



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique et Electronique

Filière : Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Master : Instrumentation électronique

Option : Instrumentation électronique

Intitulé :

Etude et réalisation d'une centrale d'éclairage

Juin 2014

Présenté par :

BELAID ASMA
ZIANE ASMA

Jury :

Président : Mr. BOUAZZA Benyounes

M.C.A. U.A.B. Tlemcen

Examineur : Mr. HACHIM Abdellah

M.C.B. U.A.B. Tlemcen

Encadreur : Mr. HAMDOUNE Abdelkader

Pr. U.A.B. Tlemcen

Année Universitaire : 2013 - 2014

Remerciements

Avant tout, il ne saurait question d'entreprendre les remerciements sans avoir remercié le BON DIEU de nous avoir permis de réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier :

Tout d'abord à nos chers parents, d'avoir été là toutes ces années de nous avoir aidé à faire ce très long parcours, et de nous avoir guidé vers le droit chemin.

Un grand merci à Mr. **HAMDOUNE** : notre encadreur pour sa confiance en nous et pour son aide si précieuse qui nous a permis d'achever notre modeste travail.

Nous adressons aussi toute notre gratitude et respects envers **Mr. BOUAZZA** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

Notre gratitude et remerciements aussi à **Mr. HACHIM** qui a aimablement accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercier tous les membres du Laboratoire de d'Electronique pour leurs soutiens incondtionnels et leur aide si précieuse qui a permis a l'aboutissement de ce modeste travail.

Enfin, à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet, un grand merci.

Dédicaces

Au nom de dieu, le clément, le très miséricordieux

Je dédie ce modeste travail à :

Mes *parents*, en témoignage de l'amour, du respect et de la gratitude que je leur porte.

A mes adorables sœurs *KHADIDJA*, *YASMINA* et mon très cher frère *YOUCEF* pour leurs encouragements, amour et aide.

A tous mes *oncles* et *tantes* sans exception

A tous mes *cousins* et *cousines*

A tous mes amis (es)

Belaid Anna

Dédicaces

Louange à DIEU le plus puissant d'avoir guidé nos pas jusqu'à la réalisation de ce modeste travail. prière et salut sur notre prophète <<MOHAMED>> et sur sa famille et ses compagnons.

Je dédie ce travail aux êtres le plus chers au monde, mon père ABDELHAMID (que dieu le bénisse) et ma mère. En témoignage de l'amour que je leur porte et de la gratitude.

Je ne pourrai qu'exprimer un infini remerciement a mes parents qui n'ont jamais arrêté de m'encourager et de m'aider à aller de l'avant.

A mon frère et mes sœurs surtout à ma sœur LATIFA qui ma encouragé et soutenue moralement. Sans oublier toute mes amies surtout ALI.

Grand merci à tous.

Ziane Asma

Résumé

Chaque télérupteur est commandé individuellement par un ou plusieurs boutons poussoirs situés dans différents locaux.

Les auxiliaires de commande centralisées permettent de commander l'ensemble des télérupteurs pour l'extinction et/ou l'allumage de l'ensemble des circuits. Ceci se réalise à l'aide d'une minuterie c'est-à-dire par réglage du temps d'allumage désiré.

Ce dispositif de commande est notamment employé pour gérer l'éclairage d'un escalier, de longs couloirs, d'un jardin, d'une terrasse et de très grandes pièces. Le télérupteur se met en marche grâce à une simple impulsion, la mise au repos du circuit se faisant via une nouvelle impulsion.

Mots clés : Télérupteur, Minuterie, Monostable, Allumage.

Abstract

Each telebreaker is ordered individually by one or more pushbuttons located in various buildings.

The centralized control switches make it possible to order the whole of the telebreakers for the extinction and/or the lighting of the whole of the circuits. This is carried out using a timer i.e. by adjustment of the time of desired lighting.

This control device is in particular employed to manage the lighting of a staircase, long corridors, of a garden, a terrace and very large parts. The telebreaker is started thanks to a simple impulse, the setting at rest of the circuit being done via fresh impulse.

Key words: Telebreaker, Timer, Monostable, Lighting.

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages	
1.1. Schéma synoptique.....	2
1.2. Fonctionnement du montage.....	2
1.3. Alimentation.....	3
1.3.1. Introduction.....	3
1.3.2. Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.....	3
1.3.3. Circuit électrique d'une alimentation stabilisée.....	3
1.3.4. Transformateur.....	4
1.3.5. Circuit redresseur.....	4
1.3.6. Filtrage.....	4
1.3.7. Régulateur.....	5
1.4. Monostables.....	5
1.4.1. Définition.....	5
1.4.2 Caractéristiques.....	6
1.4.3. Monostable à portes CMOS (NOR).....	8
1.4.3.1. Circuit électrique du monostable à portes CMOS (NOR).....	8
1.4.3.2. Principe de fonctionnement.....	8
1.4.4. Temporisation avec deux portes NOR (non ou).....	11
1.4.5. Temporisation avec deux portes NAND (NON ET).....	11
1.5. Portes logiques.....	11
1.5.1. Inverseur.....	11
1.5.2. Porte AND.....	12
1.5.3. Porte NAND.....	12
1.5.4. Porte OR.....	13
1.5.5. Porte NOR.....	13
1.5.6. Porte XOR.....	14
1.5.7. Porte NXOR.....	14
1.6. Temporisateur.....	15
1.6.1. Définition.....	15

