et nuit et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

*Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi. Paix à son âme.*

*À ma chère Kaddour Mounia. La source de ma volonté.*

*À mes chers oncles mohamed et belkhier et mes chères tantes khadidja et wafia*

*À Tous les membres de la famille Chibani et belareug petits et grands pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

*Mes professeurs qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours.*

*Tout les gens qui m'ont aidé de prêt et de loi.*

*Et surtout merci a Mme DJELGHOUIM.*

*Youcef*

# dédicace

*Je dédicace ce modeste travail à :*

*A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation  
digne, son amour a fait moi ce que je suis  
aujourd'hui :*

*Particulièrement mes chères parents, ma mère et  
mon père pour toute leur soutien et leur amour que  
vous me portez depuis mon enfance ainsi leur  
encouragements merci infiniment.*

*Mes sœurs Aya et Hadil .*

*Ma chère copinette.*

*A mes amis sans exception.*

*Mes professeurs qui m'ont enseigné tout au long de  
mon parcours.*

*Tout les gens qui m'ont aidé de prêt et de loï.*

*Et surtout merci a Mme DJELGHOU.*

*Doudou*



# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Page de garde  |    |
| Remercîments   |    |
| Dédicaces  |    |
| Liste des figures  |    |
| Introduction.....  | 1  |
| Chapitre I : Généralité sur les onduleurs .....                              | 3  |
| I.1. Introduction .....  | 3  |
| I.2. Définition.....   | 3  |
| I.3. Classification des onduleurs .....                                      | 4  |
| I.3.1. Onduleurs non autonomes (raccordés aux réseaux) .....                 | 4  |
| I.3.2. Onduleurs autonomes (non raccordé au réseau électrique) .....         | 5  |
| I.3.3. Onduleur monophasé .....  | 6  |
| I.3.3.1. Onduleur monophasé en pont (pont H) .....                           | 6  |
| I.3.3.2. Onduleur monophasé en demi-pont .....                               | 7  |
| I.3.4. Onduleur triphasé .....   | 8  |
| I.4. Les Différentes Techniques de commande des Onduleurs .....              | 9  |
| I.4.1. Commande Par Modulation de Largeur d'Impulsion .....                  | 9  |
| I.4.1.1. Les Différentes possibilités de la génération des signaux MLI ..... | 9  |
| I.4.2. Commande adjacente .....  | 10 |
| I.4.3. Commande en Onde en Marche D'escalier .....                           | 11 |
| I.5. Applications des Onduleurs monophasé.....                               | 12 |
| I.5.1. Applications domestiques .....  | 12 |
| I.5.2. Applications industrielles .....                                      | 12 |
| • A - Commande de moteur .....   | 12 |
| • B- Alimentations.....  | 12 |
| I.5.3. Transport .....   | 12 |
| I.5.4. Production et Distribution de l'électricité .....                     | 13 |
| I.6. Conclusion .....  | 13 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Chapitre II : I Les différents composants Onduleur</b> .....                    | <b>14</b> |
| <b>I.1.Introduction</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>I.2.Cahier des charges de l'onduleur</b> .....                                  | <b>16</b> |
| <b>I.3. IRF3205 (MOSFET)</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>I.3.1. Présentation de l'IRF3205 (MOSFET)</b> .....                             | <b>17</b> |
| <b>I.3.2. La configuration des broches de l'IRF3205 est la suivante</b> .....      | <b>18</b> |
| <b>I.3.3. APPLICATIONS DE L'IRF3205</b> .....                                      | <b>19</b> |
| <b>I.3.4. Fonctionnement De L'IRF3205</b> .....                                    | <b>19</b> |
| <b>II.4. Le transformateur</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>II.4.1. Constitution d'un transformateur</b> .....                              | <b>21</b> |
| <b>II.4.2. Le circuit magnétique</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>II.4.3. Les enroulements</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>II.4.4. Principe de fonctionnement d'un transformateur à point milieu</b> ..... | <b>23</b> |
| <b>III.5. Le TL494</b> ..... ??.....   | <b>26</b> |
| <b>III.5.1. Fonction et configuration des broches</b> .....                        | <b>27</b> |
| <b>III.5.1.1. Notes maximales absolues</b> .....                                   | <b>28</b> |
| <b>III.5.1.2. Conditions de fonctionnement recommandées</b> .....                  | <b>29</b> |
| <b>III.5.2. Comment utiliser IC TL494</b> .....                                    | <b>29</b> |
| <b>III.5.2.1. Régulateur de référence 5 V</b> .....                                | <b>30</b> |
| <b>III.5.2.2. Oscillateur</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>III.5.2.3. Contrôle des temps morts</b> .....                                   | <b>31</b> |
| <b>III.5.2.4. Amplificateurs d'erreur</b> .....                                    | <b>32</b> |
| <b>III.5.2.5. Sortie-Contrôle Entrée</b> .....                                     | <b>32</b> |
| <b>III.5.2.6. Transistors de sortie</b> .....                                      | <b>33</b> |
| <b>III.5.2.7. Circuits d'application</b> .....                                     | <b>33</b> |
| <b>III.5.2.8. Chargeur solaire utilisant TL494</b> .....                           | <b>33</b> |
| <b>III.5.2.9. Onduleur TL494</b> .....   | <b>34</b> |
| <b>IV. Conclusion</b> .....  | <b>35</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Chapitre III : La simulation et la réalisation d'un onduleur 12v 220v.....</b> | <b>36</b> |
| <b>III.1 La simulation .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>III.1.1. Proteus.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>III.1.1.1 Logiciel ISIS .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>III.1.1.2. Logiciel ARES.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>III.1.2. Simulation du CI TL494.....</b>                                       | <b>39</b> |
| <b>III.1.3. Simulation de l'onduleur .....</b>                                    | <b>40</b> |
| <b>III.2. La réalisation.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>III.2.1. Description de l'onduleur .....</b>                                   | <b>42</b> |
| <b>III.2.1.1. Source d'alimentation .....</b>                                     | <b>42</b> |
| <b>III.2.1.2. Le circuit de commande.....</b>                                     | <b>43</b> |
| <b>III.2.1.3. Circuit de puissance .....</b>                                      | <b>43</b> |
| <b>III.2.1.4. La charge .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>III.2.2. Principe de fonctionnement .....</b>                                  | <b>44</b> |
| <b>III.2.3. Tests sur l'onduleur .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>III.3. Comparaison .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>III.3.1. Fréquence des sorties des CI (TL494 et CI 4060 , CI 4017 ) ... ..</b> | <b>48</b> |
| <b>III.3.2. Le signal de sortie de l'onduleur .....</b>                           | <b>48</b> |
| <b>III.3.3. Le nombre de composants utilisés .....</b>                            | <b>48</b> |
| <b>III.4. Conclusion.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>Conclusion générale .....</b>  | <b>49</b> |

**Annexes**

**Références et webographie**

## *Liste de Figures*

Figure I.1 : Convertisseur continu-alternatif.

Figure I.2 : Onduleur monophasé en pont et le signal

Figure I.2.1 : alternance positive

Figure I.2.2 : alternance négative

Figure I.3 : Onduleur monophasé en demi-pont.

Figure I.4 : Onduleur triphasé

Figure I.5 : Circuit de commande adjacente

Figure I.6 : La forme de la tension de sortie.

Figure I.7 : la courbe après utiliser quatre commutateurs montés en pont.

Figure I.8 : La forme de la tension de sortie

**Figure II.1 : Le montage d'un MOSFET.**

**Figure II.2 : Aire de sécurité d'un transistor MOSFET.**

**Figure II.3 : les équations des tensions d'entrée de l'AOP.**

**Figure II.4 : Le IRF3205.**

**Figure II.5 : Schéma électrique du MOSFET.**

**Figure II.6 : Le transformateur**

**Figure II.7 : Schémas des tôles d'un transformateur monophasé.**

**Figure II.8 : Circuit magnétique d'un transformateur monophasé.**

**Figure II.9 : Enroulements d'un transformateur.**

**Figure II.10 : Image d'un transformateur à point milieu**

**Figure II.11 : Transformateur à point milieu**

**Figure II.12 : Image d'un transformateur à point milieu.**

Figure II.13 : Symbole électrique d'un transformateur à point milieu.

Figure II.14 : Signal d'entrée et de sortie du transformateur.

Figure II.15 : Image de CI TL494.

Figure II.16 : CI TL494

Figure II.17 : Circuit détaillé DU CI TL494.

Figure II.18 : Schéma du chargeur solaire utilisant TL494.

Figure II.19 : Circuit inverseur TL494 simple.

Figure III.1 : Fenêtre principale du logiciel Proteus professionnel 8.9

Figure III.2 : Fenêtre principale du logiciel ISIS.

Figure III.3 : Fenêtre principale du logiciel ARES.

Figure III.4 : Schéma électrique du l'onduleur sous ISIS

Figure III.5 : Le circuit TL494 sur ISIS (oscillateur).

Figure III.6 : Les sorties des broches 9 et 10 de TL494 sur ISIS.

Figure III.7 : Schéma du l'onduleur à réaliser.

Figure III.8 : Indication du voltmètre 219v AC à la sortie du circuit

Figure III-9 : Signal de sortie de l'onduleur.

Figure III.10 : Source d'alimentation.

Figure III.11 : Schéma de montage de l'onduleur

Figure III.12 Réalisation de l'onduleur de la figure III.37 sur plaque d'essai

Figure III.13 : les différents tests du montage de l'onduleur

Figure III.14 : Résultat obtenue au niveau de la sortie E1 de l'oscillateur

Figure III.15 : Signal de la sortie des MOSFET

Figure III.16 Circuit de l'ondule a base de CI 4060 à deux mosfets

# Introduction

---

## Introduction générale

Depuis la découverte et la mise en œuvre des semi-conducteurs tels que les diodes et les transistors, l'électronique industrielle ne cesse de progresser, et on peut même dire qu'elle a pris l'ampleur. Cette ampleur a été plus approfondie ensuite par la miniaturisation des différents composants électroniques. Une des parties importantes de l'électronique industrielle qui s'intéresse aux domaines des grandes puissances est appelée « électronique de puissance ». L'électronique de puissance, ou plus correctement « électronique de conversion d'énergie » a moins de 50 ans. Elle a connu un tel essor qu'aujourd'hui près de 15 % de l'énergie électrique produite est convertie sous une forme ou une autre. Au cours de ces années, la taille, le poids et le coût des convertisseurs n'ont fait que diminuer, en grande partie grâce aux progrès faits dans le domaine des interrupteurs électroniques. C'est une électronique de commutation : elle tire parti du fait qu'un interrupteur parfait fermé (résistance nulle, tension aux bornes nulle) ou ouvert (résistance infinie, courant traversant nul) ne dissipe aucune énergie, donc ne présente aucune perte. Lorsqu'il est associé à des éléments de filtrage passifs et purement réactifs (c'est-à-dire sans aucune résistance interne), il permet théoriquement de modifier la tension et/ou le courant sans perte, donc de réaliser une conversion de tension ou de courant en conservant l'énergie. Ce but est atteint en découpant la tension et/ou le courant à très haute fréquence (par rapport à la fréquence d'entrée ou de sortie du convertisseur) et en lissant le résultat obtenu pour en extraire la valeur moyenne. En pratique, on doit s'attendre à des pertes de l'ordre de 2 à 10 % dues à l'imperfection des éléments physiques qui le constituent. Ces pertes raisonnables justifient l'essor de ce type d'électronique dans les systèmes à haute puissance, puisqu'elles permettent une évacuation de la chaleur générée sans recourir à des moyens extrêmes et coûteux. Progressivement, l'électronique de puissance s'est imposée dans tous les domaines où les pertes doivent rester faibles pour limiter l'échauffement, comme dans les ordinateurs, et où le rendement doit être élevé pour préserver la source d'énergie, comme dans les systèmes alimentés par batteries (GSM, GPS, ordinateurs portables...).

De nos jours, les énergies renouvelables occupent une place beaucoup plus grande. Une forme d'énergie qui est de plus en plus utilisée et pour cause, cette source d'énergie est disponible presque partout. L'énergie produite sous forme continue, doit être ondulée pour pouvoir alimenter des charges alternatives ou l'injecter au réseau de distribution alternatif.

Le but de notre projet est la conception et la réalisation d'un onduleur autonome ; il s'agit d'obtenir une tension de 230 V alternatif de fréquence 50 Hz à partir d'une tension de 12 V continu.

## **Introduction**

---

Notre travail est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre donne des généralités sur les onduleurs.
- Les différents composants utilisés pour la réalisation sont présentés au deuxième chapitre
- La simulation et le travail pratique c'est-à-dire la réalisation d'un onduleur est présenté au troisième chapitre. Enfin nous terminons notre travail avec une conclusion générale.

## I. Généralité sur les onduleurs

### I.1. Introduction

L'énergie électrique est un facteur essentiel de l'évolution et du développement des sociétés sur le plan de l'amélioration des conditions de vie, et l'évolution des secteurs industriels, elle est devenue indispensable par la multiplicité des domaines d'activité où elle est demandée. Donc, elle doit être produite, transportée, et distribuée d'une façon permanente. Les convertisseurs de courant continu en courant alternatif sont appelés des onduleurs. La fonction d'un onduleur est de convertir une tension continue d'entrée en une tension de sortie alternative symétrique d'amplitude et de fréquence désirée. La tension de sortie variable peut être obtenue en variant la tension continue d'entrée et en maintenant le gain de l'onduleur constant. D'autre part, si la tension d'entrée est fixe et qu'elle soit non contrôlable, une tension de sortie variable peut être obtenue en variant le gain de l'onduleur. Il y a plusieurs techniques pour obtenir cette variation, la technique de modulation des largeurs d'impulsion MLI est la plus répandue. Elle consiste à changer la largeur des impulsions de la tension de sortie avec des commandes appropriées des interrupteurs à semi-conducteurs de l'onduleur.

### I.2. Définition

Les onduleurs sont des convertisseurs statiques qui permettent d'obtenir une source de tension alternative, de valeur efficace fixe ou variable, à partir d'une source de tension ou de courant continu. La fonction réalisée est appelée conversion continu-alternatif.

La Figure I.1 représente le schéma fonctionnel d'un onduleur.



Figure I.1 : Convertisseur continu-alternatif.

Un onduleur est dit non autonome ou assisté si la fréquence et la forme de la tension sont imposées par le réseau alternatif sur lequel est branché le convertisseur.

C'est le cas du fonctionnement en mode onduleur des redresseurs commandés à thyristor. La fréquence et la forme de la tension sont imposées par le réseau alternatif qui assure la commutation des thyristors. Dans ce type d'onduleurs, la commutation des thyristors est naturelle.

Les autres onduleurs sont dits autonomes, ils sont capables de générer leurs propres tensions alternatives et la fréquence obtenue en sortie est fixée par leur circuit de commande. Lorsque leur configuration est à thyristors il faudra, dans les cas de charges purement résistives ou inductives, assurer la commutation de ces derniers par des circuits auxiliaires. La commutation des thyristors est dite forcée.

Les performances et surtout les coûts de fabrication des composants électriques des commutations (diodes, thyristors, transistors bipolaires, MOSFET, IGBT,...) permettent d'introduire avantageusement les onduleurs dans de nombreuses applications [1].

### **I.3. Classification des onduleurs**

Les onduleurs sont classés selon le type d'application et leurs performances, en deux grandes catégories : les onduleurs autonomes et les onduleurs non autonomes.

#### **I.3.1. Onduleurs non autonomes (raccordés aux réseaux)**

Un onduleur non autonome est un système de commutation à thyristors, dont les instants de commutation sont imposés par la charge. Dans ce cas, la fréquence et la forme d'onde de la tension de sortie sont imposées au réseau alternatif sur lequel débite ce type d'onduleur.

Ces onduleurs sont employés pour :

- Le transport d'énergie en courant continu, on peut transporter de grandes puissances à très haute tension (de l'ordre du million de volts) par lignes aériennes sur des distances élevées (500-1000 Km) pour lesquelles, les lignes à courant alternatif posent des problèmes délicats (stabilité, pertes...). De plus, le transport sur des plus faibles distances par câbles souterrains dont la capacité très élevée, limite leur emploi en courant alternatif.
- Le freinage par récupération pendant les phases de freinage les moteurs à courant continu. Peuvent fonctionner en génératrices et l'énergie mise en jeu, dans ce cas, peut être récupérée

et transférée au réseau alternatif par un onduleur assisté (domaine de la traction électrique à courant continu).

- La cascade hypo synchrone pour le réglage de la vitesse de rotation des moteurs asynchrones à rotor bobiné.
- Dans ce travail on s'intéresse aux onduleurs autonomes [2].

Quand un onduleur est connecté au réseau et alimenté par une source d'énergie renouvelable (en particulier une source solaire), il est appelé techniquement : Grid-Connected Inverter ou GCI. En effet, les performances techniques et la fiabilité des onduleurs utilisés pour le raccordement des systèmes photovoltaïques au réseau de distribution d'électricité sont des paramètres qui peuvent très fortement faire varier la production d'énergie électrique annuelle et donc la rentabilité financière d'un système. Dans les systèmes photovoltaïques connectés au réseau, l'un des objectifs que doit réaliser l'onduleur connecté au réseau, est le contrôle du courant issu du champ de modules photovoltaïques et de la puissance injectée au réseau suivant les normes en vigueur. De ce fait, les spécifications standards servant à la conception d'un onduleur connecté concerneront la puissance nominale, la tension nominale du réseau, la tension maximale du DC-bus, le contrôle de l'onduleur etc.... [3].

### **I.3.2. Onduleurs autonomes (non raccordé au réseau électrique)**

L'onduleur autonome est un système de commutation à transistors ou à thyristors, dont les instants de commutation sont imposés par des circuits externes, il n'a pas besoin le réseau électrique pour fonctionner. Ils sont de différente taille de 100W pour alimenter un ordinateur portable à 10 KW, les onduleurs autonomes utilisent des batteries pour le stockage et des contrôleurs de charge pour assurer la durabilité de ces batteries, La fréquence et la forme d'onde (amplitude et phase) de la tension de sortie sont imposées à la charge, c'est-à-dire elle sont propres à ce type d'onduleur. Dans cette catégorie, on distingue aussi :

- A fréquence fixe : utilisé comme source de secours ou alimentation sans coupure, il est alimenté le plus souvent à partir d'une batterie d'accumulateurs (cas de PC, salles d'informatique...). Il est utilisé aussi pour l'alimentation des charges inductives (fours à induction, ...) mais dans ce cas tous les onduleurs sont monophasés.
- A fréquence variable : dans ce cas il utilisé pour la variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés [2].

Les onduleurs sont les convertisseurs statiques continus alternatifs permettant de fabriquer une source de tension alternative à partir d'une source de tension continue. Le signal alternatif en sortie peut être sinusoïdal ou non, de fréquence fixe ou variable. Les onduleurs autonomes sont constitués par des interrupteurs de puissance (MOSFET, IGBT, thyristors...) qui sont pilotés par des différents types de commande en vue d'obtenir des formes tensions et des courants qui sont proches de la forme sinusoïdale [2].

### I.3.3. Onduleur monophasé

Le principe de fonctionnement d'un onduleur est basé sur l'électronique de commutation, on génère une onde de tension alternative à partir d'une tension continue. Ce type d'onduleur qui délivre en sa sortie une tension alternative monophasée, est généralement destinée aux alimentations de secours. Trois classes d'onduleurs monophasés sont à distinguer, suivant leur topologie [4].

#### I.3.3.1. Onduleur monophasé en pont (pont H)

Ce type d'onduleur comporte quatre diodes montées en antiparallèle sur quatre interrupteurs électroniques unidirectionnels et commandés comme l'indique dans Figure I.2. La tension de sortie a une valeur réglable grâce au décalage de l'angle d'allumage des interrupteurs statiques [4].

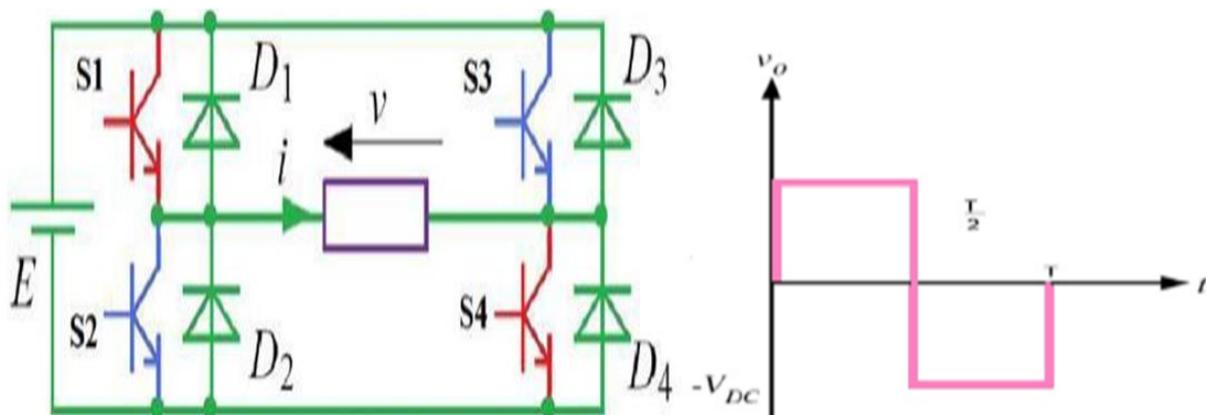


Figure I.2 : Onduleur monophasé en pont

L'onduleur en pont est représenté en Figure I.2 il comporte quatre interrupteurs de puissance désignées par  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  et  $S_4$ .