1.6.2. Utilisations (exemples).....	15
1.6.3. Caractéristiques principales.....	15
1.6.4. Impulsion de déclenchement (ou impulsion d'entrée).....	16
1.6.5. Etat de la sortie.....	15
1.6.6. Durée de la temporisation.....	16
1.7. Bascules.....	16
1.7.1. Définition.....	16
1.7.2. Bascule JK.....	17
1.8. Circuit intégré CD 4001.....	18
1.8.1. Brochage du CD 4001.....	18
1.8.2. Description des pins du CD 4001.....	18
1.8.3. Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur du CD 4001.....	18
1.9. Circuit intégré CD 4011.....	19
1.9.1. Brochage du CD 4011.....	19
1.9.2. Description des pins du CD 4011.....	19
1.9.3. Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur du CD 4011.....	19
1.9.4. Caractéristique.....	20
1.10. Circuit intégré CD 4027.....	20
1.10.1. Description générale.....	20
1.10.2. Brochage du HEF 4027.....	21
1.10.3. Diagramme fonctionnel.....	21
1.10.4. Caractéristiques et avantages.....	21
1.10.5. Applications.....	21
1.11. Triac.....	22
1.11.1. Description générale.....	22
1.11.2. Usage principal du Triac.....	22
1.11.3. Déclenchement du triac.....	23
1.11.4. Quelques exemples de sensibilité de triac.....	24
1.11.5. Quelques exemples pratiques en commande secteur.....	25
1.11. MOC 3041.....	25
1.11.1. Schéma du coupleur.....	25
1.11.2. Description général.....	26
1.11.3. Caractéristiques.....	26

Chapitre 2 : Réalisation pratique

2.1. Circuit électrique et fonctionnement détaillé du montage.....	28
2.1.1. Circuit électrique.....	28
2.1.2. Fonctionnement du circuit électrique.....	29
2.2. Circuit imprimé et câblage.....	34
2.3. Nomenclature des composants.....	38
Conclusion	40
Bibliographie	41

Liste des figures

1.1. Schéma synoptique du montage.....	2
1.2. Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.....	3
1.3. Circuit électrique d'une alimentation stabilisée.....	3
1.4. Redressement double alternance.....	4
1.5. Circuit de filtrage.....	5
1.6. Filtrage d'une alimentation.....	5
1.7. Chronogramme d'un monostable.....	6
1.8. Chronogramme d'un monostable de type non redéclenchable.....	7
1.9. Chronogramme d'un monostable de type redéclenchable.....	7
1.10. Monostable à portes CMOS.....	8
1.11. Dipôle déterminant la durée de l'impulsion.....	9
1.12. Oscillogramme du signal de sortie du monostable.....	10
1.13. Temporisation avec deux portes NOR.....	11
1.14. Temporisation avec deux portes NAND.....	11
1.15. Symbole d'un inverseur.....	11
1.16. Porte logique AND.....	12
1.17. Porte NAND.....	12
1.18. Symbole d'une porte OR.....	13
1.19. Symbole d'une porte NOR.....	13
1.20. Symbole d'une porte XOR.....	14
1.21. La porte NXOR.....	14
1.22. La bascule JK.....	17
1.23. Chronogramme de la bascule JK.....	17
1.24. Brochage du CD4001.....	18
1.25. Brochage du CD 4011.....	19
1.26. Brochage du HEF 4027.....	21
1.27. Diagramme fonctionnel.....	21
1.28. Configuration et symbole d'un triac.....	22
1.29. Amorçage du triac.....	23
1.30. Schéma du coupleur.....	25
2.1. Alimentation stabilisée.....	27

2.2. Etage de commande.....	28
2.3. Etage de puissance.....	28
2.4. Monostable 1.....	30
2.5. Inverseur et monostable 2.....	31
2.6. Fonctions AND.....	31
2.7. Basculement.....	32
2.8. Temporisateur.....	33
2.9. Circuit imprimé_ étage de commande.....	34
2.10. Circuit imprimé coté composant _ étage de commande.....	35
2.11. Etage de commande.....	35
2.12 Circuit imprimé _ étage de puissance et alimentation.....	36
2.13 Circuit imprimé côté composants _ étage de puissance et alimentation.....	37
2.14. Alimentation et étage de puissance.....	37

Liste des tableaux

1.1. Table de vérité de l'inverseur.....	11
1.2. Table de vérité de la porte AND.....	12
1.3. Table de vérité de la porte NAND.....	12
1.4. Table de vérité de la porte OR.....	13
1.5. Table de vérité de la porte NOR.....	13
1.6. Table de vérité de la porte XOR.....	14
1.7. Table de vérité de la porte NXOR.....	14
1.8. Table de vérité de la bascule JK.....	17
1.9. Description des pins du CD 4001.....	18
1.10. Conditions de fonctionnement, recommandées du CD 4001.....	18
1.11. Description des pins du CD 4011.....	19
1.12. Conditions de fonctionnement, recommandées du CD 4011.....	19
1.13. Tableau comparatif de quelques types de triac.....	24

Introduction

La gestion de l'éclairage se décline de diverses manières selon l'endroit et le nombre de points de commandes. L'interrupteur traditionnel est secondé par des touches tactiles ou des télécommandes variées. On connaît déjà le système va et vient à deux points de commandes ou encore le télérupteur et la minuterie.

Notre projet a pour objectif d'étudier et de réaliser un montage qui commande l'éclairage pendant une durée déterminée, simplement en détectant le temps d'action sur les poussoirs de commande ; il est divisé en deux chapitres :

- Dans le premier chapitre ; nous donnons le schéma synoptique du montage et son fonctionnement bloc ; après quoi nous étudions les différents étages qui constituent le montage.
- Dans le deuxième chapitre, nous présentons le circuit électrique du montage, sa réalisation pratique et nous expliquons son fonctionnement détaillé avec des mesures à l'appui.

Nous finissons notre mémoire par une conclusion générale et des perspectives.

1.1. Schéma synoptique

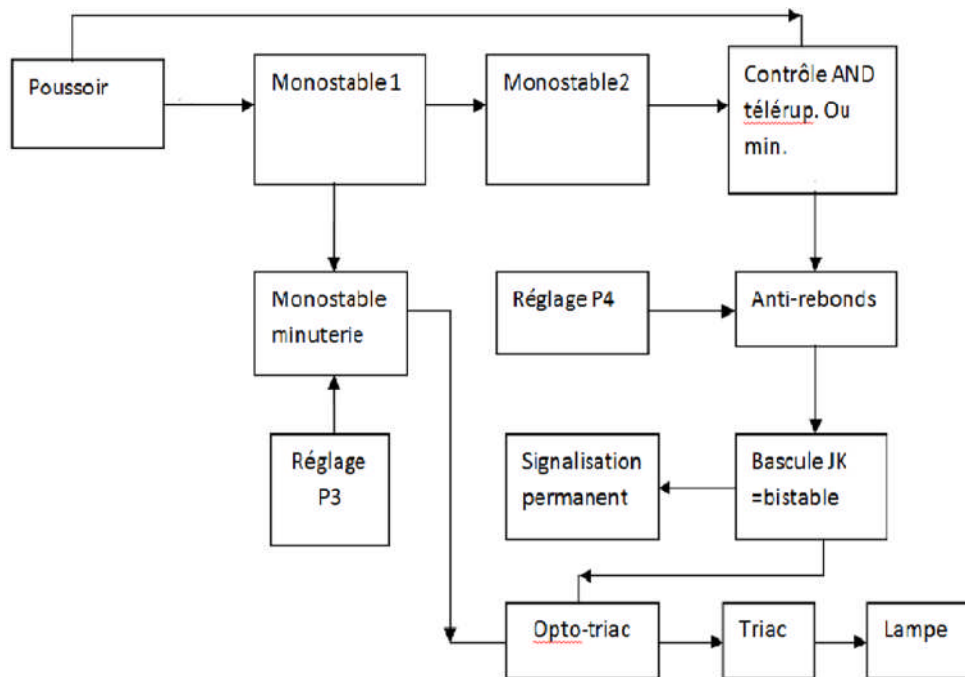


Figure.1.1. Schéma synoptique du montage.

1.2. Fonctionnement du montage

Le principe de ce montage est d'allumer une lampe grâce à une minuterie qui gère la durée à volonté ; la lampe va s'éteindre automatiquement une fois le délai atteint. Mais on peut aussi éteindre la lampe de suite par un bouton poussoir même si la durée de temporisation n'est pas atteinte.

Bien entendu, une impulsion plus longue déclenche le mode mémoire du télérupteur qui débute toujours par le temps minimal attribué par la temporisation.

Cette fonction est importante parce que le télérupteur s'arrête par une autre impulsion, il ne pourra être pris en compte après un délai de temps.

L'étage de sortie à triac est suffisant pour activer une puissance d'éclairage confortable.

L'opto-triac opère une parfaite isolation galvanique entre la commande et le secteur qui alimente la charge qui est une lampe, ici. Il réalise même la commande du triac lors du passage par zéro de l'onde secteur.

Le triac permet une commande fiable, aisée et silencieuse.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

Pour résumer, la première action valide toujours la minuterie, alors que le télérupteur n'est sollicité que si la pression est supérieure à la durée déterminée c'est-à-dire 0.5 s. Pour que la lampe s'éteigne, il faut que le délai de la minuterie soit écoulé.

1.3. Alimentation

1.3.1. Introduction

La plupart des systèmes électroniques ont besoin d'une alimentation continue pour fonctionner. Puisque la tension fournie par le réseau électrique est une tension alternative, la première chose qu'on doit faire est de transformer cette tension en une tension continue. La partie du montage qui effectue cette opération s'appelle « alimentation ». Cette dernière est constituée d'un redresseur qui permet au courant de circuler dans une seule direction, d'un filtre généralement RC, d'une diode Zener ou d'un régulateur de tension.

1.3.2. Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée

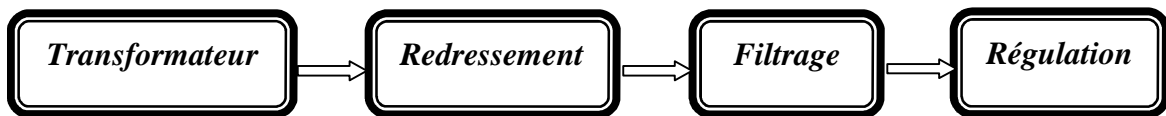


Figure 1.2. Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée [1].

1.3.3. Circuit électrique d'une alimentation stabilisée

Le circuit électrique d'une alimentation stabilisée est donné par la figure 1.3 :

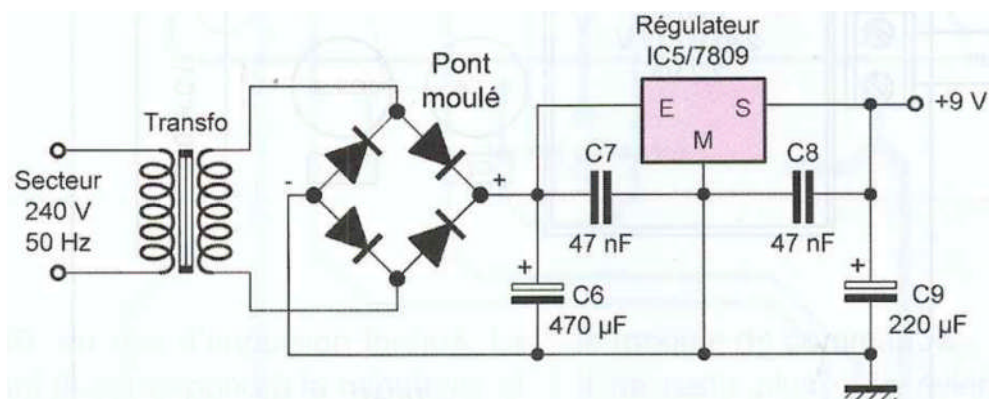


Figure 1.3. Circuit électrique d'une alimentation stabilisée [2].