Quand S1 – S2 sont Fermé (On) et S3 – S4 sont Ouvert (Off) pour  $t_1 < t < t_2$  on obtient une alternance positive  $U(t) = V_{dc}$  comme la montre la Figure I.2.1 ci-dessous [5]:

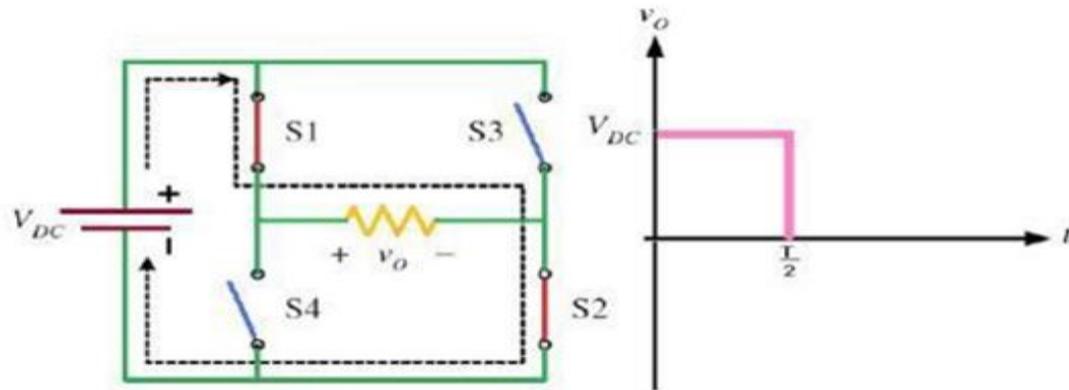


Figure I.2.1 : alternance positive

Quand S1– S2 sont Ouvert (Off) et S3 – S4 sont Fermé (On) pour  $t_2 < t < t_3$  on obtient une alternance négative  $U(t) = -V_{dc}$  comme la montre la Figure I.2.2:

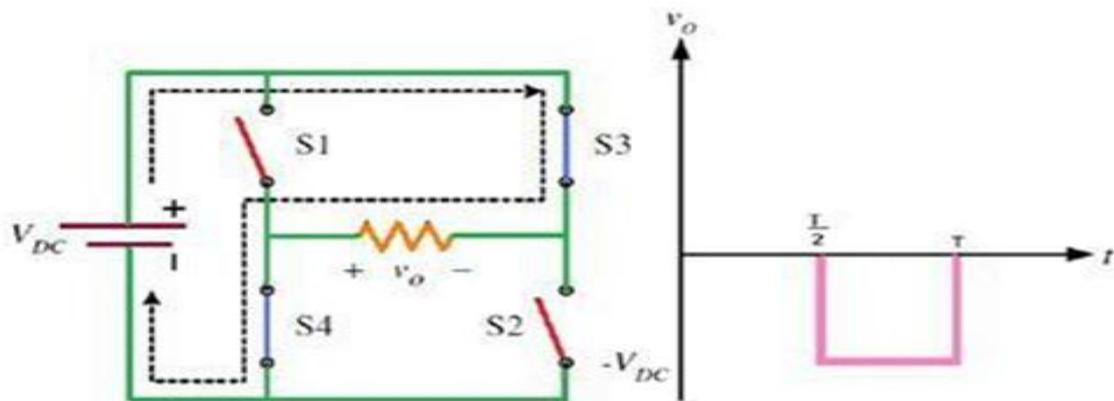


Figure I.2.2 : alternance négative

Pour éviter le court-circuit de la source de tension continue, Deux interrupteurs du même bras ne peuvent pas conduire simultanément [6].

### I.3.3.2. Onduleur monophasé en demi-pont

Dans ce type de montage Figure I.3 , on fait l’hypothèse que la capacité «C » Des deux condensateurs est suffisamment grande pour que l’on puisse considérer qu’en régime permanent la tension à leur borne reste toujours égale à  $E/2$  [5].

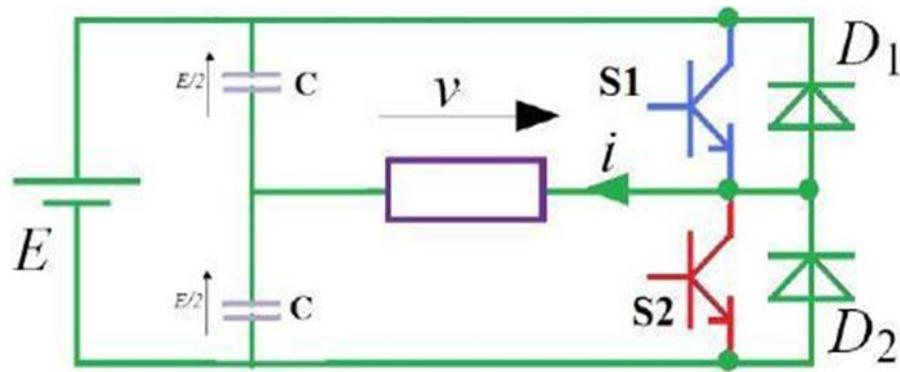


Figure I.3 : Onduleur monophasé en demi-pont.

L'intérêt des montages en pont ou en demi-pont réside dans l'utilisation d'une seule source de tension E.

La diode parallèle est utilisée quand le courant dans le commutateur est négatif La diode inverse est décentrée quand le courant est positif dans le commutateur [7].

### I.3.4. Onduleur triphasé

L'onduleur triphasé se comporte de trois phases dont les ondes de tension sont déphasées respectivement de 120 l'une par rapport à l'autre, nous intéresserons uniquement à la structure de l'onduleur à trois bras et à interrupteurs en série. Il faut représenter par la Figure I.4 [2].

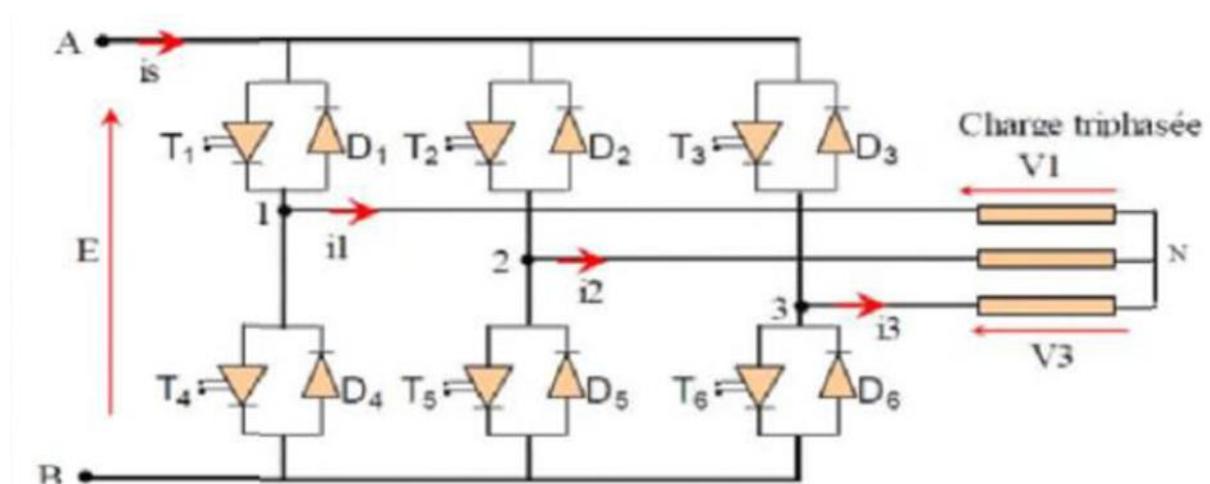


Figure I.4 : Onduleur triphasé

**I.4. Les Différentes Techniques de commande des Onduleurs**

L'objectif de la commande est de générer les ordres de l'ouverture et de fermeture des interrupteurs de sorte que la tension créée par l'onduleur soit la plus proche de la tension de référence.

**I.4.1. Commande Par Modulation de Largeur d'Impulsion**

La modulation de largeur d'impulsion (en anglo-saxon pulse width modulation) consiste à adapter une fréquence de commutation supérieure à la fréquence des grandeurs de sortie et à former chaque alternance d'une tension de sortie d'une succession de créneaux de largeurs convenables. Cette technique peut être considérée comme une extension du principe de la commande par découpage ou la durée des impulsions n'est plus régulière mais choisie de façon à supprimer le maximum d'harmoniques de rangs faibles difficiles à filtrer [8].

Le principe de base de la modulation de largeur d'impulsion est sur le découpage d'une pleine onde rectangulaire. Ainsi la tension de sortie de l'onduleur est formée par une succession de créneaux d'amplitude égale à la tension d'alimentation (continue) et de largeur variable. La technique la plus répandue pour la reproduction d'un signal MLI est de comparer un signal triangulaire appelé porteuse de haute fréquence à un signal de référence appelé modulatrice et qui constitue l'énergie du signal recueilli à la sortie de l'onduleur. D'autres techniques de MLI existent également dans la littérature comme la MLI à échantillonnage régulier où on peut distinguer deux méthodes [9]:

- La MLI à échantillonnage régulier symétrique où la référence est échantillonnée à chaque période de la porteuse.

**I.4.1.1. Les Différentes possibilités de la génération des signaux MLI [8]**

Pour obtenir des signaux MLI il existe trois techniques sont :

- Technique analogique.
- Technique digitale.
- Technique hybride.

I.4.2. Commande adjacente

Cette commande à générer deux signaux carrés de rapport cyclique égale (0.5) pour la commande alternée des deux interrupteurs simultanément T1.T4 et T2.T3 Figure I.5 .

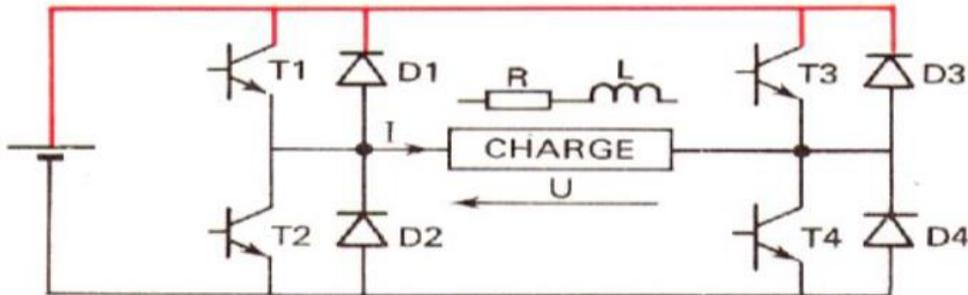


Figure I.5 : Circuit de commande adjacente

La forme de la tension de sortie de cette technique pour les deux types de charge est donnée par la Figure I.6. Pour une charge résistive.

Cette technique ne permet pas d’agir sur la valeur efficace et l’amplitude de terme fondamental de la tension de sortie. La présence des harmoniques d’ordre inférieur influent sur la tension de sortie, ce qui nécessite un filtrage de ces harmoniques (inconvenient majeur) [8].

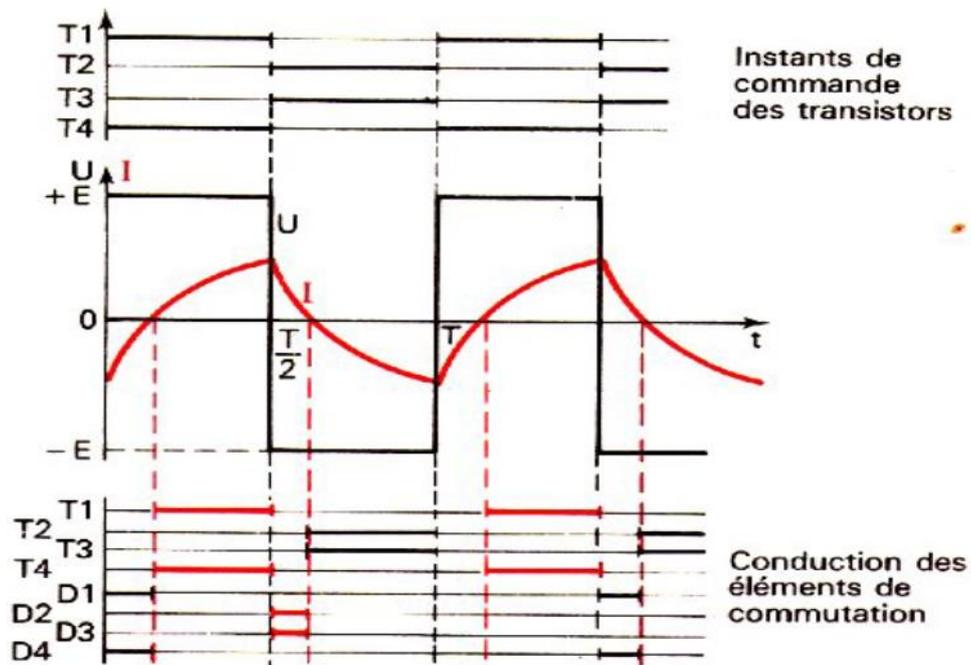


Figure I.6 : La forme de la tension de sortie.

I.4.3. Commande en Onde en Marche D'escalier

L'idée de base est de synthétiser une onde sinusoïdale à l'aide un échelon en effectuant des combinaisons séries des sources continues identiques. Pour obtenir la courbe présentée par la Figure I.7, il nécessite d'utiliser quatre commutateurs montés en pont. C'est un compromis entre les deux montages précédents, on commande T1, T2 en complémentaires, mais on décale T3, T4 qui sont eux aussi commandes en complémentaires. Dans tous les cas, il n'y a que 2 éléments semi-conducteurs qui conduisent en même temps.

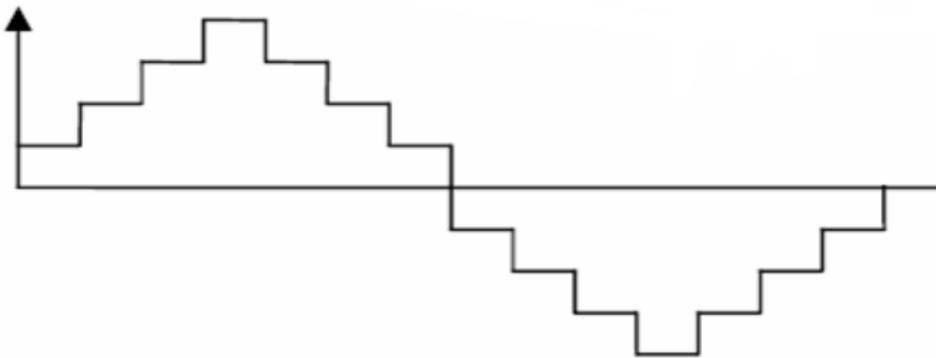


Figure I.7 : la courbe après utiliser quatre commutateurs montés en pont.

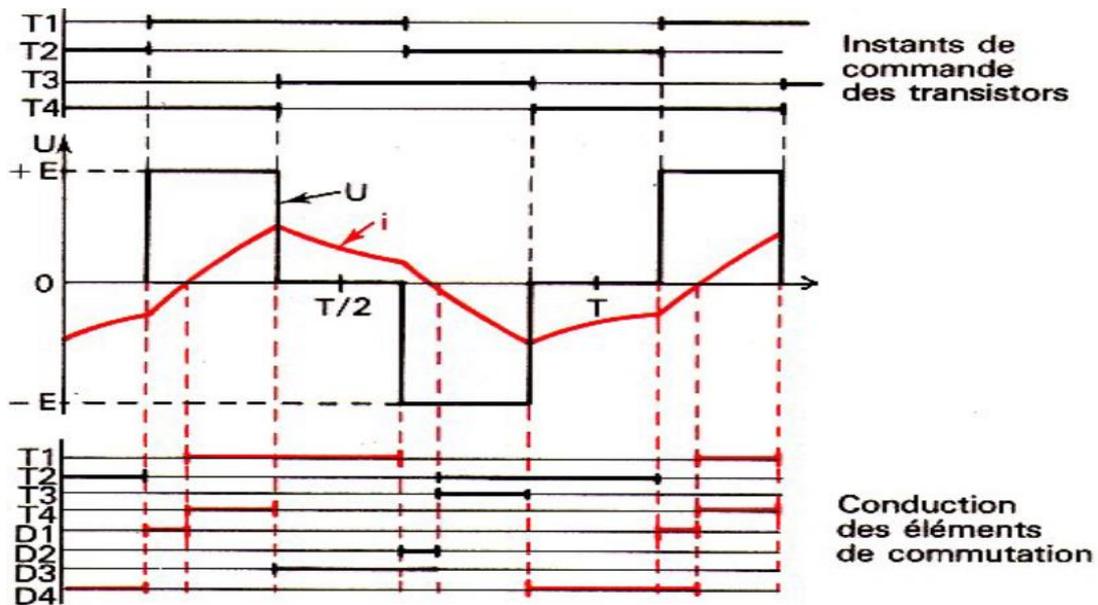


Figure I.8 : La forme de la tension de sortie

Ce type de commande est assez utilisé en monophasé. Il permet de diminuer le taux d'harmonique. On peut faire varier la tension de ce montage en faisant varier l'angle de décalage ; on obtient les meilleurs résultats, avec un décalage de  $T/6$  [8].

### **I.5. Applications des Onduleurs monophasé [4]**

#### **I.5.1. Applications domestiques**

- Alimentation des appareils électroniques (TV, PC, magnétoscopes, ...)
- Électroménager (aspirateur, réfrigérateur, lave-linge, lave-vaisselle, robots culinaires, ...).
- Actionneurs domotiques (volets roulants, stores électriques, ...), Éclairage et chauffage.

#### **I.5.2. Applications industrielles**

- **A - Commande de moteur**

- Compresseurs et pompes, grue, textile, Forage pétrolier.
- Machine-outil, variation de vitesse.

- **B- Alimentations**

- Accélérateurs de particules.
- Chargeur de batterie.
- Soudage à l'arc.
- Onduleurs de secours.

#### **I.5.3. Transport**

- Réseaux de bord d'avion, commande électrique.
- Traction électrique (trains, métros, voitures électriques, ...).
- Propulsion électrique des navires, génération d'électricité à bord des navires.
- Génération de l'énergie électrique par des cellules photovoltaïques, les stations spatiales [4].

**I.5.4. Production et Distribution de l'électricité**

- Compensateur de puissance réactive et filtrage actif (augmenter le facteur de puissance d'une installation et limiter les harmoniques de courant sur le réseau).
- Dispositif de stockage de l'énergie [4].

**I.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné des généralités sur les onduleurs : leurs fonctionnements, leurs constitutions physiques élémentaires et leurs applications.

Dans le chapitre suivant, nous allons vous présenter les différents composants utilisés pour la réalisation du notre onduleur.

## II. Les différents composants de l'onduleur

### II.1. Introduction

Dans le cadre de notre formation, nous allons réaliser un projet d'études et réalisations en électronique de puissance. Le but de ce projet est de mettre en œuvre nos compétences sur la conception et la réalisation d'un système électronique. Nous avons choisi de réaliser un onduleur ; le but étant d'avoir une tension de 220V alternatif à partir d'une tension de 12V Continu. Nous allons donc commencer par établir un cahier des charges. Nôtre étude s'effectuera de deux parties différentes ; tout d'abord l'étude d'un onduleur pour passer d'une tension continue en une tension alternative.

L'onduleur est l'un des montages les plus répandus de l'électronique de puissance. Il intervient comme élément de nombreux convertisseurs :

- Les nombreux dispositifs nécessitant de fonctionner à une fréquence particulière :
  - Les générateurs d'ultrasons ou d'électricité utilisés dans le domaine médical.
  - L'alimentation des lampes fluorescentes basse consommation.
  - Les alimentations de secours et les alimentations non interruptibles.
- Les variateurs de vitesse des machines alternatives : la tension du réseau est redressée puis un onduleur préfabriqué une tension dont la fréquence est réglable par l'utilisateur.
- Certains convertisseurs continu-continu : la tension continue est d'abord ondulée en haute fréquence (quelques dizaines de kHz) puis appliquée à un transformateur en ferrite puis enfin redressée.
- Les filtres actifs : pour éliminer des bruits (électriques ou sonores) ont produits des contre-bruits à l'aide d'onduleurs. (techno-science.net s.d.)