1.3.4. Transformateur

Il permet le couplage du secteur aux circuits électroniques, d'élever ou d'abaisser la tension d'entrée $v(t)$, il assure aussi l'isolation entre le secteur et le reste.

1.3.5. Circuit redresseur

La tension de sortie du transformateur doit être redressée par deux diodes ou quatre disposées en pont. Le but du redressement serait de convertir la tension alternative obtenue à la sortie du secondaire en un signal redressé double alternance. Ce redresseur est réalisé à l'aide d'un pont de diodes appelé « pont de Graetz » qui est illustré par la figure 1.4 [3].

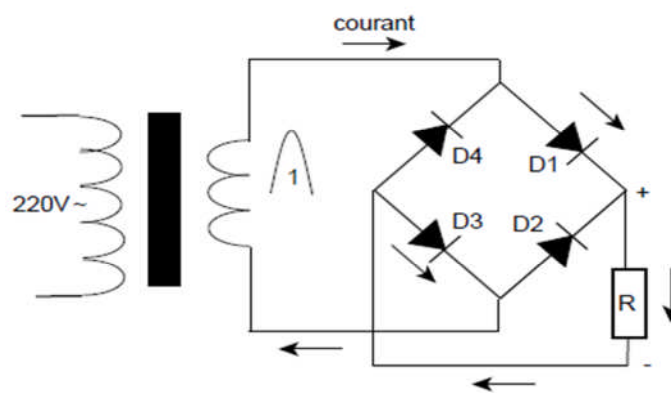


Figure 1.4. Redressement double alternance [3].

Pendant l'alternance positive du signal, les deux diodes D_1 et D_3 conduisent puisqu'elles sont polarisées en direct ; alors que D_2 et D_4 sont bloquées. Pendant l'alternance négative, les deux diodes D_2 et D_4 conduisent, et D_1 et D_3 se bloquent. On obtient ainsi un redressement double alternance.

1.3.6. Filtrage

On devrait obtenir une tension continue constante pour transformer les signaux redressés double alternance en une tension continue ; on doit donc filtrer ou fait disparaître les ondulations de faibles valeurs.

La figure 1.5 représente un exemple de circuit de filtrage. Cette opération est assurée par l'utilisation d'un phénomène de charge et de décharge du condensateur en fixant la constante de temps $\tau = R.C$ du circuit, grande ; on arrive ainsi à obtenir une tension presque continue (voir figure 1.6).

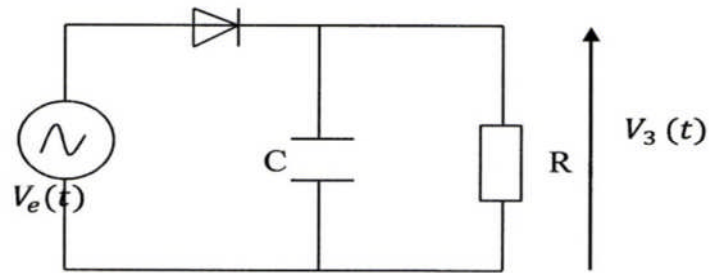


Figure 1.5. Circuit de filtrage [3].

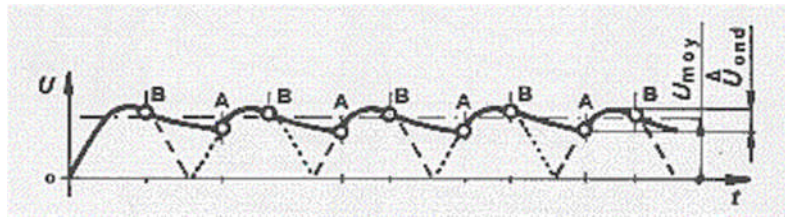


Figure 1.6. Filtrage d'une alimentation [3].

Le taux d'ondulation est moins important dans le cas d'un redressement double alternance que dans le cas d'un redressement simple alternance.

1.3.7. Régulateur

C'est un dispositif capable de fournir une tension de sortie stable malgré les variations de la tension d'entrée ou les variations de la charge, en mettant à profit les seules propriétés d'élément à caractéristique non linéaire (circuit intégré, diode Zener, ...).

1.4. Monostables

1.4.1. Définition

Un monostable est un circuit possédant deux états en sortie : un état stable (durée indéfinie) et un état instable de durée T_0 fixe. T_0 est appelé durée propre du monostable. Le passage à l'état instable se produit sous l'effet d'une impulsion de commande.