L'oscillateur électronique est un circuit dont la fonction est de produire un signal électrique périodique, de forme sinusoïdale, carrée, en dents de scie, ou quelconque. L'oscillateur peut avoir une fréquence fixe ou variable. Il existe plusieurs types d'oscillateurs électroniques ; les principaux sont :

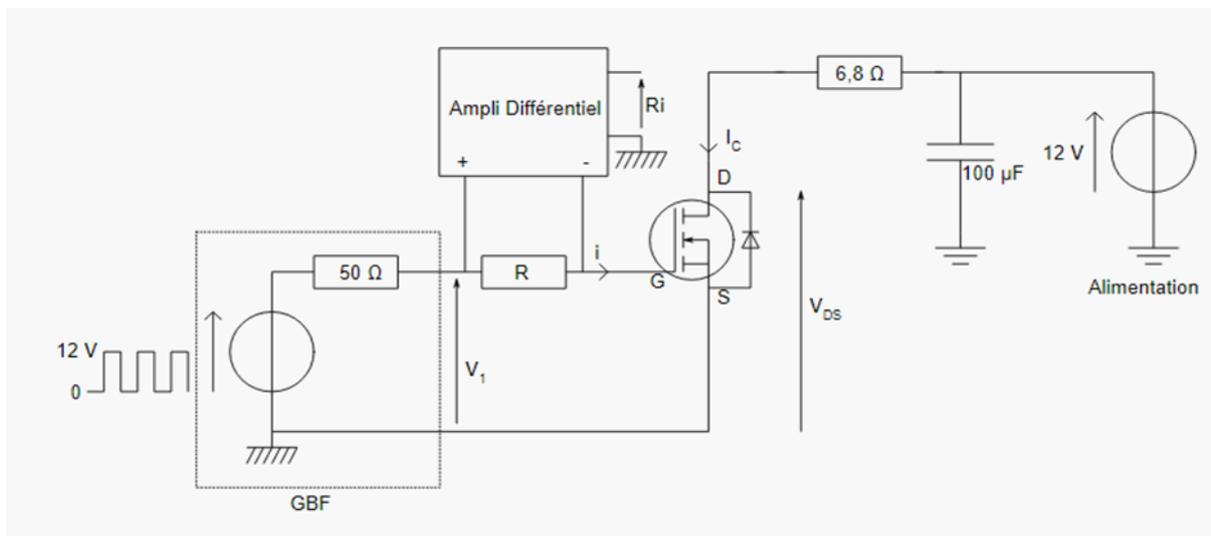
- Oscillateurs à circuit LC et un étage amplificateur, HF le plus souvent.
- Oscillateurs à déphasage avec étage RC, qui délivrent des signaux sinusoïdaux : l'exemple-type est l'oscillateur à pont de Wien<sup>1</sup>.
- Générateur de créneaux.

- Oscillateur à quartz, très stable et de haute précision grâce à des résonateurs à micro-onde ; ils sont utilisés dans les horloges atomiques.

On attend le plus souvent d'un oscillateur : soit la stabilité de fréquence de ses oscillations, soit la stabilité de l'enveloppe du signal. On classe donc les oscillateurs en deux types : les oscillateurs harmoniques qui produisent un signal sinusoïdal, et les oscillateurs à relaxation, plutôt employés pour la mesure du temps ou le cadencement des processus.

On peut créer des oscillations en exploitant certains effets physiques, comme de traiter des impulsions électriques par une diode Gunn, dont les caractéristiques présentent une résistance apparente négative. On peut ainsi obtenir des signaux très simples. (wikipedia s.d.).

Le transistor MOSFET (Métal Oxyde Semi-conducteur Field Effect Transistor) enrichi à grille isolée est utilisé en électronique de puissance pour alimenter des charges en commutation. Les applications sont nombreuses : alimentation à découpage, onduleur, alimentation de moteurs, ampli audio de classe D, etc. (Transistor MOSFET de puissance s.d.) Le montage suivant permet d'étudier la commutation d'un MOSFET Figure II.1.



**Figure II.1 : Le montage d'un MOSFET.**

L'aire de sécurité fixe les limites de la tenue courant tension pour le drain d'un transistor MOSFET qui est définies par la Figure II.2 :

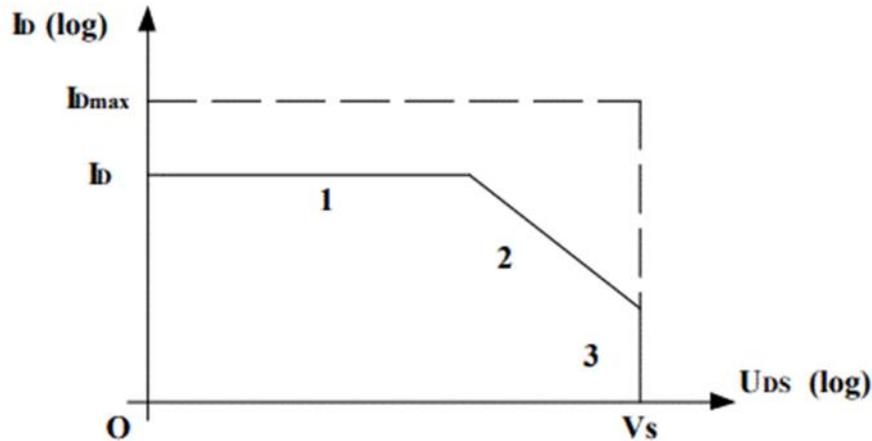


Figure II.2 : Aire de sécurité d'un transistor MOSFET.

- 1 : La limite du courant maximal ID
- 2 : La limite de la puissance de dissipation maximale P<sub>MAX</sub>
- 3 : La limite de la tension U<sub>DS</sub> maximale V<sub>S</sub>...
- Le courant en trait interrompue limite l'aire de sécurité pour un fonctionnement en régime impulsif d'une durée de 1μs. (Réalisation pratique de l'onduleur monophasé s.d.)

Circuit astable : Le circuit comporte deux boucles de contre-réaction : une négative via la résistance R et le condensateur C, ainsi qu'une positive via un pont diviseur de tensions. Si l'on ne considère que la réaction positive, on reconnaît aisément un trigger de Schmitt inverseur. On compare la tension V<sub>+</sub> à la tension aux bornes de la capacité C, il y aura donc une notion de temps à prendre en compte (charge/décharge de C). Établissons dans un premier temps les équations des tensions d'entrée de l'AOP Figure II.3 : (electronique.aop s.d.)

$$\begin{aligned}
 V_+ &= V_s \frac{R_1}{R_2 + R_1} = \alpha V_s \\
 I &= -C \cdot \frac{dV_c}{dt} = -C \frac{dV_-}{dt} \\
 V_- - V_s &= R \cdot I = -RC \frac{dV_-}{dt} \\
 \Leftrightarrow V_- + RC \frac{dV_-}{dt} &= V_s
 \end{aligned}$$

Figure II.3 : les équations des tensions d'entrée de l'AOP.

## II.2. Cahier des charges de l'onduleur

Le but de ce projet est de réaliser un onduleur qui répond aux spécifications :

- Tension d'entrée 12V, CC fournie par une batterie ou des panneaux solaires.
- Tension de sortie sinusoïdale 220VRMS, 50Hz.
- Utilise un circuit intégré TL494.
- Utilise 8 MOSFET IRF3205.
- Utilise un transformateur à point milieu.

### **II.3. IRF3205 (MOSFET)**

#### **II.3.1. Présentation de l'IRF3205 (MOSFET)**

IRF3205 a été introduit par un redresseur international. L'objectif principal de l'introduction de ce dispositif est de générer une résistance extrêmement faible par zone de silicium. Il s'agit d'un MOSFET de puissance qui est principalement basé sur la technologie Advance Process et est donc largement utilisé dans les applications nécessitant une commutation rapide. L'IRF3205 est également connu sous le nom de dispositif contrôlé en tension car il s'agit d'un MOSFET de puissance et il comprend 3 bornes principales appelées grille, source et drain. La tension fournie à la borne de porte peut être utilisée pour gérer la connectivité des deux autres bornes présentées dans la Figure II.4. La température de fonctionnement de 175°C ainsi que la faible résistance thermique offerte par cet appareil. En font un choix approprié pour être utilisé pour la dissipation de puissance d'environ 50 watts avec les applications industrielles commerciales. Par rapport aux autres MOSFET, l'IRF3205 est différent car il est doté d'une couche d'oxyde épaisse à la borne de la grille et ne peut pas être endommagé lorsqu'il est exposé à une tension d'entrée élevée, tandis que d'autres MOSFET peut être endommagés lorsqu'ils sont utilisés dans des circuits entraînant une tension d'entrée élevée car ils ont une mince couche d'oxyde affectant ainsi les performances globales de ce dispositif [15].

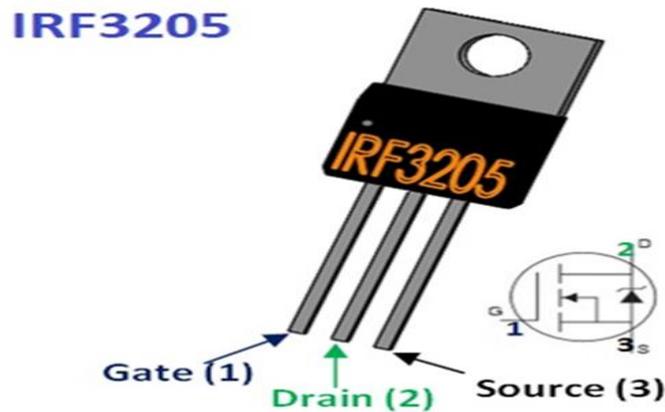


Figure II.4 : Le IRF3205.

Ce MOSFET de puissance peut également être utilisé pour faire fonctionner des moteurs à courant continu haute puissance, des applications industrielles ainsi que des outils électriques car cet ensemble offre des courants nominaux élevés [15] Figure II.5.

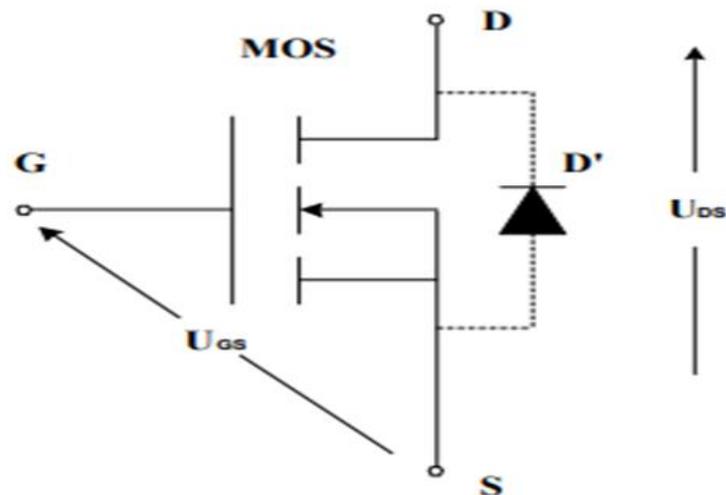


Figure II.5 : Schéma électrique du MOSFET.

### II.3.2. La configuration des broches de l'IRF3205 est la suivante

- La broche 1 est utilisée comme borne de porte représentée par G et la tâche principale de cette broche est de s'assurer que le flux de courant entre la source et le canal de drain ne dépasse pas la valeur maximale.
- La broche 2 est utilisée comme borne de drain et est représentée par D et l'émission d'électrons a lieu à cette borne.
- La broche 3 est utilisée comme borne source et est représentée par S et est utilisée pour collecter la borne émise du drain.

Le flux de courant dépend du mouvement des électrons et la direction du flux de courant dans cet appareil va de la borne de drain à la borne de source. Le courant observé à la borne de sortie dépend de la tension appliquée en entrée à la borne de grille [15].

### **II.3.3. APPLICATIONS DE L'IRF3205**

IRF3205 est utilisé dans de nombreuses applications, mais certaines des principales applications dans lesquelles cette puce est largement utilisée sont les suivantes :

- Pont complet du consommateur
- Applications commerciales et industrielles
- Pont complet
- Applications à commutation rapide
- Pousser tirer
- Hachoirs
- Contrôle de vitesse
- Booster les convertisseurs
- Onduleur solaire

Voilà qui conclut cet article. Nous n'espérons que chaque point lié à IRF3205. Cependant, s'il y a une ambiguïté ou une confusion dans cet article, nous vous encourageons à poser votre question dans la section commentaires ci-dessous. Nous ferons de notre mieux pour vous aider de la meilleure façon possible. Vos suggestions liées à cet article sont très appréciées [15].

### **II.3.4 Fonctionnement De L'IRF3205**

Les bornes de drain, de grille et de source de ce MOSFET de puissance sont analogues aux bornes d'émetteur, de base et de collecteur présentes dans le transistor à jonction bipolaire. La source ainsi que le drain de ce MOSFET de puissance sont fabriquées en utilisant un matériau de type n. Le composant du corps de ce MOSFET de puissance ainsi que le substrat sont fabriqués en utilisant un matériau de type p. Afin de donner la construction d'oxyde métallique semi-conducteur, une couche supplémentaire d'oxyde de silicium est présente sur la couche de substrat. Le processus de conduction s'effectue avec le mouvement des électrons rendant ainsi ce dispositif unipolaire. Afin d'isoler la borne de grille de tout le corps du dispositif, une couche isolante doit être insérée. La zone entre la source et le drain est connue sous le nom de canal N. Ce canal N est contrôlé à l'aide du niveau de tension présent à la borne

de la grille. Par rapport au BJT, le MOSFET avait l'habitude de garder une longueur d'avance et la raison en est qu'aucun courant d'entrée n'est nécessaire pour contrôler une grande quantité de courant qui est censée être présente sur les deux autres terminaux restants. Si une tension positive est appliquée à la structure MOS, la distribution de charge dans le dispositif est modifiée de telle sorte que les trous présents sous la couche d'oxyde doivent faire face à une force, provoquant ainsi le déplacement des trous vers le bas. Cependant, vous devez garder à l'esprit que les charges négatives bornées sont toujours connectées aux atomes accepteurs et qu'elles sont responsables de l'afflux de la région d'appauvrissement. Si les électrons sont appliqués avec abondance, ils s'avéreront utiles tout en augmentant la conductivité de l'ensemble du canal, provoquant ainsi un changement dans le substrat pour le convertir en matériau de type N [15].

#### **II.4. Le transformateur**

Un transformateur est un appareil qui permet de convertir une tension alternative donnée en une autre tension alternative, en augmentant ou en abaissant sa valeur, sans en changer la fréquence. Un transformateur possède une isolation galvanique entre son entrée (primaire) et sa sortie (secondaire). Il est doté d'un ou plusieurs enroulements (bobinage) primaires, et d'un ou plusieurs enroulements secondaires [10] [11].

Le principe de fonctionnement repose sur le transfert d'énergie par mutuelle inductance (induction électromagnétique): le courant alternatif qui parcourt l'enroulement primaire crée un champ magnétique, qui est capté par l'enroulement secondaire qui le transforme alors en courant. Le rapport de transformation est lié au nombre de spires de l'enroulement primaire, par rapport au nombre de spires de l'enroulement secondaire. Par exemple si l'enroulement secondaire comporte 50 spires alors que l'enroulement primaire en comporte 500, le rapport de transformation sera d'environ 10. En appliquant une tension de 240V au primaire, le secondaire délivrera une tension d'environ 24V. En pratique, le transfert d'énergie ne peut être total, une certaine quantité étant perdue. Le transformateur possède une caractéristique mentionnant cette propriété, il s'agit du coefficient de couplage, qui pourra être optimisé en choisissant les matériaux et les formes qui conviennent. Parfois, au primaire comme au secondaire, il peut n'y avoir qu'un seul enroulement, mais avec une ou plusieurs prises intermédiaires. Il est important de retenir que le transformateur, de par sa nature, ne peut transmettre de tension continue, et est limité au transfert de tension alternative, dont la plage d'amplitude et de fréquence dépendent

de son type. Il existe plusieurs sortes de transformateurs dédiés à divers domaines : audio, secteur, ha) Figure II.6.



**Figure II.6 : Le transformateur**

#### **II.4.1. Constitution d'un transformateur**

Il est constitué de deux parties principales, le circuit magnétique et les enroulements Figure II.7.



**Figure II.7 : Schémas des tôles d'un transformateur monophasé.**

### II.4.2. Le circuit magnétique

Le circuit magnétique d'un transformateur est soumis à un champ magnétique variable au cours du temps. Pour les transformateurs reliés au secteur de distribution, cette fréquence est de 50 ou 60 Hertz. Le circuit magnétique est le plus souvent feuilleté pour diminuer les pertes par courant de Foucault, qui dépendent de l'amplitude du signal et de sa fréquence. Pour les transformateurs les plus courants, les tôles empilées ont la forme de E et de I, donnant la possibilité ainsi de glisser une bobine au sein des fenêtres du circuit magnétique ainsi constitué autre tension, HF, ...etc. [12] Figure II.8.

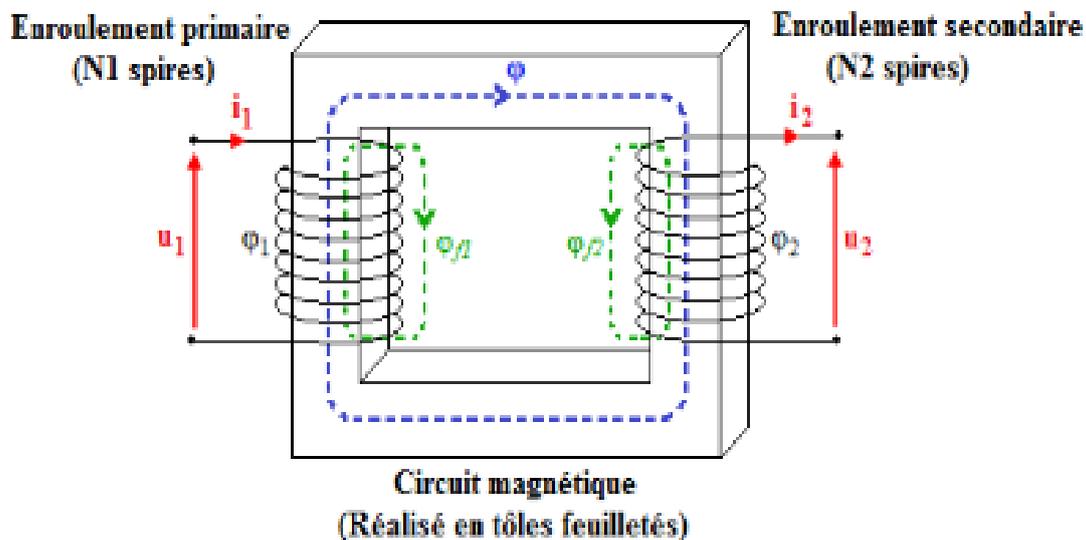


Figure II.8 : Circuit magnétique d'un transformateur monophasé.

Les circuits magnétiques des transformateurs « haut de gamme » ont la forme d'un tore. Le bobinage des tores étant plus délicat, le prix des transformateurs toroïdaux est nettement plus élevé.

Le conducteur électrique utilisé dépend des applications, mais le cuivre est le matériau de choix pour l'ensemble des applications à fortes puissances. Les fils électriques de chaque tour doivent être isolés les uns des autres pour que le courant circule dans chaque tour. Pour des petites puissances, il suffit d'utiliser des conducteurs magnétiques émaillés pour assurer cette isolation ; dans les applications à plus fortes puissances on entoure les conducteurs de papier diélectrique imprégné d'huile minérale. Pour les plus fortes puissances on utilise des conducteurs multibrins pour limiter l'effet de peau mais aussi les pertes par courants de Foucault [12].

### II.4.3. Les enroulements

Les enroulements du primaire ou du secondaire peuvent avoir des connexions externes, nommées prises, à des points intermédiaires de l'enroulement pour permettre une sélection de rapport de tension. Les prises peuvent être connectées à un changeur automatique de prises en charge pour le contrôle de la tension du circuit de distribution. Les transformateurs à fréquences audio, utilisés pour la distribution de l'audio à des haut-parleurs, ont des prises pour permettre l'ajustement de l'impédance de chacun des haut-parleurs. Un transformateur à prise médiane est fréquemment utilisé dans les amplificateurs de puissance audio. Le transformateur de modulation dans les transmetteurs à modulation d'amplitude son particulièrement identiques [12] Figure II.9.

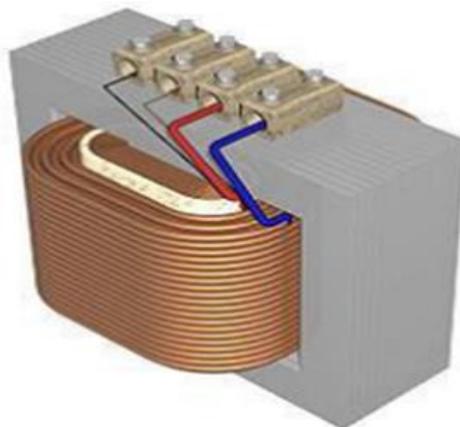


Figure II.9 : Enroulements d'un transformateur.

### II.4.4. Principe de fonctionnement d'un transformateur à point milieu

Dans ce type de transformateur nous n'avons qu'un seul primaire simple, mais le secondaire est séparé en deux parties (Figure II.10 et II.12). Les deux parties étant en contact électrique, plus précisément en série, c'est à dire non isolées entre elles.