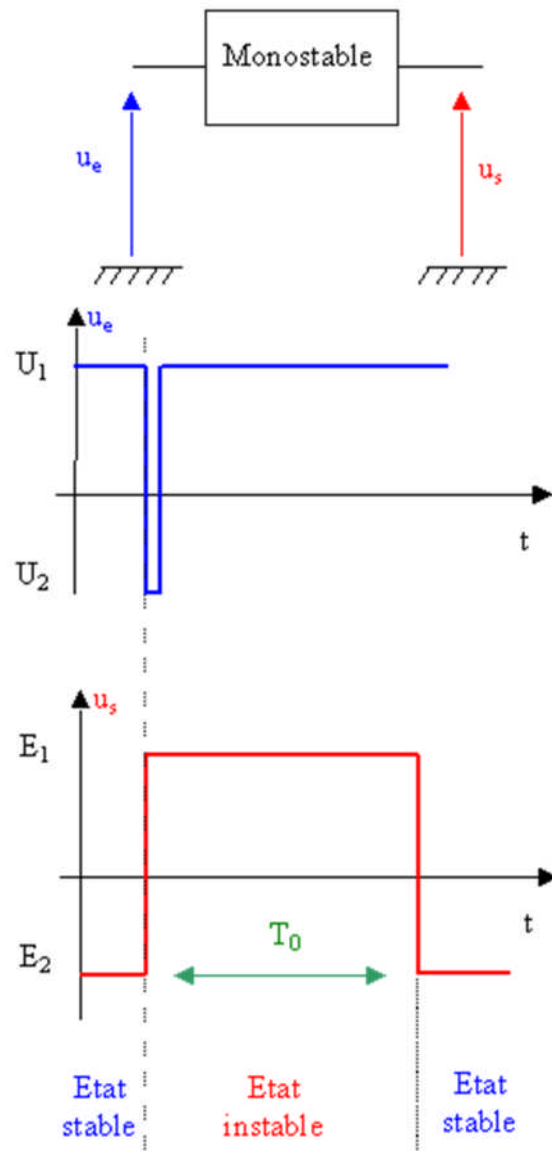


Figure 1.7. Chronogramme d'un monostable.

1.4.2 Caractéristiques

Un monostable possède quatre caractéristiques :

- Etat stable
- Front de déclenchement : (front montant ou descendant)
- Durée de l'état stable t_w (time width)
- Redéclenchable ou non

Il existe deux types de monostable :

- monostable non redéclenchable : une nouvelle impulsion pendant l'état instable ne modifie pas la durée de cet état.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

- Monostable redéclenchable : une nouvelle impulsion pendant l'état instable "relance" le monostable pour une durée T_0 .

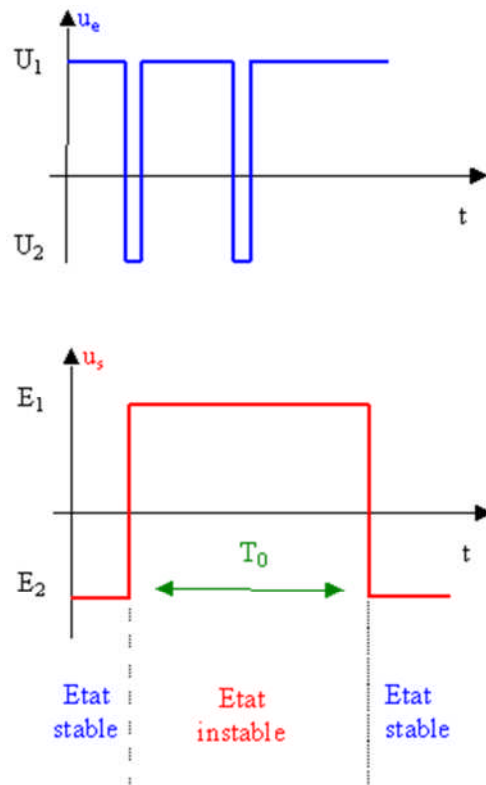


Figure 1.8. Chronogramme d'un monostable de type non redéclenchable.

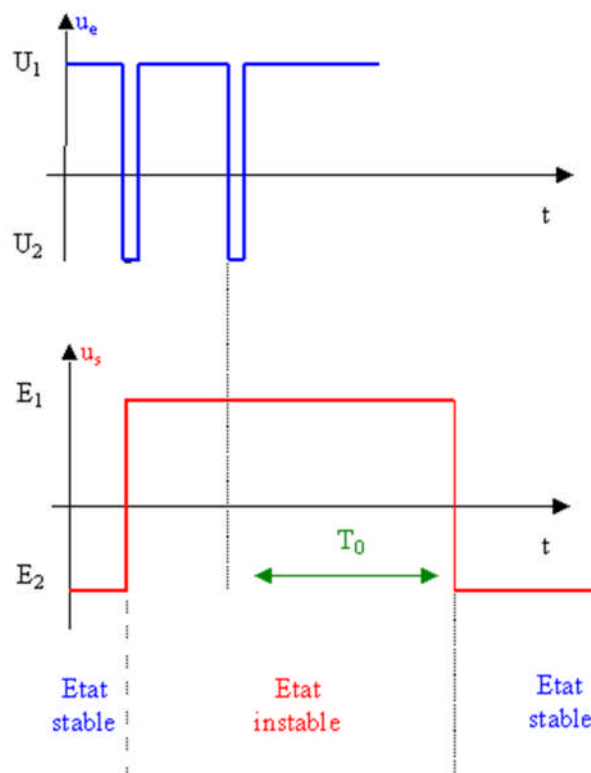


Figure 1.9. Chronogramme d'un monostable de type redéclenchable.

1.4.3. Monostable à portes CMOS (NOR)

1.4.3.1. Circuit électrique du monostable à portes CMOS (NOR)

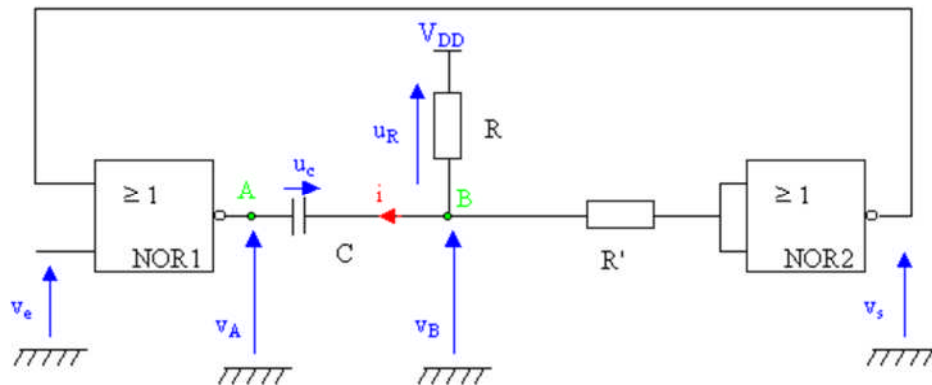


Figure 1.10. Monostable à portes CMOS.