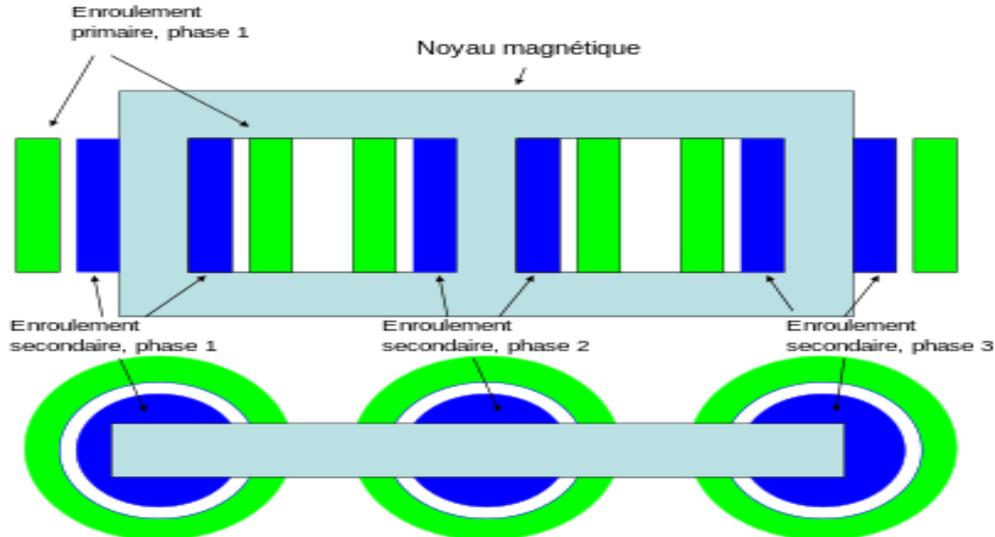


Figure II.10 : Image d'un transformateur à point milieu

On parle ici de secondaire à prise intermédiaire ou encore de secondaire à point milieu. En règle générale, les deux secondaires délivrent des tensions identiques, mais ce n'est pas une obligation. Le point milieu permet la conception d'alimentations symétriques, par exemple +15V et -15V, avec cela va de soi, l'adjonction de diodes de redressement, de condensateurs de filtrage et de régulateurs de tension [12] Figure II.13 et II.14.

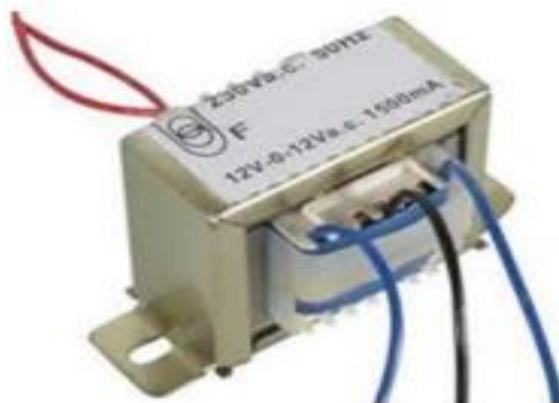


Figure II.11 : Transformateur à point milieu

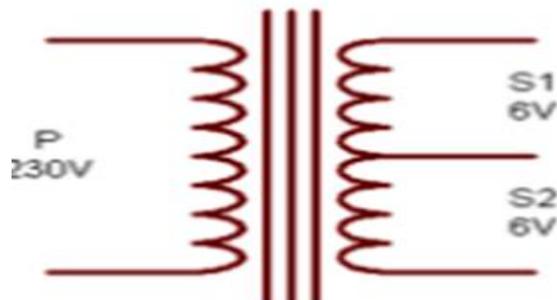


Figure II.12 : Image d'un transformateur à point milieu.

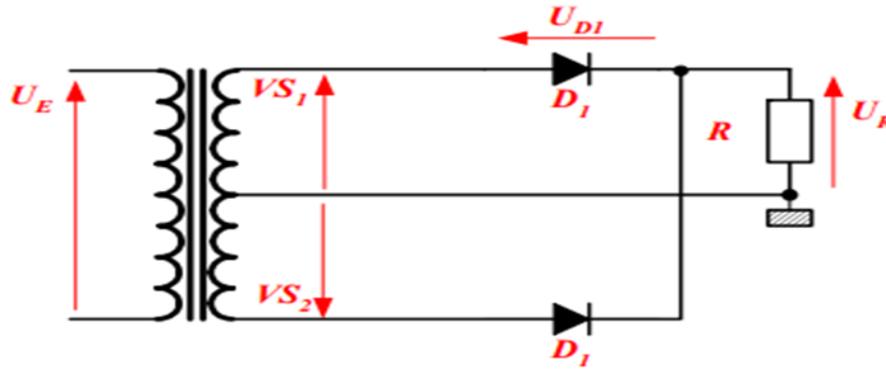


Figure II.13 : Symbole électrique d'un transformateur à point milieu.

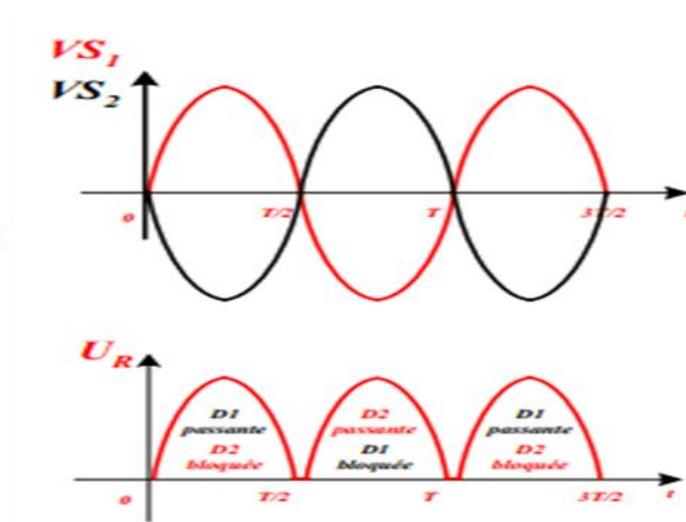


Figure II.14 : Signal d'entrée et de sortie du transformateur.

En règle générale, ce composant est utilisé pour abaisser la tension 230V du secteur à une valeur plus faible adaptée à l'alimentation d'un récepteur.

Dans le cas des onduleurs associés à une batterie produisant une tension continue de 12V ou 24 V, le transformateur va être mis en œuvre pour élever la tension de 12 V à une tension efficace de 230 V de fréquence de 50 Hz. Pour cela il faut choisir les bonnes valeurs des inductances pour les enroulements primaires ( $L_p$ ) et secondaires ( $L_s$ ) en suivant la règle suivante :

$$L_p/L_s = (V_i/V_o) \cdot 2$$

Où :

- $L_p$  est l'inductance de l'enroulement primaire ;
- $L_s$  est l'inductance de l'enroulement secondaire ;

- $V_i$  est la tension d'entrée ;  $V_o$  est la tension de sortie [12].

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Tension Max</b>              | $U_{R MAX} = U_{e MAX} - U_{D Seuil}$    |
| <b>Tension Efficace</b>         | $U_{R eff} = \frac{U_{R MAX}}{\sqrt{2}}$ |
| <b>Tension Moyenne</b>          | $U_{R Moy} = \frac{2 * U_{R MAX}}{\pi}$  |
| <b>Courant Max</b>              | $I_{MAX} = \frac{U_{R MAX}}{R}$          |
| <b>Courant Moyen dans D</b>     | $I_{D Moy} = \frac{I_{MAX}}{\pi}$        |
| <b>Courant Moyen dans R</b>     | $I_{R Moy} = \frac{2 * I_{MAX}}{\pi}$    |
| <b><math>V_{inv} (D)</math></b> | $2 * U_{R MAX}$                          |

### II.5. Le TL494

L'IC TL494 est spécialement conçu pour les circuits d'application de modulation de largeur d'impulsion à puce unique. L'appareil est principalement conçu pour les circuits de commande d'alimentation, qui peuvent être efficacement dimensionnés à l'aide de ce circuit intégré.

L'appareil est livré avec un oscillateur variable intégré, un étage de contrôleur de temps mort (DTC), une commande à bascule pour la direction par impulsions, un régulateur de précision 5 V, deux amplificateurs d'erreur et quelques circuits tampons de sortie.

Les amplificateurs d'erreur présentent une plage de tension en mode commun de - 0,3 V à  $V_{CC} - 2$  V. Le comparateur de contrôle de temps mort est réglé avec une valeur de décalage fixe pour fournir un temps mort constant de 5 % environ.

La Photo du CI TL494 est montrée dans la Figure II.15.

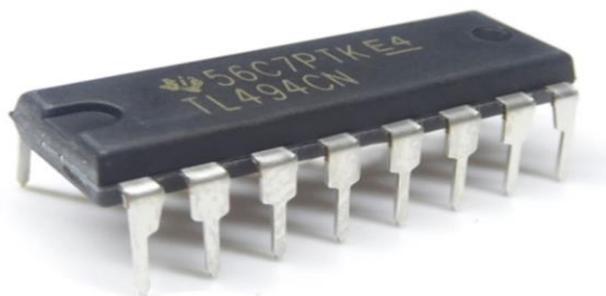


Figure II.15 : Image de CI TL494.

La fonction d'oscillateur sur puce peut être annulée en connectant la broche RT n°14 du circuit intégré à la broche de référence n°14 et en fournissant de manière externe un signal en dents de scie à la broche CT n°5. Cette fonction permet également de piloter de manière synchrone de nombreux circuits intégrés TL494 ayant différents rails d'alimentation [13].

Les transistors de sortie à l'intérieur de la puce ayant des sorties flottantes sont agencés pour fournir soit une sortie à émetteur commun, soit une installation de sortie à émetteur suiveur.

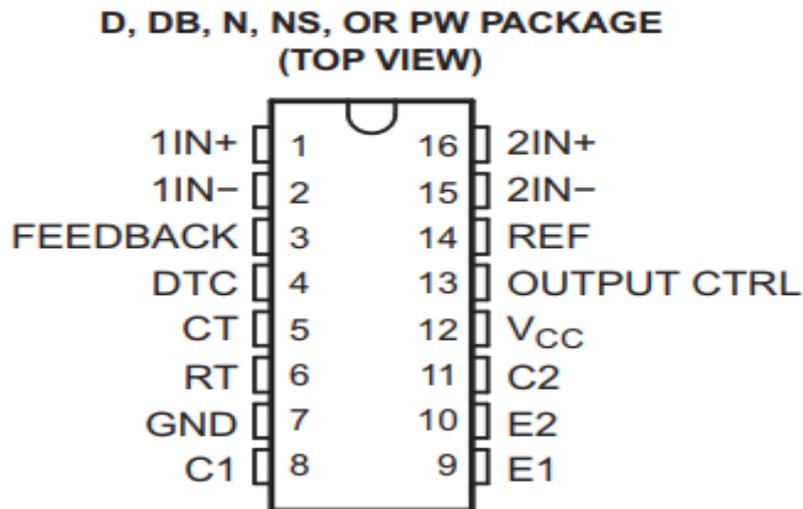


Figure II.16 :CI TL494

L'appareil permet à l'utilisateur d'obtenir soit un type push-pull, soit une oscillation à une seule extrémité sur ses broches de sortie en configurant de manière appropriée la broche n°13, qui est la broche de la fonction de contrôle de sortie.

Le circuit interne empêche l'une des sorties de produire une double impulsion, tandis que le circuit intégré est câblé en fonction push-pull [13].

### II.5.1. Fonction et configuration des broches

Le schéma et l'explication suivants nous fournissent les informations de base concernant la fonction de broche pour l'IC TL494 figure II.17.

- Pin#1 et Pin#2 (1 IN+ et 1IN-) : Ce sont les entrées non inverseuses et inverseuses de l'amplificateur d'erreur (ampli op 1).
- Pin#16, Pin#15 (1 IN+ et 1IN-) : Comme ci-dessus, ce sont les entrées non inverseuses et inverseuses de l'amplificateur d'erreur (ampli op 2).
- Pin#8 et Pin#11 (C1, C2) : Ce sont les sorties 1 et 2 du CI qui se connectent aux collecteurs des transistors internes respectifs.

- Broche n°5 (CT) : cette broche doit être connectée à un condensateur externe pour régler la fréquence de l'oscillateur.
- Broche n°6 (RT) : cette broche doit être connectée à une résistance externe pour régler la fréquence de l'oscillateur.
- Broche n°4 (DTC) : c'est l'entrée de l'amplificateur opérationnel interne qui contrôle le fonctionnement en temps mort du circuit intégré.
- Pin#9 et Pin#10 (E1 et E2) : ce sont les sorties du circuit intégré qui se connectent aux broches de l'émetteur du transistor interne.
- Broche n°3 (Feedback) : Comme son nom l'indique, cette broche d'entrée est utilisée pour l'intégration avec un échantillon de signal de sortie pour un contrôle automatique souhaité du système.
- Broche n°7 (terre) : cette broche est la broche de terre du circuit intégré, qui doit être connectée au 0 V de la source d'alimentation.
- Pin#12 (VCC) : Il s'agit de la broche d'alimentation positive du CI.
- Broche n°13 (O/P CNTRL) : cette broche peut être configurée pour activer la sortie du circuit intégré en mode push-pull ou en mode asymétrique.
- Broche n°14 (REF) : cette broche de sortie fournit une sortie constante de 5 V qui peut être utilisée pour fixer une tension de référence pour les amplis op d'erreur, en mode comparateur [13].

#### **II.5.1.1. Notes maximales absolues [13]**

- (VCC) Tension d'alimentation maximale à ne pas dépasser = 41 V
- (VI) Tension maximale sur les broches d'entrée à ne pas dépasser =  $VCC + 0,3$  V
- (VO) Tension de sortie maximale au collecteur du transistor interne = 41 V
- (IO) Courant maximum sur Collecteur du transistor interne = 250 mA
- Chaleur maximale de soudure des broches IC à 1,6 mm (1/16 pouce) du corps IC ne doit pas dépasser 10 secondes à 260 °C.
- Tstg Plage de température de stockage = -65/150 °C.

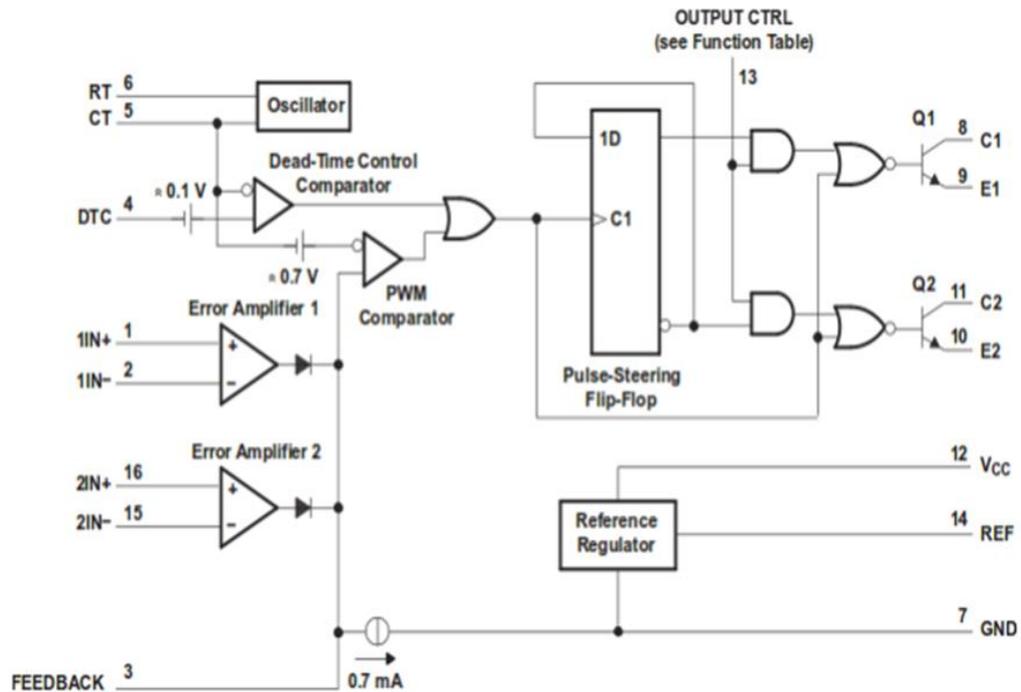


Figure II.17 : Circuit détaillé DU CI TL494.

**II.5.1.2. Conditions de fonctionnement recommandées [13]**

Les données suivantes vous donnent les tensions et courants recommandés qui peuvent être utilisés pour faire fonctionner le circuit intégré dans des conditions sûres et efficaces :

- Alimentation VCC : 7 V à 40 V
- Tension d'entrée de l'amplificateur VI : -0,3 V à VCC - 2 V
- Tension du collecteur du transistor VO = 40, courant du collecteur pour chaque transistor = 200 mA
- Courant dans la broche de rétroaction : 0,3 mA
- Gamme de fréquence de l'oscillateur fOSC : 1 kHz à 300 kHz
- Valeur du condensateur de synchronisation de l'oscillateur CT : entre 0,47 nF et 10 000 nF
- Valeur de la résistance de synchronisation de l'oscillateur RT : entre 1,8 k et 500 k Ohms.

**II.5.2. Comment utiliser IC TL494**

Dans les paragraphes suivants, nous apprenons les fonctions importantes de l'IC TL494 et comment l'utiliser dans les circuits PWM [13].

●**Vue d'ensemble** : Le circuit intégré TL494 est conçu de telle manière qu'il comporte non seulement les circuits importants nécessaires pour contrôler une alimentation à découpage, mais qu'il s'attaque en outre à plusieurs difficultés fondamentales et minimise le besoin d'étages de circuit supplémentaires nécessaires dans la structure globale [13].

Le TL494 est essentiellement un circuit de commande à modulation de largeur d'impulsion (PWM) à fréquence fixe.

La fonction de modulation des impulsions de sortie est réalisée lorsque l'oscillateur interne compare sa forme d'onde en dents de scie à travers le condensateur de synchronisation (CT) avec les deux paires de signaux de commande.

L'étage de sortie est basculé pendant la période où la tension en dents de scie est supérieure aux signaux de commande de tension.

Au fur et à mesure que le signal de commande augmente, le temps où l'entrée en dents de scie est plus élevée diminue, par conséquent, la longueur d'impulsion de sortie diminue.

Une bascule à pilotage d'impulsions guide alternativement l'impulsion modulée vers chacun des deux transistors de sortie [13].

### II.5.2.1. Régulateur de référence 5 V

Le TL494 crée une référence interne de 5 V qui alimente la broche REF. Cette référence interne permet de développer une référence constante stable, qui agit comme un pré-régulateur pour assurer une alimentation stable. Cette référence est ensuite utilisée de manière fiable pour alimenter divers étages internes du circuit intégré, tels que la commande de sortie logique, la direction d'impulsion de bascule, l'oscillateur, le comparateur de contrôle de temps mort et le comparateur PWM [13].

### II.5.2.2. Oscillateur

L'oscillateur génère une forme d'onde en dents de scie positive pour le temps mort et les comparateurs PWM afin que ces étages puissent analyser les différents signaux d'entrée de commande.

Ce sont le RT et le CT qui sont chargés de déterminer la fréquence de l'oscillateur et peuvent donc être programmés en externe [13].

La forme d'onde en dents de scie générée par l'oscillateur charge le condensateur de synchronisation externe CT avec un courant constant, déterminé par la résistance complémentaire RT [13].

Cela se traduit par la création d'une forme d'onde de tension à rampe linéaire. Chaque fois que la tension aux bornes de CT atteint 3 V, l'oscillateur la décharge rapidement, ce qui relance ensuite le cycle de charge. Le courant pour ce cycle de charge est calculé par la formule [13]:

$$I_{\text{charge}} = 3 \text{ V} / R_T \text{ ----- (1)}$$

La période de la forme d'onde en dents de scie est donnée par :

$$T = 3 \text{ V} \times T_C / I_{\text{charge}} \text{ -----(2)}$$

La fréquence de l'oscillateur est ainsi déterminée à l'aide de la formule :

$$f_{\text{OSC}} = 1 / R_T \times C_T \text{ -----(3)}$$

Cependant, cette fréquence d'oscillateur sera compatible avec la fréquence de sortie lorsque la sortie est configurée comme asymétrique. Lorsqu'il est configuré en mode push-pull, la fréquence de sortie sera 1/2 de la fréquence de l'oscillateur.

Par conséquent, pour une sortie asymétrique, l'équation n° 3 ci-dessus peut être utilisée [13].

Pour l'application push pull, la formule sera :

$$f = 1 / 2R_T \times C_T \text{ -----(4)}$$

### **II.5.2.3. Contrôle des temps morts**

La configuration des broches de temps mort régule le temps mort minimum (périodes d'arrêt entre les deux sorties).

Dans cette fonction, lorsque la tension sur la broche DTC dépasse la tension de rampe de l'oscillateur, force le comparateur de sortie à désactiver les transistors Q1 et Q2.