L'alimentation se fait entre 0 (la masse) et V_{DD} .

R' est une résistance de protection car par moment $v_B < 0$ ou $v_B > V_{DD}$.

1.4.3.2. Principe de fonctionnement

Etat stable

Dans cet état les tensions n'évoluent pas, donc $u_c = \text{Cte}$ et $i = 0$

- Si $i = 0$ alors $u_R = 0$ et $v_B = V_{DD}$
- Si $v_B = V_{DD}$ alors $v_s = 0$
- Si $v_s = 0$ et $v_e = 0$ alors $v_A = V_{DD}$
- Si $v_A = V_{DD} = v_B$ alors $u_c = v_B - v_A = 0$

Résumé : pendant l'état stable ; $v_A = V_{DD}$, $v_B = V_{DD}$, $v_s = 0$, $u_c = 0$

Etat instable

À $t = 0$, v_e subit une impulsion (front montant d'amplitude supérieure à $V_{DD}/2$).

Pendant l'impulsion :

- Si $v_e = V_{DD}$ alors $v_A = 0$
- Si $v_A = 0$ alors $v_B = v_A + u_c = 0$
- Si $v_B = 0$ alors $v_s = V_{DD}$

Résumé : pendant l'impulsion $v_A = 0$, $v_B = 0$, $v_s = V_{DD}$, $u_c = 0$

Après l'impulsion :

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

Si $v_s = V_{DD}$ et $v_e = 0$ alors $v_A = 0$ (en fait v_A reste "bloqué" à 0).

Juste après l'impulsion : $v_A = 0$, $v_B = 0$, $v_s = V_{DD}$, $u_c = 0$

Le condensateur se charge à travers R :

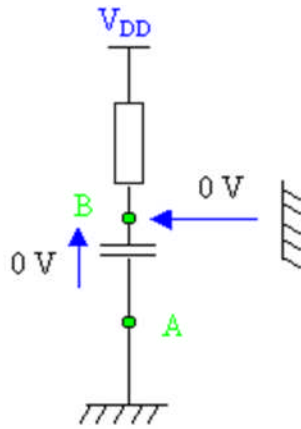


Figure 1.11. Dipôle déterminant la durée de l'impulsion.

Cet état dure tant que $u_c = v_B$ n'a pas atteint $V_{DD}/2$.

Si $u_c = v_B = V_{DD}/2$ alors la porte NOR2 bascule et $v_s = 0$ (retour à l'état stable).

Donc après l'impulsion, le condensateur se charge de 0 à $V_{DD}/2$:

$$T_0 = \tau \times \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - \frac{V_{DD}}{2}} = \tau \times \ln 2 = 0,7 \times \tau$$

Avec $\tau = R \times C$

Résumé général :

Avant impulsion : état stable : $u_c = Cte = 0$, $v_A = v_B = V_{DD}$.

Juste après l'impulsion : état instable : u_c augmente, v_B augmente jusqu'à ce que $v_B = V_{DD}/2$.

Temps de récupération T_R

Au retour à l'état stable $v_B = u_c = V_{DD}/2$, $v_s = 0$ donc $v_A = V_{DD}$

Le condensateur se décharge à travers R.

Si on considère que le condensateur est déchargé lorsque $u_c = 0,05 V_{DD}/2$, il faut attendre une durée de $T_R = 3 \times \tau$.

C'est le temps nécessaire pour que le monostable revienne à son état stable initial.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

Remarque :

Un déclenchement pendant le temps de récupération conduit à un état instable plus court que T_0 car le condensateur n'aurait pas le temps de se décharger totalement.