Le circuit intégré a un niveau de décalage réglé en interne de 110 mV qui garantit un temps mort minimum d'environ 3% lorsque la broche DTC est connectée à la ligne de masse.

La réponse du temps mort peut être augmentée en appliquant une tension externe à la broche DTC n°4. Cela permet d'avoir un contrôle linéaire sur la fonction de temps mort de 3% par défaut à un maximum de 100%, via une entrée variable de 0 à 3,3 V.

Si un contrôle de gamme complète est utilisé, la sortie peut du CI peut être régulée par une tension externe sans perturber les configurations d'amplificateur d'erreur. La fonction de temps mort peut être utilisée dans des situations où un contrôle supplémentaire du cycle de service de sortie devient nécessaire. Mais pour un bon fonctionnement, il faut s'assurer que cette entrée est terminée à un niveau de tension ou à la terre et ne doit jamais être laissée flottante [13].

#### **II.5.2.4. Amplificateurs d'erreur**

Les deux amplificateurs d'erreur du CI ont un gain élevé et sont polarisés via le rail d'alimentation VI du CI. Cela permet une plage d'entrée en mode commun de -0,3 V à VI - 2 V. Les deux amplificateurs d'erreur sont configurés en interne pour fonctionner comme des amplificateurs à alimentation unique asymétriques, dans lesquels chaque sortie n'a qu'une capacité active élevée. En raison de cette capacité, les amplificateurs sont capables de s'activer indépendamment pour satisfaire une demande PWM rétrécie. Étant donné que les sorties des deux amplificateurs d'erreur sont liées comme des portes OU avec le nœud d'entrée du comparateur PWM, l'amplificateur qui peut fonctionner avec une sortie d'impulsion minimale domine. Les amplificateurs ont leurs sorties polarisées avec un puits de courant faible afin que la sortie du circuit intégré assure un PWM maximal lorsque les amplificateurs d'erreur sont en mode non fonctionnel [13].

#### **II.5.2.5. Sortie-Contrôle Entrée**

Cette broche du circuit intégré peut être configurée pour permettre à la sortie du circuit intégré de fonctionner soit dans un mode à extrémité unique qui est à la fois une sortie oscillant ensemble en parallèle ou de manière push-pull produisant des sorties oscillantes alternativement. La broche de contrôle de sortie fonctionne en parallèle ou à une seule extrémité, la broche de contrôle de sortie est connectée à la ligne de masse en permanence. Pour cette raison, l'étage de pilotage par impulsions à l'intérieur du circuit intégré est désactivé et la bascule alternative s'arrête sur les broches de sortie. De plus, dans ce mode, les impulsions arrivant à la commande de temps mort et au comparateur PWM sont transportées ensemble par les deux transistors de sortie, permettant à la sortie de passer ON/OFF en parallèle.

Pour obtenir une opération de sortie push-pull, la broche de contrôle de sortie doit simplement être connectée à la broche de référence de sortie +5V (REF) du circuit intégré. Dans cette condition, chacun des transistors de sortie passe alternativement à ON via l'étage de bascule à pilotage par impulsions [13].

#### **II.5.2.6. Transistors de sortie**

Comme on peut le voir sur le deuxième schéma en partant du haut, la puce se compose de deux transistors de sortie, qui ont des bornes d'émetteur et de collecteur non engagées. Ces deux bornes flottantes sont conçues pour absorber (absorber) ou générer (émettre) jusqu'à 200 mA de courant. Le point de saturation des transistors est inférieur à 1,3 V lorsqu'il est configuré en mode émetteur commun, et inférieur à 2,5 V en mode collecteur commun. Ils sont protégés en interne contre les courts-circuits et les surintensités [13].

#### **II.5.2.7. Circuits d'application**

Comme expliqué ci-dessus, le TL494 est principalement un circuit intégré de contrôleur PWM. Par conséquent, les principaux circuits d'application sont principalement des circuits basés sur PWM.

Quelques exemples de circuits sont discutés ci-dessous, qui peuvent être modifiés de diverses manières selon les exigences individuelles [13].

#### **II.5.2.8. Chargeur solaire utilisant TL494**

La conception suivante montre comment le TL494 peut être configuré efficacement pour créer une alimentation à découpage 5 V/10 A.

Dans cette configuration, la sortie fonctionne en mode parallèle, et nous pouvons donc voir que la broche de contrôle de sortie n°13 est connectée à la masse. Les deux amplis d'erreur sont également utilisés très efficacement ici. Un amplificateur d'erreur contrôle le retour de tension via R8/R9 et maintient la sortie constante au taux souhaité (5V). Le deuxième amplificateur d'erreur est utilisé pour contrôler le courant maximum via R13. La tension constante, contrôleur PWM à courant constant utilisant TL494 [13] Figure II.18.

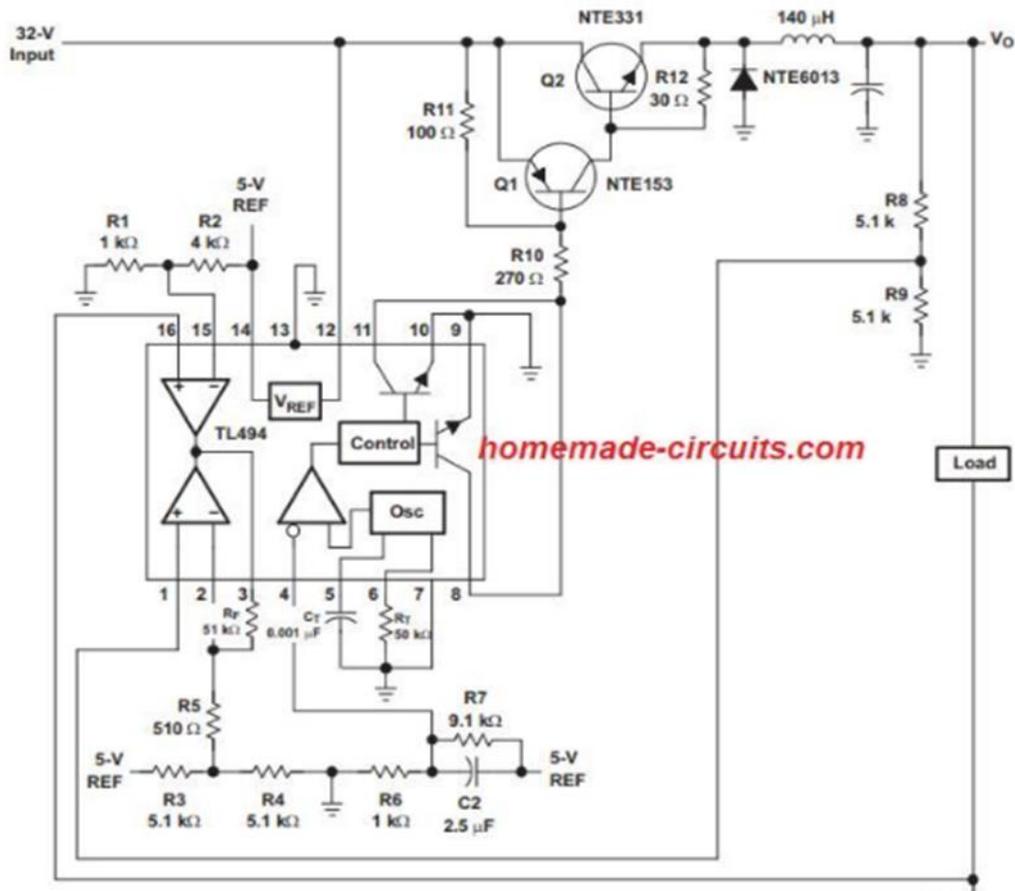


Figure II.18 : Schéma du chargeur solaire utilisant TL494.

**II.5.2.9. Onduleur TL494**

Voici un circuit inverseur classique construit autour de l'IC TL494. Dans cet exemple, la sortie est configurée pour fonctionner de manière push-pull, et donc la broche de contrôle de sortie ici est connectée à la référence +5V, qui est obtenue à partir de la broche n°14 [13]. Les premières broches sont également configurées exactement comme décrit dans la fiche technique ci-dessus Figure II.19.

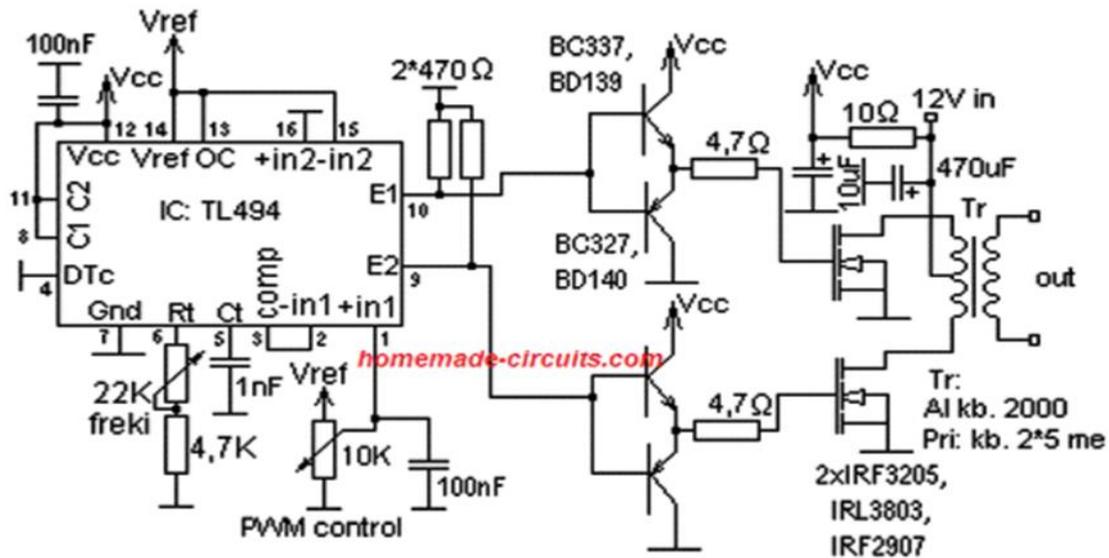


Figure II.19 : Circuit inverseur TL494 simple.

## II.6. Conclusion

L'IC TL494 est un circuit intégré de contrôle PWM avec des fonctions de contrôle de sortie et de retour très précises assurant un contrôle d'impulsion idéal pour toute application de circuit PWM souhaitée. Il est similaire au SG3525 à bien des égards et peut être utilisé comme un remplacement efficace, bien que les numéros de broches puissent être différents et pas exactement compatibles.

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents composants électroniques que nous allons utiliser dans la réalisation de notre onduleur.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter tout d'abord la simulation du fonctionnement de notre mini onduleur sous l'environnement Isis-Proteus, ensuite nous montrerons la réalisation et le test pratique du mini onduleur.

L'essor de notre réalisation pratique est basé sur une connaissance théorique préalable qui permet de composer les différents circuits à partir d'une expérimentation de test.

D'après les deux chapitres précédents on a pu avoir une idée le principe de fonctionnement de l'onduleur 12V/220V.

Dans ce dernier chapitre, on va observer les différentes étapes de l'onduleur avec des multiples essais sur Proteus.



### III.1. La simulation

Avant de détailler et expliquer la simulation de notre circuit électrique, nous avons jugé nécessaire de présenter le logiciel que nous allons utiliser (Proteus) et expliquer son principe de fonctionnement.

#### III.1.1. Proteus

Proteus est une suite logicielle permettant la CAO électronique éditée par la société Absenter Electronics [15] Figure III.1. Il est composé de deux logiciels principaux : ISIS permettant entre autres la création de schémas et la simulation électrique, et ARES dédié à la création de schémas de circuits imprimés.

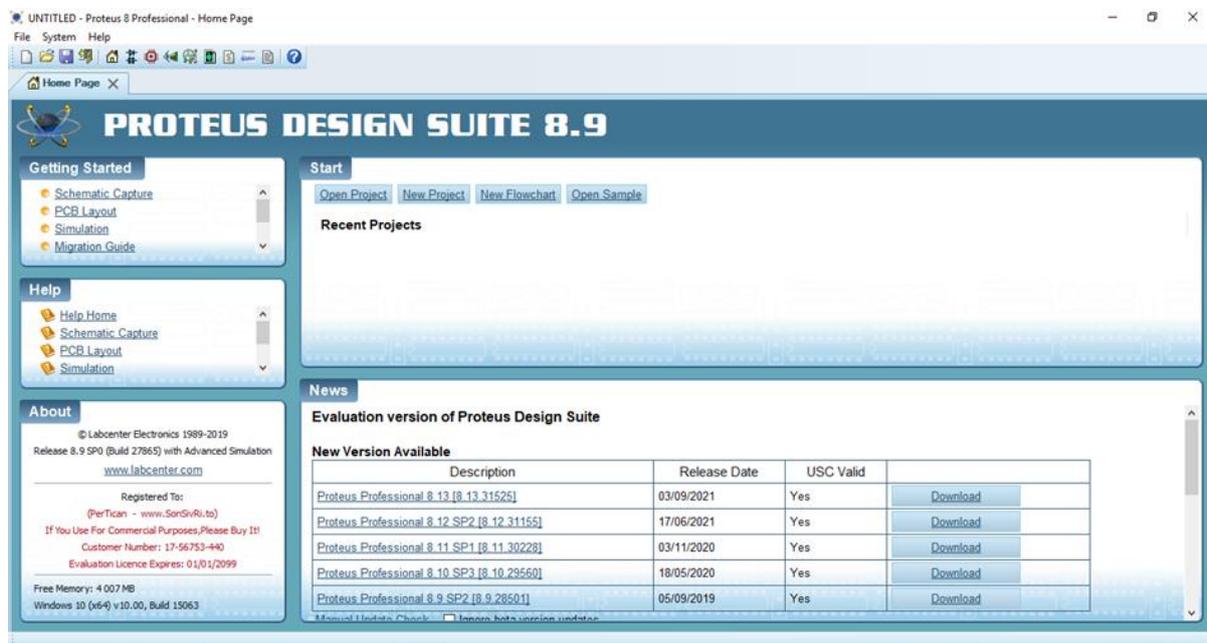


Figure III.1 : Fenêtre principale du logiciel Proteus professionnel 8.9

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages [15] [14].

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et à utiliser ;
- Le support technique est performant ;
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet.

### III.1.1.1. Logiciel ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de détecter certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits [14] Figure III.2.

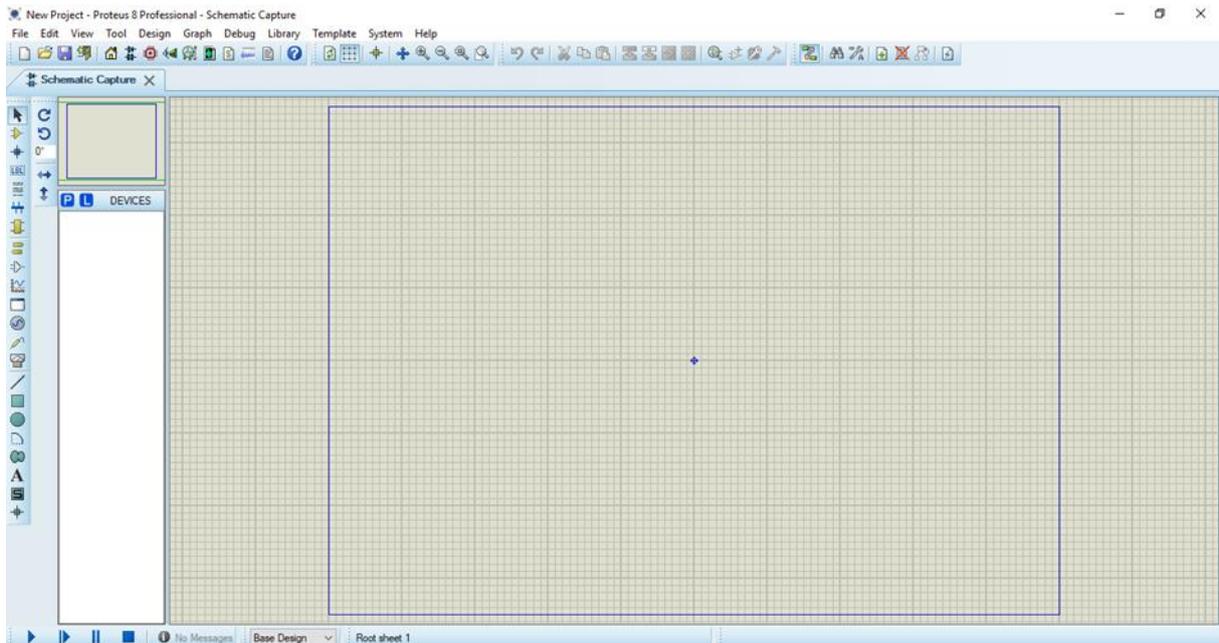


Figure III.2 : Fenêtre principale du logiciel ISIS.

### III.1.1.2. Logiciel ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complètent parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur 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 [14] Figure III.3.

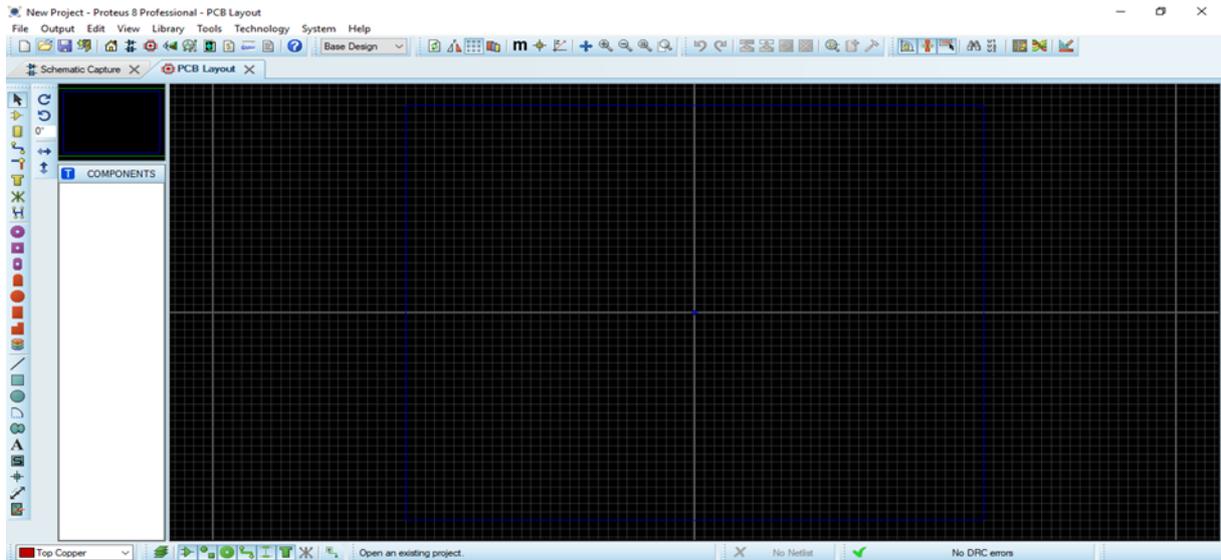


Figure III.3 : Fenêtre principale du logiciel ARES.

Après avoir défini le type de circuit à réaliser (onduleur) et déterminer les composants à utiliser, nous allons simuler notre circuit en premier temps sur le logiciel ISIS pour tester son fonctionnement, Figure II.30.