Graphiques

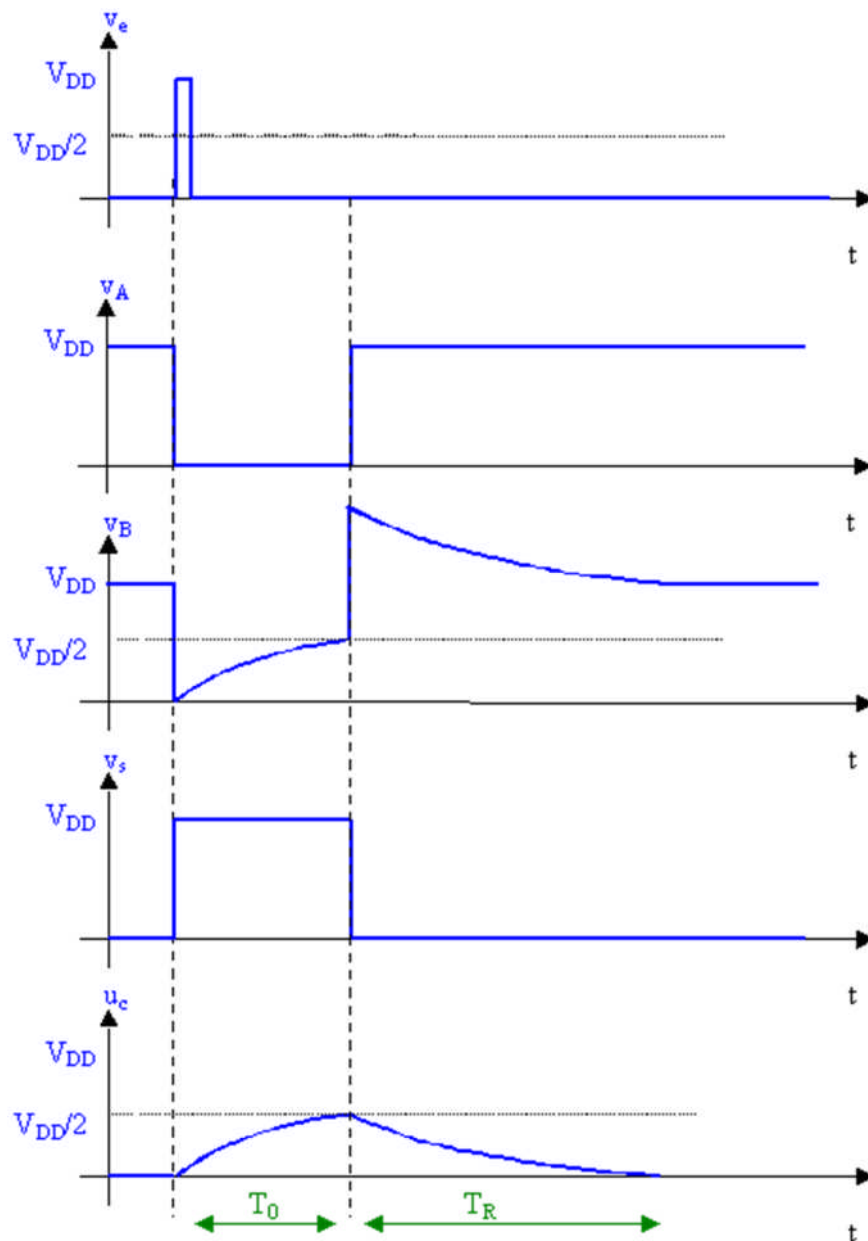


Figure 1.12. Oscillogramme du signal de sortie du monostable.

1.4.4. Temporisation avec deux portes NOR (non ou)

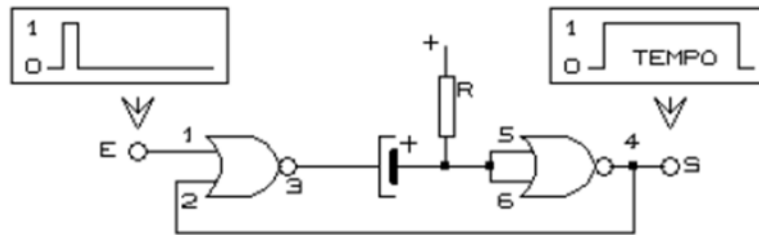


Figure 1.13. Temporisation avec deux portes NOR.

1.4.5. Temporisation avec deux portes NAND (NON ET)

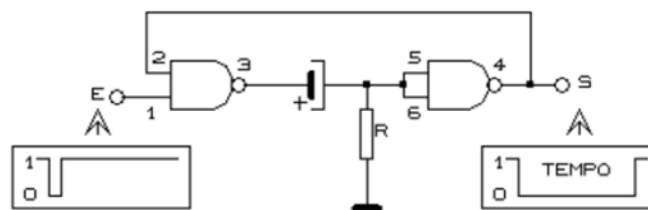


Figure 1.14. Temporisation avec deux portes NAND.

1.5. Portes logiques

1.5.1. Inverseur

Cette porte logique agit sur un seul bit. Sa fonction est d'inverser tout simplement le bit d'entrée [4].

$$S = \bar{A}$$

Son symbole est donné par la figure 1.15.

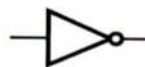


Figure 1.15. Symbole d'un inverseur [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.1.

A	S
0	1
1	0

Table 1.1- Table de vérité de l'inverseur.

1.5.2. Porte AND

Cette porte contrairement à la précédente, comprend deux entrées et une seule sortie. Dans ce cas on effectue une fonction ET logique entre les deux entrées.

$$S = A.B$$

Son symbole est donné par la figure 1.16.



Figure 1.16. Porte logique AND [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.2.

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Table 1.2 - Table de vérité de la porte AND.

1.5.3. Porte NAND

Cette porte présente la particularité de pouvoir recréer des portes AND, OR, NON dans un circuit électronique en utilisant seulement des montages composés uniquement de portes NAND. On effectue toujours une opération ET logique entre les deux sorties mais cette fois le résultat obtenu est inverse.

$$S = \overline{A.B}$$

Son symbole est donné par la figure 1.17.



Figure 1.17. Porte NAND [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.3.

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table 1.3 - Table de vérité de la porte NAND.

1.5.4. Porte OR

La sortie S obtenue est le résultat d'un OU logique entre les deux entrées :

$$S = A + B$$

Son symbole est donné par la figure 1.18.



Figure 1.18. Symbole d'une porte OR [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.4.

Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Table 1.4 - Table de vérité de la porte OR.

1.5.5. Porte NOR

Ici la sortie S obtenue sera le résultat inverse d'un OU logique entre les deux entrées :

$$S = \overline{A + B}$$

Son symbole est donné par la figure 1.19.



Figure 1.19. Symbole d'une porte NOR [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.5.

Entrée 1	Entrée2	Entrée3
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Table 1.5 - Table de vérité de la porte NOR.

1.5.6. Porte XOR

$$S = A + B$$

Son symbole est donné par la figure 1.20.



Figure 1.20. Symbole d'une porte XOR [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.6.

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table 1.6 - Table de vérité de la porte XOR.

$$S = a\bar{b} + \bar{a}b$$

1.5.7. Porte NXOR

Elle exécute la fonction inverse du OU exclusif :

$$S = \overline{A \oplus B}$$

Son symbole est donné par la figure 1.21.



Figure 1.21. La porte NXOR [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 1.7.

A	b	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Table 1.7 - Table de vérité de la porte NXOR.

$$S = \bar{a}b + ab$$

Remarque

Nous nous intéressons plus aux portes logiques NAND et NOR, car c'est ces deux types de portes qui sont utilisées dans les circuits intégrés CD4001 et CD4011 que nous utilisons dans notre montage.