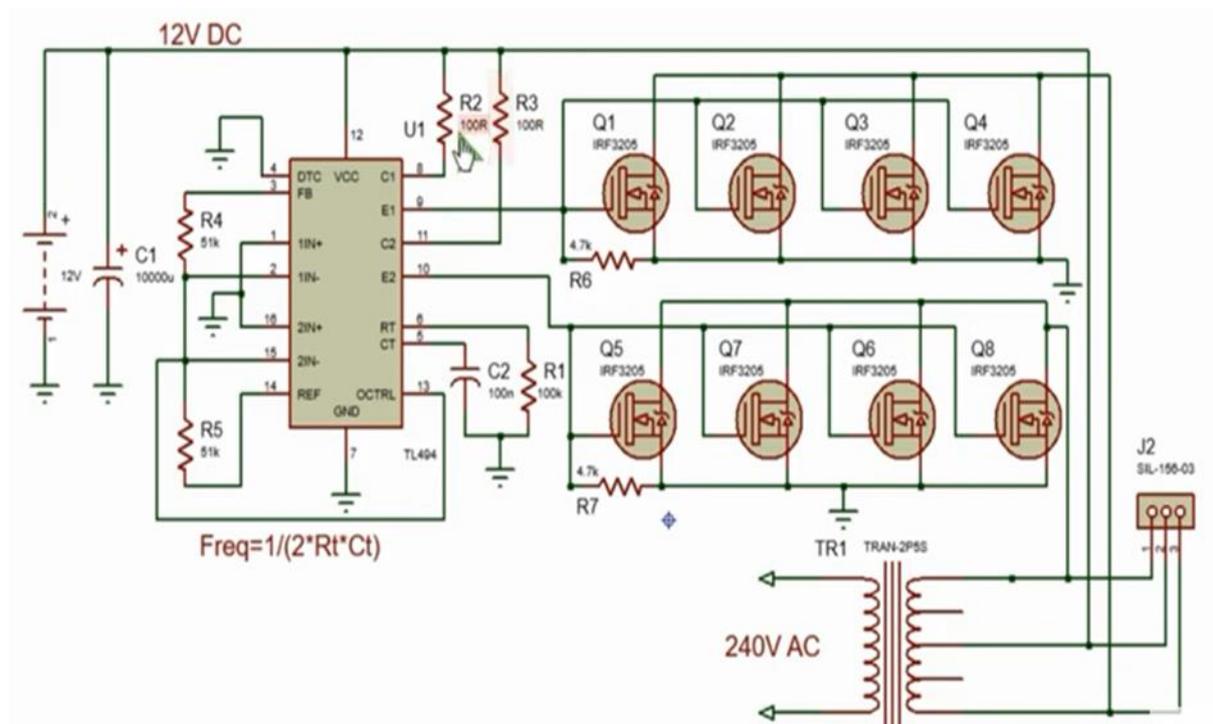


Figure II.4 : Schéma électrique du l'onduleur sous ISIS

### III.1.2. Simulation du CI TL494

On a commencé par la simulation de CI TL494, est un oscillateur qui permet d'obtenir un signal carré

On a simulé les deux sorties 9 et 10 du CI TL494 et on a visualisé le signal des deux sorties sur l'oscilloscope. On a remarqué qu'on a obtenu deux signaux carrés avec :

Fréquence : On a  $f = 1 / (2 * CT * RT)$  figure III.5 et III.6 :

$$RT = 100 \text{ k}$$

$$CT = 100 \text{ nf}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

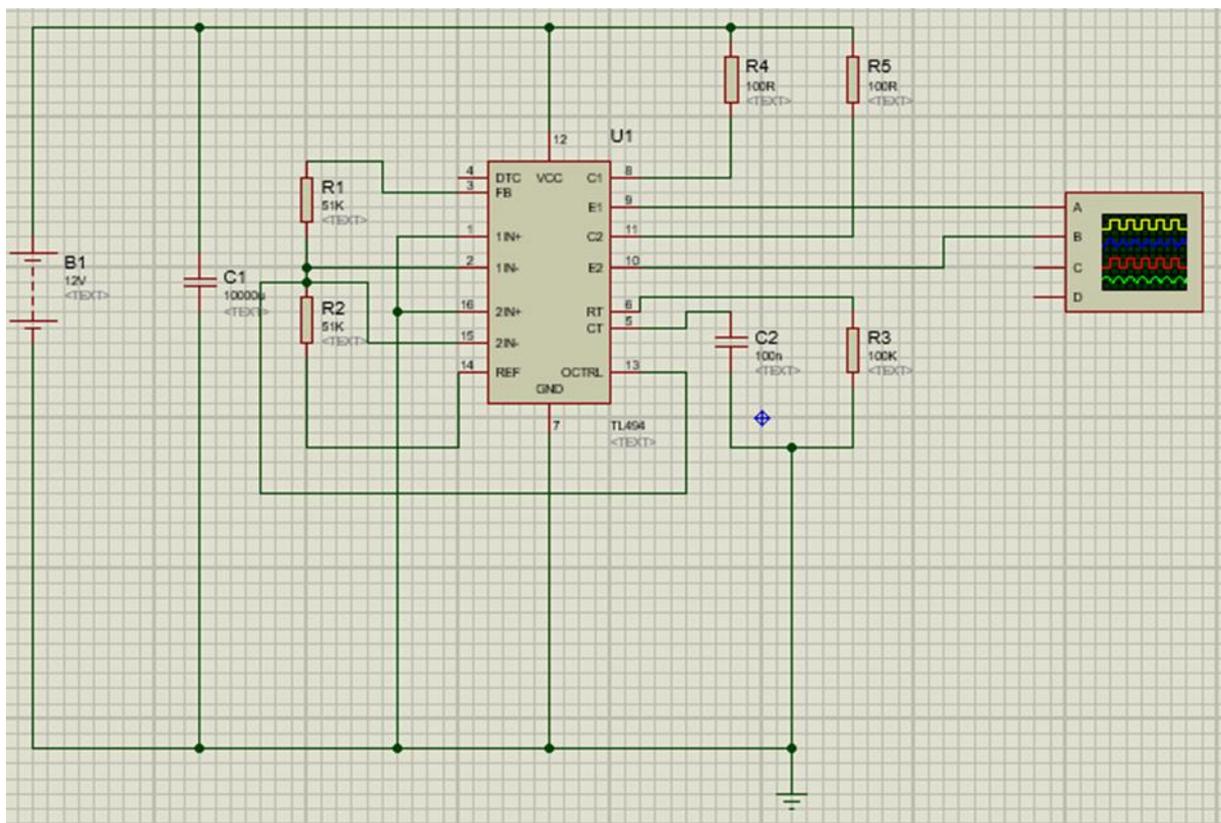


Figure 5 : Le circuit TL494 sur ISIS (oscillateur).

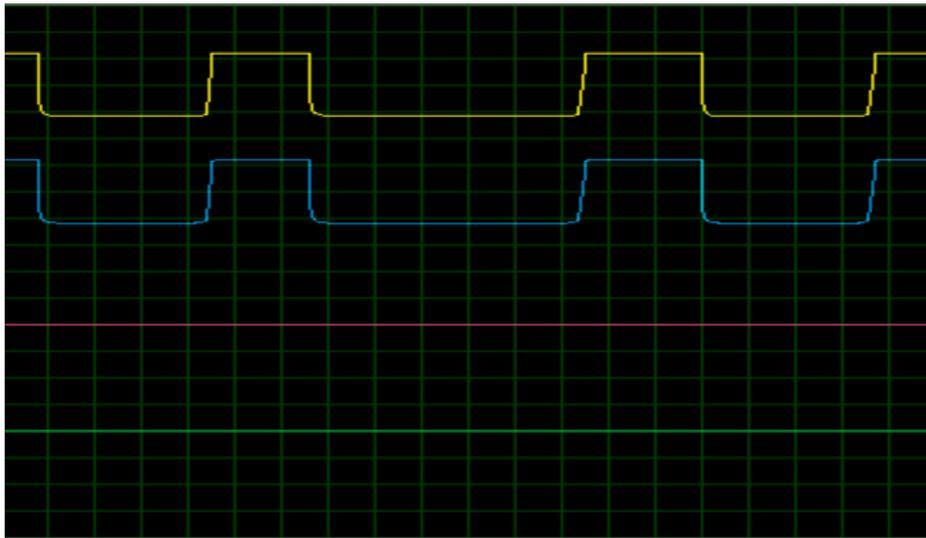


Figure 6 : Les sorties des broches 9 et 10 de TL494 sur ISIS.

### III.1.3. Simulation de l'onduleur

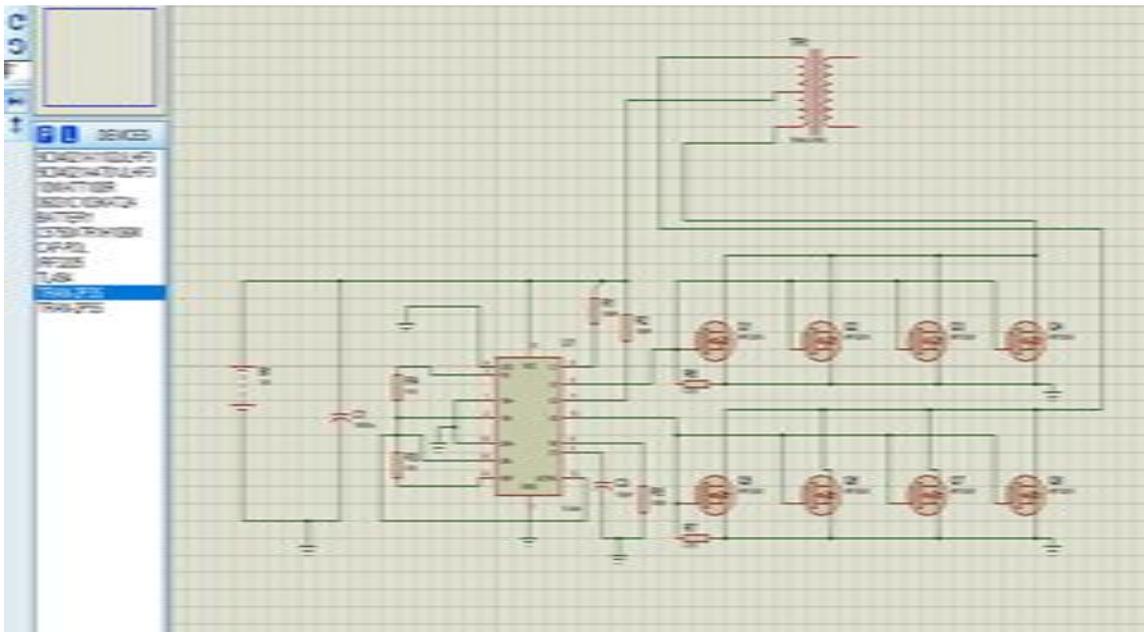


Figure III.7 : Schéma du l'onduleur à réaliser.

Après avoir simulé de CI TL494, nous avons simulé notre circuit de l'onduleur. On a trouvé un signal sinusoïdal avec un voltage de 219v avec des résultats montrés dans les Figures III.8.

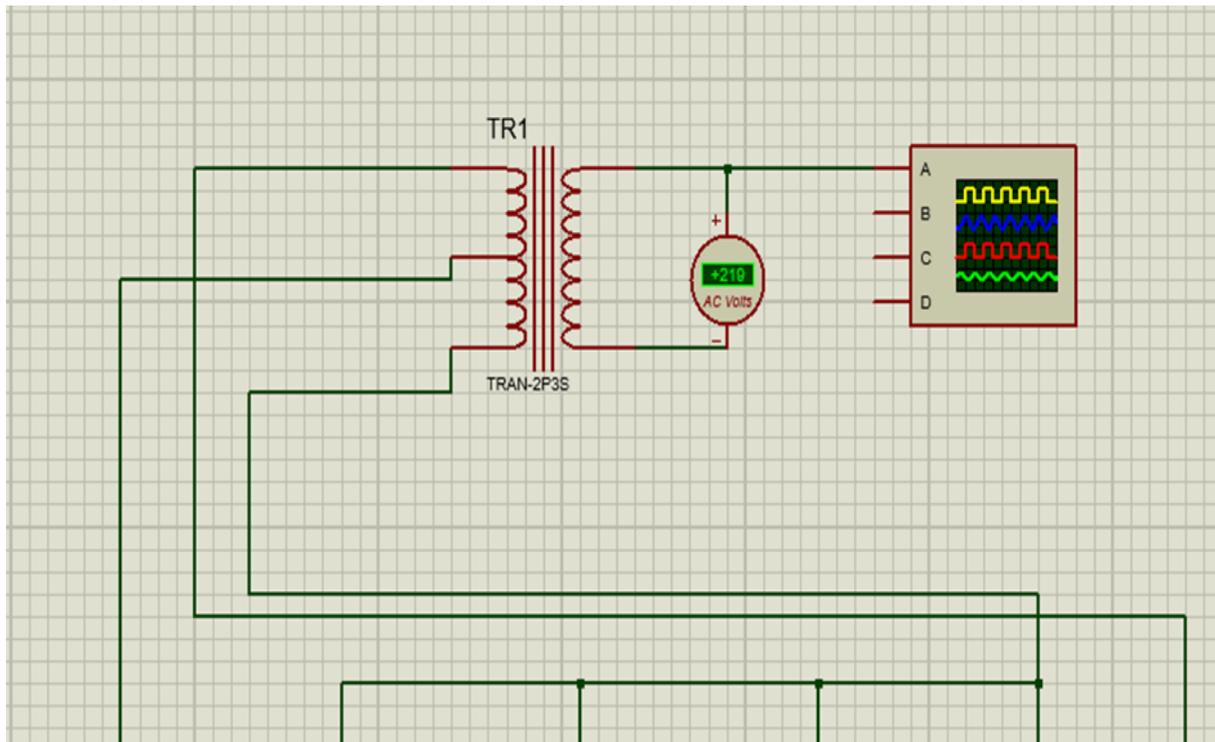


Figure III.8 : Indication du voltmètre 219v AC à la sortie du circuit

On a obtenu un signal en forme sinusoïdale qui est illustrée à la figure III.9 avec les paramètres suivants :

Une période :  $T = 2 * 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$

Une fréquence :  $f = 50 \text{ Hz}$

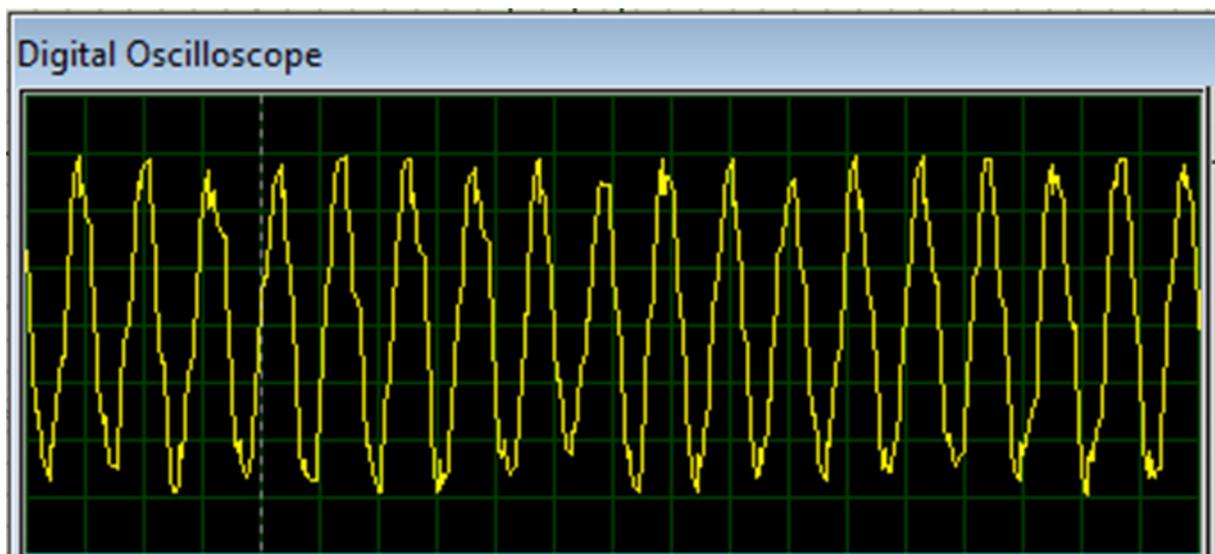


Figure III-9 : Signal de sortie de l'onduleur.

## III.2. Réalisation pratique de l'onduleur sur une plaque d'essai

La simulation que nous avons présentée dans les parties précédentes, nous facilitera la réalisation de notre dispositif. Le problème major c'est comment obtenir en sortie est une tension alternative de 220V à une fréquence de 50Hz, à partir d'une tension d'entrée de 12V produite par un système photovoltaïque. Pour aboutir à notre objectif, une interposition d'un système de commande représenté par la partie intelligente de circuit (TL494) et la partie des commutateurs de puissance (les Mosfets).

### III.2.1. Description de l'onduleur

L'onduleur se compose de quatre parties :

1. source d'alimentation photovoltaïque
2. circuit de commande.
3. Circuit de puissance.
4. la charge.

#### III.2.1.1. Source d'alimentation photovoltaïque

Avec un panneau photovoltaïque qui délivre une tension continue entre 12 et 17V et une batterie 12v pour le stockage, Figure III.10.

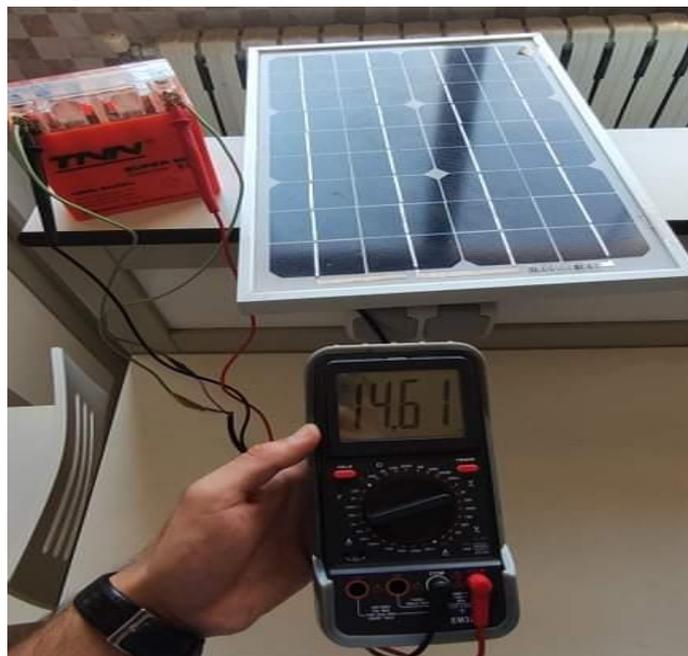


Figure III.10 : Source d'alimentation.

- **Les panneaux photovoltaïques**

Un panneau photovoltaïque ou module photovoltaïque est obtenu à partir de la mise en parallèle et/ou série de plusieurs cellules PV. Il existe sur le marché des puissances normalisées de modules PV Figure III.10.

- **Le dispositif de stockage**

Une batterie DC 12v. Il existe plusieurs modèles de batterie Figure III.10.

### **III.2.1.2. Le circuit de commande**

Le circuit de commande permet de générer les signaux de commande au circuit de puissance. Ce circuit utilise un circuit intégré TL494 qui permet de réaliser plusieurs fonctions notamment de générer les signaux de commande et de moduler la largeur d'impulsion (Modulation MLI) en fonction des signaux émanant du circuit de feedback. Ainsi le circuit assure la régulation de la tension de sortie et les protections contre la surcharge ou court-circuit au niveau de la charge.

### **III.2.1.3. Circuit de puissance**

Cet étage est formé d'un transformateur à point milieu et huit MOSFET.

Les MOSFET sont de type IRF3205 sont utilisés dans ce circuit parce qu'ils peuvent fournir la puissance requise dans le cahier des charges et qu'ils sont disponibles sur le marché.

Le transformateur à point milieu assure un isolement galvanique entre l'entrée et la sortie, le bobinage primaire de  $N_1$  spires est constitué de deux demi-bobinages identiques. Le bobinage secondaire comporte  $N_2$  spires. Le transformateur permet d'élever la tension alternative de 12V/50Hz en une tension alternative de 220V/50Hz. Puisque la tension générée par le circuit des MOSFET au primaire a une forme d'onde d'une sinusoïde modifiée.

### **III.2.1.4 La charge :**

La charge est connectée pour recevoir l'énergie délivrée par l'onduleur. Elle peut être une lampe, un moteur ou autre type de convertisseur d'énergie électrique qui fonctionne au courant alternative 220V, 50Hz.

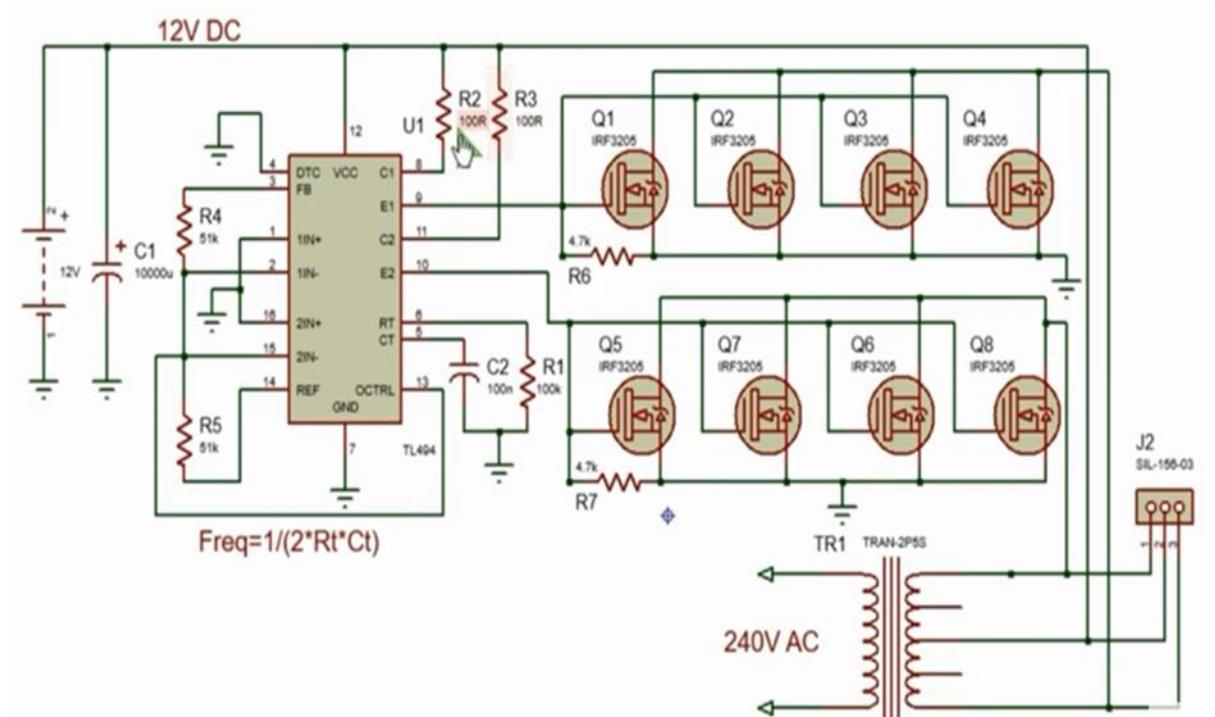


Figure III.11 : Schéma de montage de l'onduleur

### III.2.2. Principe de fonctionnement

L'oscillateur interne du contrôleur TL494 est fixé sur une fréquence 50Hz à l'aide de la valeur de la capacité CT et RT. Afin d'obtenir une fréquence de 50Hz, la fiche technique ou Datasheet du TL494 indique pour cela :

CT : entre 0,47 nF et 10 000 nF

RT : entre 1,8 k et 500 kLa formule de calcul de la fréquence est approximativement : Fréquence en Hz  $f = 1 / (2 * CT * RT)$  Du fait de l'étage de puissance divise la fréquence par deux, afin

d'obtenir une fréquence de 50HZ a la charge ; la fréquence de l'oscillateur est fixée sur 100Hz avec précision grâce au potentiomètre.

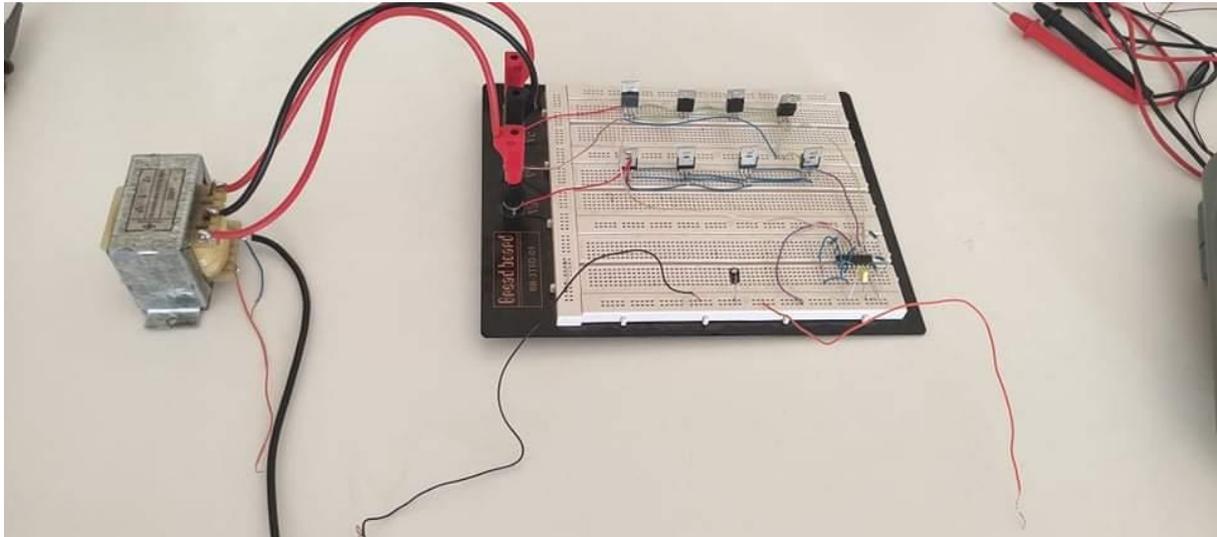


Figure III.12 Réalisation de l'onduleur de la figure III.37 sur plaque d'essai

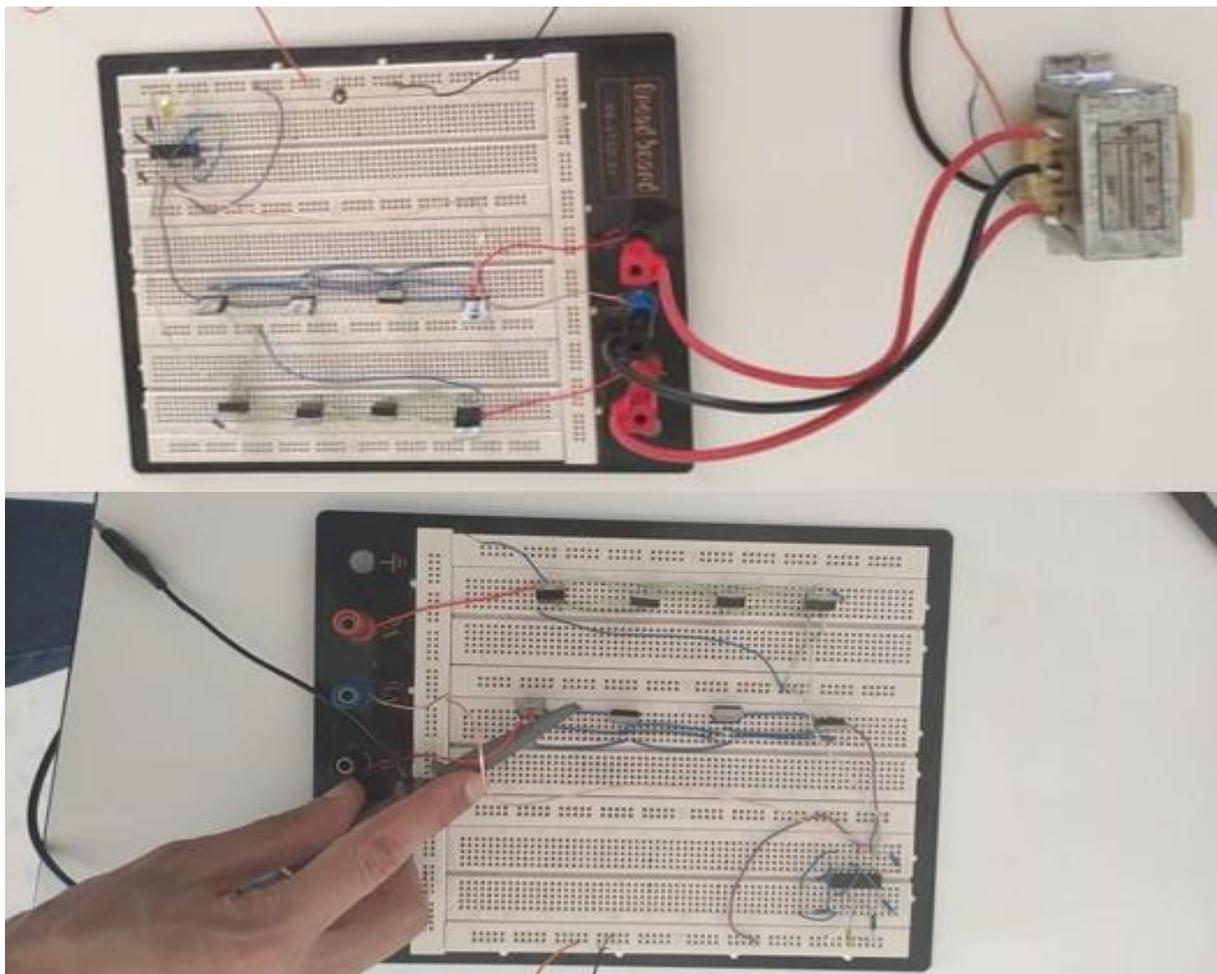


Figure III.13 : les différents tests du montage de l'onduleur

### III.2.3. Tests sur l'onduleur :

La Figure III.14 présente la tension de sortie de la broche 9 du TL494 qui sont appliquées aux gâtes des MOSFET de l'étage puissance.



Figure III.14 : Résultat obtenue au niveau de la sortie E1 de l'oscillateur

Et on a obtenu un signal carré avec amplitude de 10 v et une fréquence de 50 Hz.

La figure 15, illustre la tension de sortie des MOSFET de l'étage de puissance.

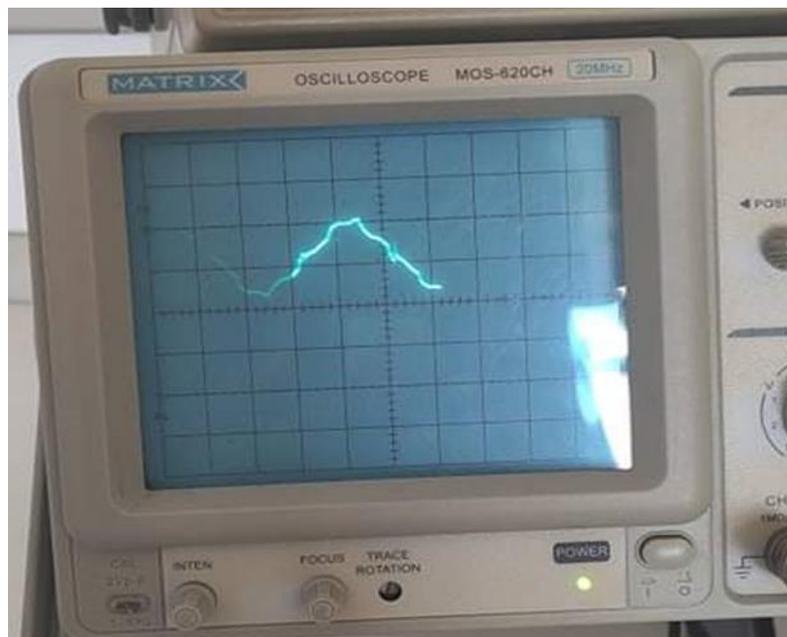


Figure III.15 : Signal de la sortie des MOSFET

L'oscilloscope donne le signal de demi-sinusoïde (sortie des 4 MOSFET) par :

Calibre du temps 2 ms

Calibre de tension 5 v

Voltage :  $2,2 * 5 = 12$  v

Période :  $T = 5 * 2 = 10$  ms

Fréquence :  $F = 1 / 10 = 100$  Hz

**Signal de sortie de l'onduleur :**

On a obtenu un signale sinusoïdal avec :

Période  $T = 5 * 4 = 20$  ms

Fréquence  $f = 1 / 20 = 50$  Hz

Avec un voltage de 12 v.

Alors on n'a pas pu atteindre notre but d'obtenir un voltage de 220 v grâce à un problème de moyen a la dernière minute (choix du transformateur). Mais la fréquence de 50hz est bien obtenue ainsi avec les huit MOSFET on a pu obtenu une bonne sinusoïde.

On a essayé de terminer notre travail par une comparaison avec un autre modèle d'onduleur réaliser [16].

**III.3. Comparaison de l'onduleur à base de CI TL494 à huit MOSFET avec un onduleur a base CI 4060 et de deux MOSFET**

La Figure III.16 présente le schéma de l'onduleur à comparer avec le schéma de la figureIII.11.

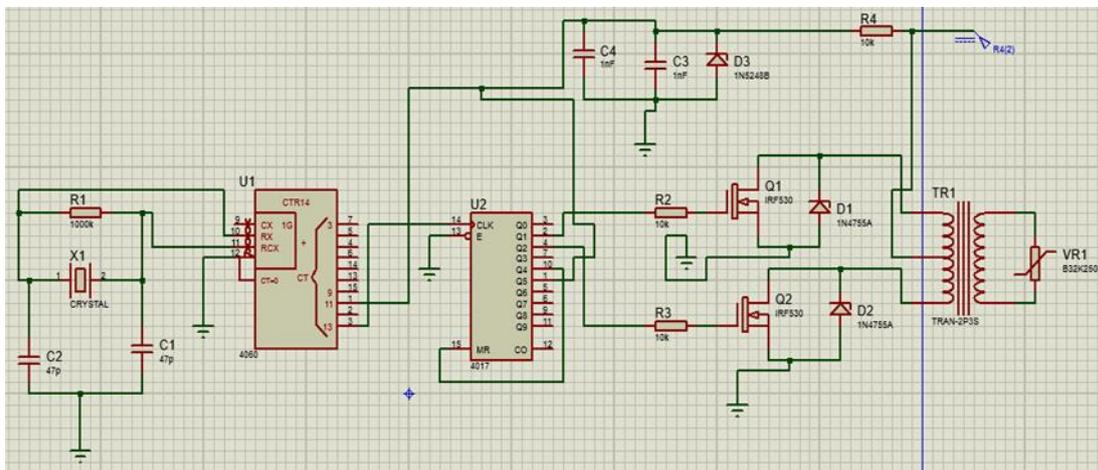


Figure III.16 Circuit de l'onduleur à base de CI 4060 à deux mosfets [16]

La comparaison est basée sur les points suivants : la fréquence d'oscillation, la forme du signal et le nombre de composants à utilisés.

### **III.3.1. Fréquence de la sortie des CI (TL494 et CI 4060, CI 4017) :**

D'après notre simulation on a remarqué qu'on a obtenu une fréquence de 50 Hz la même fréquence qu'eux mais on a utilisé qu'un seul CI TL494 et les autres ils ont utilisé deux circuits intégrés (CI4060 + CI4017) pour avoir la même fréquence d'oscillation qui est 50 Hz.

### **III.3.2. Le signal de sortie de l'onduleur :**

Pour notre onduleur on a obtenu un signal plus sinusoïdal que l'onduleur de la figure III-41 car on a utilisé 8 MOSFETs qui ont permis de bien affiner notre signal sinusoïdal, par contre l'autre circuit a utilisé uniquement 2 Mosfets

### **III-3.3. Le nombre de composants utilisés**

Pour notre onduleur il utilise un seul circuit intégré qui est le TL494 par contre le deuxième schéma utilise deux CI, qui n'est pas pratique d'un côté, d'un autre coté on a utilisé dans notre onduleur huit mosfets qui ont l'avantage d'obtenir une bonne forme de signal sinusoïdale mais en revanche qui risquent de faire chauffés le dispositif à réaliser

## **III.4 Conclusion**

La conception et la réalisation de l'onduleur répond au cahier des charges suivant :

- Source d'énergie/ batterie de 12V ou panneaux solaires.
- Fréquence 50Hz.
- Forme d'onde sinusoïdale modifiée.
- Encombrement réduit, technologie des contrôleurs MLI : Circuit intégré TL 494, MOSFET et convertisseur PUSH-PULL.

Le prototype de l'onduleur est simulé puis réalisé pratiquement puis tester à vide et en charge.

En générale, l'onduleur réalisé est jugé satisfaisant si certains moyens étaient disponibles tel que le temps et les composants, il a l'avantage d'être peu couteux et satisfait les objectifs fixés

## Conclusion

---

### Conclusion générale

Dans ce travail nous avons présenté une étude théorique, une simulation et une réalisation pratique d'un mini onduleur monophasé.

Nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les notions générales sur les onduleurs : leurs constitutions physiques élémentaires, leurs fonctionnements et leurs applications.

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté les différents composants électroniques que nous avons utilisés dans la réalisation de notre micro-onduleur.

Le troisième chapitre est constitué de deux parties :

- Dans la première partie nous avons présenté la simulation sous les environnements ISIS et ARES de Proteus. La conception de l'onduleur est basée sur une démarche de conception de produit nouveau et l'utilisation de logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) tel que le logiciel Proteus ISIS et ARES. Cette démarche permet de gagner du temps dans le choix du composant à travers la simulation du circuit avant leur réalisation pratique.
- Dans la deuxième partie nous avons présenté la réalisation pratique et le test de notre produit final délivrant à sa sortie un signal alternatif d'amplitude 220V lorsqu'il est attaqué par la tension continue de la batterie de 12V.
- Enfin nous devons signaler que ce travail pratique nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur les différentes pannes et astuces qui peuvent accompagner en général les réalisations pratiques, et les prendre comme expérience dans nos futures réalisations électroniques.
- En perspectives, nous envisageons d'élargir ces travaux dans le but d'améliorer d'avantage le fonctionnement du mini onduleur monophasé. Nous nous proposons par exemple d'utiliser un microcontrôleur pour permettre l'asservissement de la tension et la fréquence afin de connecter l'onduleur au réseau.

## Références et webographies

---

### Références et webographies

- [1] MEZERAI, I., & MALKI, K. Etude et réalisation d'un onduleur 12V/230V délivrant 0, 2A (Doctoral dissertation).
- [2] Saou, S. (2016). Etude et réalisation d'un onduleur solaire sinusoïdal.
- [3] Mekaret, F., & Zidouri, A. Etude, simulation et réalisation d'un mini onduleur pour systèmes photovoltaïques (Doctoral dissertation).
- [4] Tedjini Mohammed Hocine, Diplôme de 'ingénieur d'état en instrumentation, « Conception et réalisation d'un convertisseur 12V DC/220V AC Pseudo sinusoïda l », Université D'ORAN 2012/2013.
- [5] Amina Merhoum, « Optimisation des techniques de MLI pour les équipements FACTS a base d'onduleur », mémoire de magister, Université des science et de la technologie D'ORAN Mohammed Boudiaf 2013.
- [6] Mr.Chebana Nourddine et Zidouni Mohamed, Simulation d'un Onduleur Solaire, Université L'arbi Ben Mehidi OumElBouaghi 2012/2013.
- [7] Hamaizia, N. (2017). Commande optimale d'un onduleur monophasé sous l'environnement Matlab/Simulink.
- [8] Chebana, N., & Zidouni, M. (2011). Simulation d'un onduleur solaire
- [9] Abbassen L yes , Mémoire de Magistère,« Etude de la connexion au réseau électrique d'un central photovoltaïque », Université Moloud Mammer de tizi ouzou5/5/2011.
- [10] <https://www.sonelec-musique.com/electronique.html>
- [11] BOUDOUAOUI AMINA « étude et réalisation d'un onduleur pour système photovoltaïque » mémoire de projet de fin d'étude pour obtention de master en ELECTROTECHNIQUE
- [12] MOUSSOUNI NASSEREDDINE « Etude et réalisation d'un onduleur de tension monophasé », mémoire de projet de fin d'étude pour obtention de master en ELECTROTECHNIQUE (Université Abderrahmane MIRA- BEJAIA)

## Références et webographies

---

[13] [Homemade-circuit.com](http://Homemade-circuit.com)

[14] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>

[15] <https://www.wikipedia.org>.

[16] Hassani Aymen et Merabti Hocine , Mémoire de fin d'étude,« Réalisation et conception d'un onduleur (12DC-220AC) monophasé photovoltaïque avec afficheur de batterie commandé par Arduino», Université Oran 2 juin 2018.

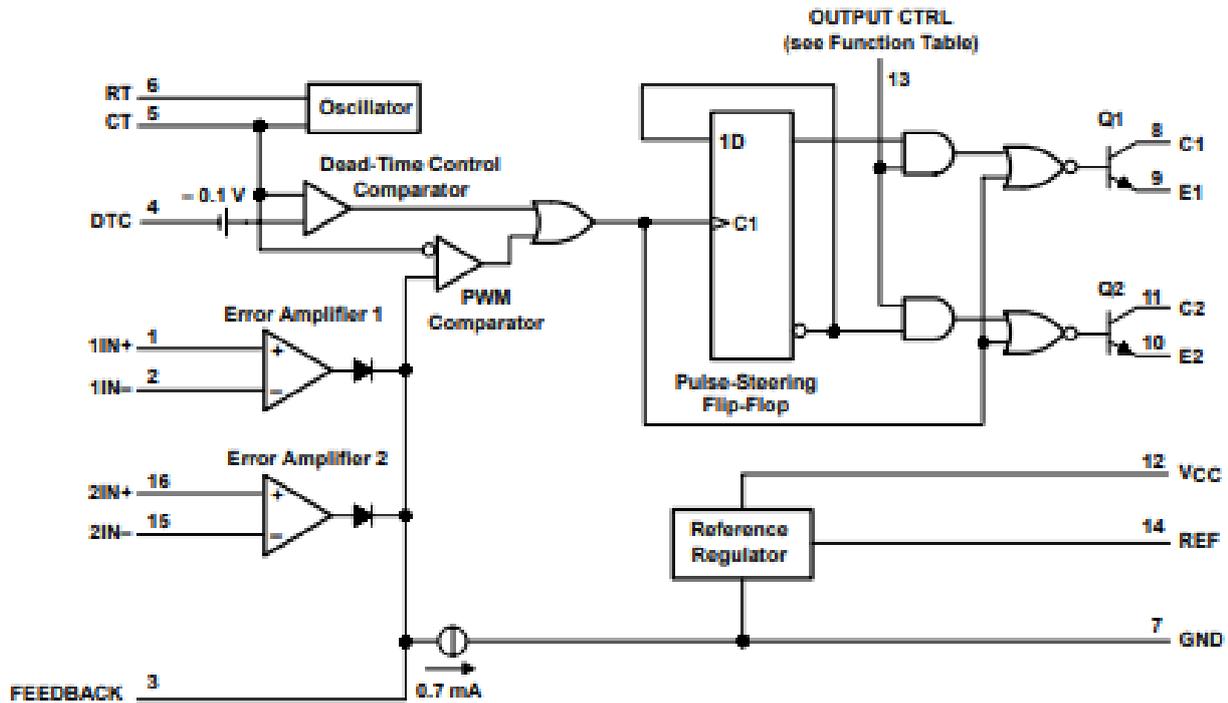
# TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLV8074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

FUNCTION TABLE

| INPUT TO OUTPUT CTRL   | OUTPUT FUNCTION                 |
|------------------------|---------------------------------|
| $V_I = \text{GND}$     | Single-ended or parallel output |
| $V_I = V_{\text{ref}}$ | Normal push-pull operation      |

## functional block diagram



**TL494**  
**PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS**

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**

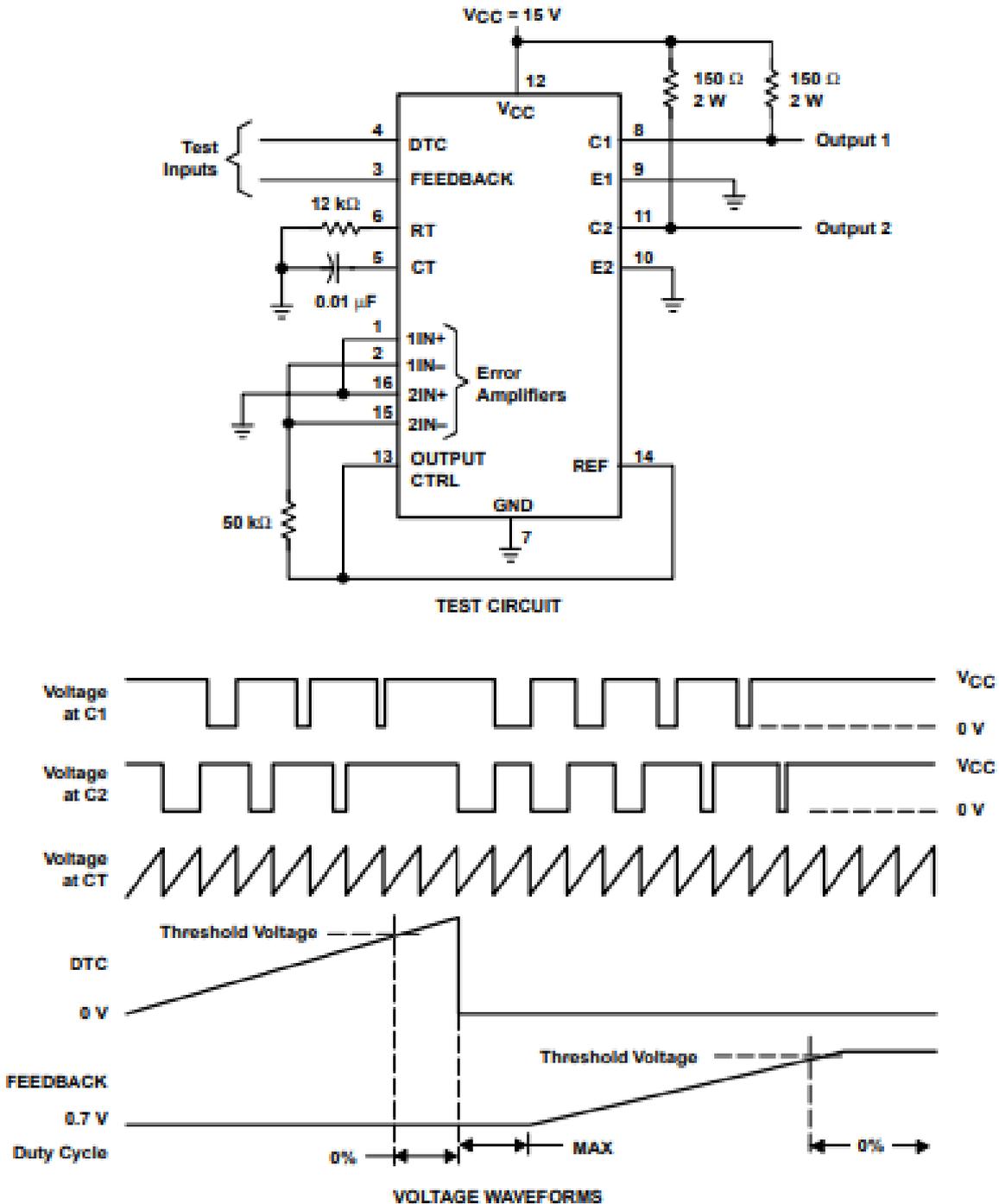


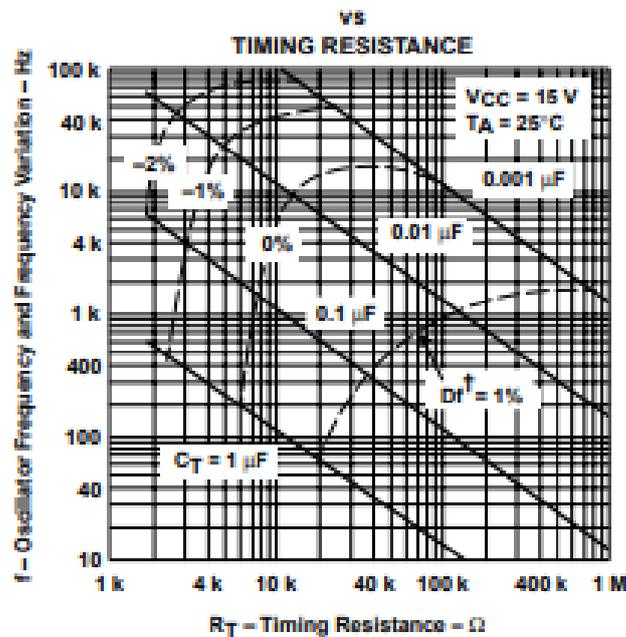
Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

**TL494**  
**PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS**

BLV5074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

**TYPICAL CHARACTERISTICS**

**OSCILLATOR FREQUENCY AND  
 FREQUENCY VARIATION†**



† Frequency variation ( $\Delta f$ ) is the change in oscillator frequency that occurs over the full temperature range.

Figure 5

**AMPLIFIER VOLTAGE AMPLIFICATION  
 VS  
 FREQUENCY**

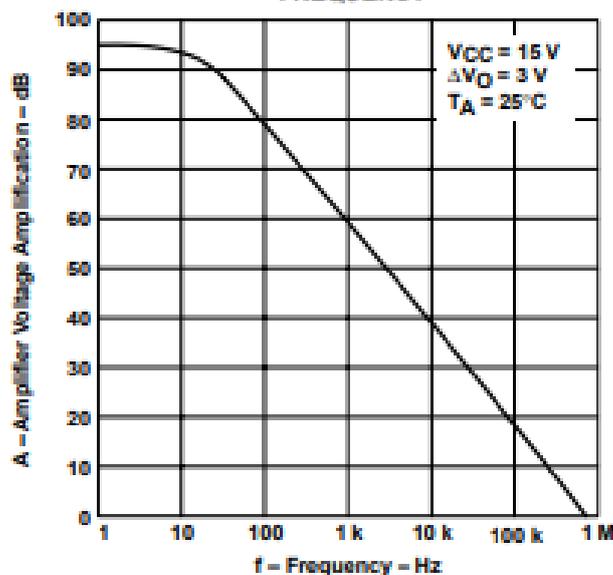


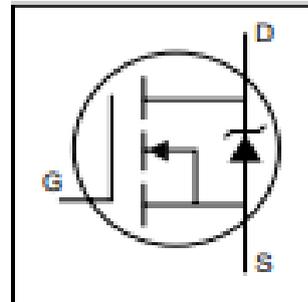
Figure 6

# International IOR Rectifier

## IRF3205

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic  $dv/dt$  Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$$V_{DS} = 55V$$

$$R_{DS(on)} = 8.0m\Omega$$

$$I_D = 110A^{\text{①}}$$

### Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



TO-220AB

### Absolute Maximum Ratings

|                             | Parameter  | Max.                   | Units |
|-----------------------------|--|------------------------|-------|
| $I_D$ @ $T_C = 25^\circ C$  | Continuous Drain Current, $V_{GS}$ @ 10V         | 110 ③                  | A     |
| $I_D$ @ $T_C = 100^\circ C$ | Continuous Drain Current, $V_{GS}$ @ 10V         | 80                     |       |
| $I_{DM}$                    | Pulsed Drain Current ①                           | 390                    |       |
| $P_D$ @ $T_C = 25^\circ C$  | Power Dissipation                                | 200                    | W     |
|                             | Linear Derating Factor                           | 1.3                    | W/°C  |
| $V_{GS}$                    | Gate-to-Source Voltage                           | $\pm 20$               | V     |
| $I_{AR}$                    | Avalanche Current ①                              | 62                     | A     |
| $E_{AR}$                    | Repetitive Avalanche Energy ①                    | 20                     | mJ    |
| $dv/dt$                     | Peak Diode Recovery $dv/dt$ ③                    | 5.0                    | V/ns  |
| $T_J$<br>$T_{STG}$          | Operating Junction and Storage Temperature Range | -55 to + 175           | °C    |
|                             | Soldering Temperature, for 10 seconds            | 300 (1.6mm from case ) |       |
|                             | Mounting torque, 6-32 or M3 screw                | 10 lbIn (1.1N·m)       |       |

### Thermal Resistance

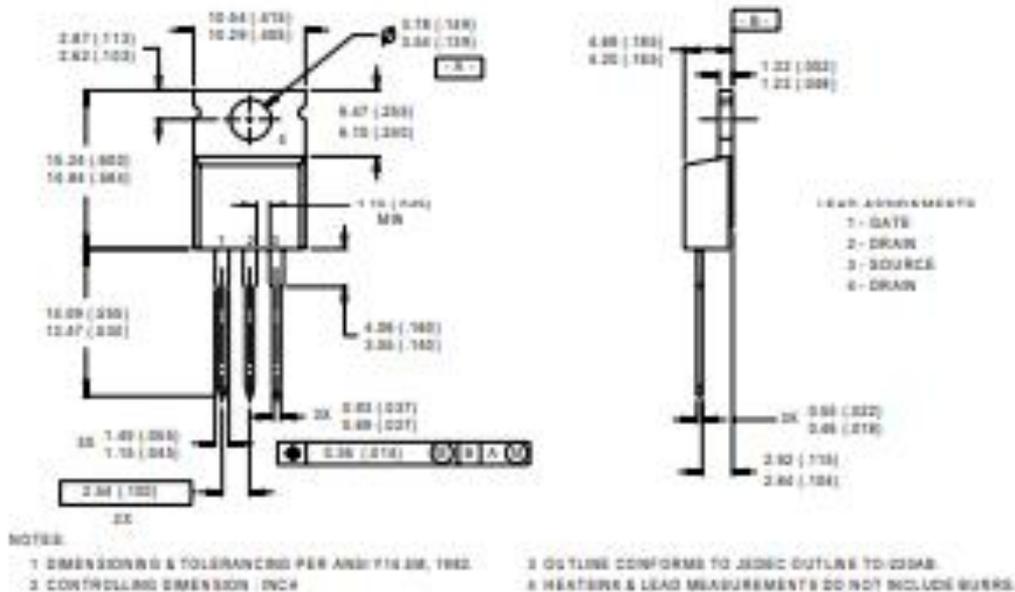
|                 | Parameter                           | Typ. | Max. | Units |
|-----------------|-------------------------------------|------|------|-------|
| $R_{\theta JC}$ | Junction-to-Case                    | —    | 0.75 | °C/W  |
| $R_{\theta CS}$ | Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | 0.50 | —    |       |
| $R_{\theta JA}$ | Junction-to-Ambient                 | —    | 62   |       |

# IRF3205

## Package Outline

### TO-220AB Outline

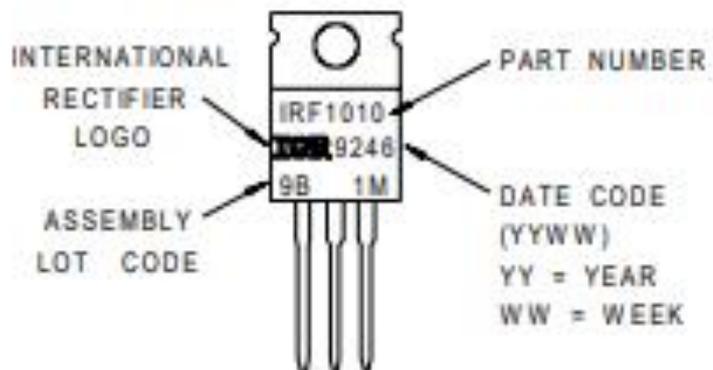
Dimensions are shown in millimeters (inches)



## Part Marking Information

### TO-220AB

EXAMPLE : THIS IS AN IRF1010  
 WITH ASSEMBLY  
 LOT CODE 9B1M



Data and specifications subject to change without notice.  
 This product has been designed and qualified for the automotive [Q101] market.  
 Qualification Standards can be found on IR's Web site.

# IRF3205

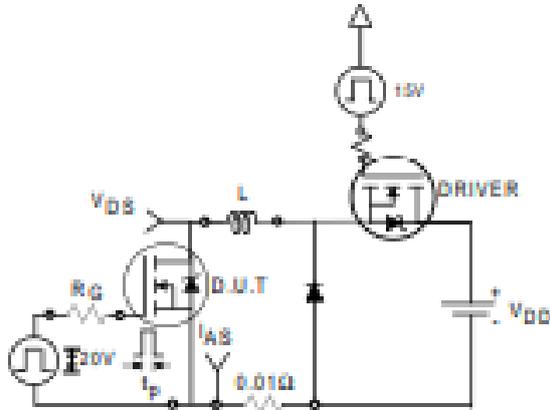


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

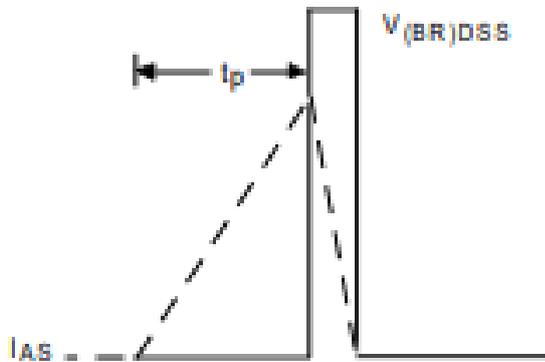


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

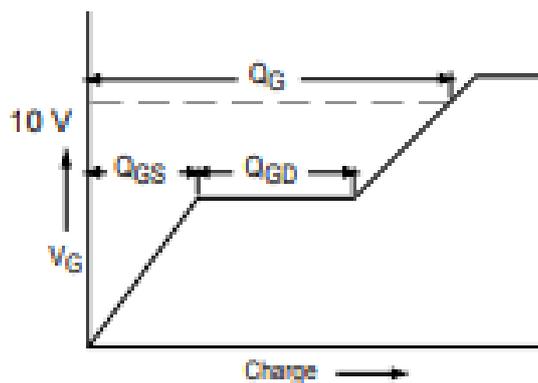


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

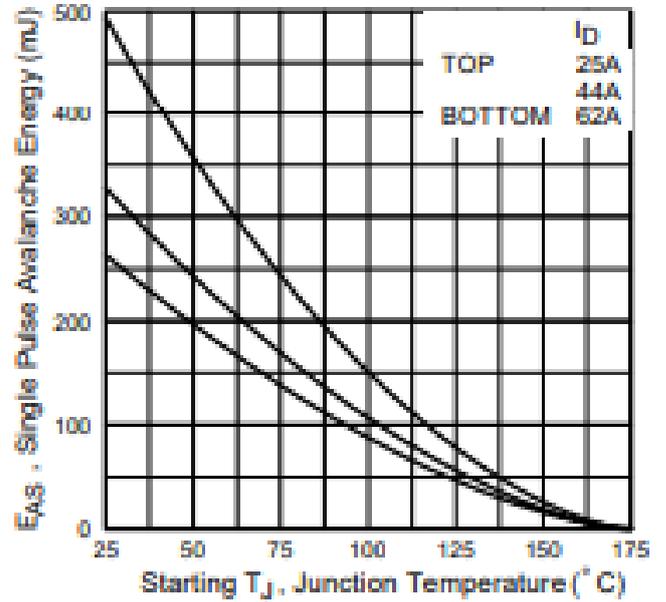


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

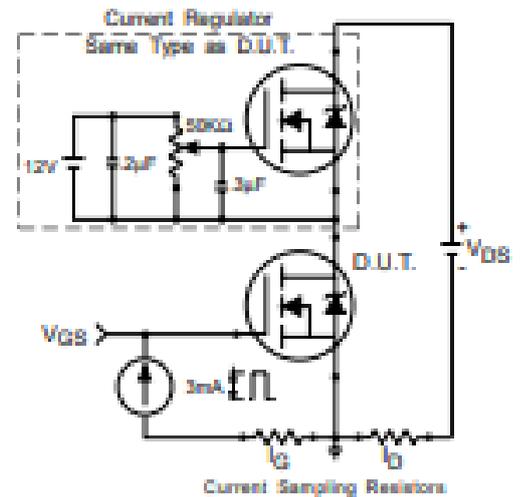
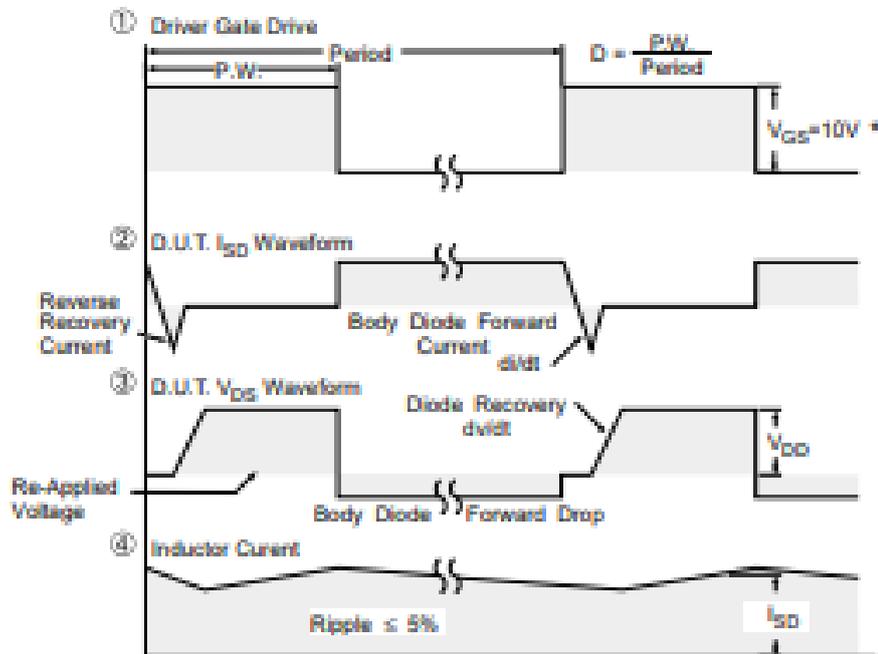
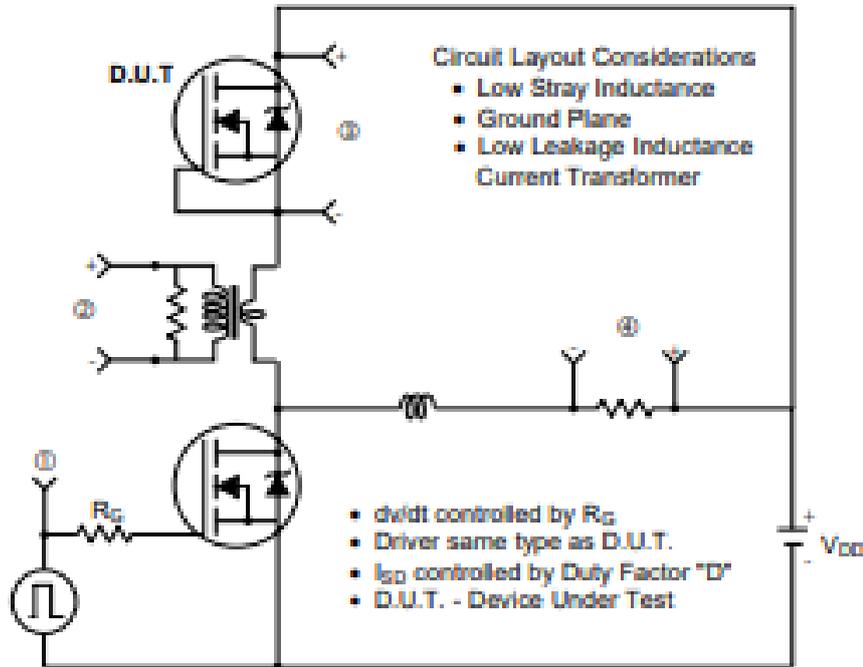


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



\*  $V_{GS} = 5V$  for Logic Level Devices