1.6. Temporisateur

1.6.1. Définition

Un temporisateur est un circuit électronique qui permet de mettre en route un système pendant un certain temps. Les applications d'un temporisateur sont multiples et variées, et on peut aussi bien avoir besoin d'activer un circuit pendant quelques secondes que pendant quelques heures. Un temporisateur peut être construit à partir d'un simple monostable, mais nous verrons qu'il existe d'autres solutions, un peu moins simples mais qui permettent d'obtenir des durées de temporisation très longues.

1.6.2. Utilisations (exemples)

Le temporisateur est un circuit très utilisé ; il permet par exemple :

- d'allumer une lampe pendant une durée de temps à partir du moment où la nuit tombe.
- d'allumer une lampe dans une cage d'escalier pendant une durée de temps à partir du moment où un usager appuie sur un bouton poussoir.
- de laisser allumée une ampoule de plafonnier de voiture pendant une durée de temps, à partir du moment où les portes sont fermées.
- de retarder la production d'un événement, par exemple déclencher une sirène au bout d'un temps donné si aucun code valide n'a été saisi sur un clavier, après détection de l'intrusion.
- de définir précisément le temps pendant lequel une sirène d'alarme doit se faire entendre (30 secondes par exemple).

1.6.3. Caractéristiques principales

On peut faire un rapprochement assez serré entre monostable et temporisateur, même si la finalité n'est pas forcément exactement la même. En effet, le monostable délivre une impulsion d'une durée donnée et revient ensuite à son état initial.

Si le but de la temporisation est de faire fonctionner un appareil pendant un certain temps, un monostable peut donc faire l'affaire ; non en agissant comme commande, mais en agissant

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

comme retardateur de commande. Il est donc normal de le voir partager certaines caractéristiques avec celles du monostable.

1.6.4. Impulsion de déclenchement (ou impulsion d'entrée)

Il s'agit de l'événement qui démarre la temporisation. Il peut s'agir d'une impulsion ou d'un simple changement d'état logique sans retour à l'état initial. L'impulsion de déclenchement peut provoquer le changement immédiat de l'état logique de la sortie du temporisateur (si fonctionnement pendant un temps donné) ou provoquer son changement d'état de façon retardée (si démarrage au bout d'un certain temps).

La polarité de l'impulsion de déclenchement peut être positive (bas-haut-bas ou bas-haut) ou négative (haut-bas-haut ou haut-bas).

1.6.5. Etat de la sortie

C'est ainsi qu'on nomme l'état logique de la sortie dans lequel le temporisateur se trouve lorsqu'il vient d'être déclenché, c'est à dire quand l'état logique de sa sortie se trouve à l'opposé de l'état logique présent au repos.

Au repos, la sortie du temporisateur peut être à l'état haut ou à l'état bas, et lors de son activation, passer à l'état opposé, bas ou haut.

1.6.6. Durée de la temporisation

C'est la durée pendant laquelle la sortie du temporisateur est activée, ou le temps au bout duquel elle le sera.

1.7. Bascules

1.7.1. Définition

La logique combinatoire présente des sorties qui, à un instant donné, ne dépendent que des valeurs présentes sur les entrées. La logique séquentielle prend en considération les conditions antérieures à l'instant donné, ce qui permet de réaliser des dispositifs à mémoire.

Les bascules sont les circuits séquentiels élémentaires permettant de mémoriser une information binaire (bit) sur leur sortie. Elles constituent le point mémoire élémentaire. Elles peuvent être synchrones ou asynchrones mais toutes ont au minimum trois modes de fonctionnement (et par conséquent au moins deux commandes). Les bascules sont de manière générale des bistables, ce qui permet d'obtenir des niveaux logiques stables sur leur sorties (soit "1" ou "0"). Ces derniers pouvant être aussi annulés à tout moment [6].

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

- Bistable : Qui possède deux états stables. En logique ceci se traduit par les états logiques "1" ou "0".
- Monostable : Qui possède un seul état stable, l'autre état est temporaire.

1.7.2. Bascule JK

La bascule JK est une bascule fonctionnant sur front d'horloge comportant deux entrées J et K. Elle est la plus évoluée, son rôle est essentiel au comptage. C'est une bascule RS maître esclave avec une rétroaction croisée entre les sorties et les entrées. Elle permet d'effectuer du comptage et de prépositionner par ses entrées J et K, le départ du comptage et son arrêt.

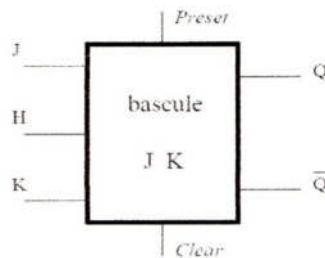


Figure 1.22. La bascule JK [6].

La table de vérité de cette bascule est donnée par la table 1.8.

J	K	Q_n	Q_{n+1}	Résultat
0	0	Q_n	Q_{n+1}	Repos (mémoire)
0	1	Q_n	0	Mise à zéro de Q (Reset)
1	0	Q_n	1	Mise à un de Q (Set)
1	1	Q_n	$\overline{Q_n}$	Changement d'état à chaque front d'horloge

Table 1.8 - Table de vérité de la bascule JK.

Le chronogramme est donné par la figure 1.23 [6].

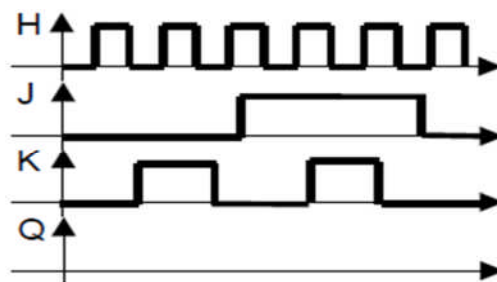


Figure 1.23. Chronogramme de la bascule JK [6].

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

1.8. Circuit intégré CD 4001

Le CD 4001 est un circuit intégré ayant 14 pins en DIL (Dual In Line Package), composé de 4 portes logiques NOR [7].

1.8.1. Brochage du CD 4001

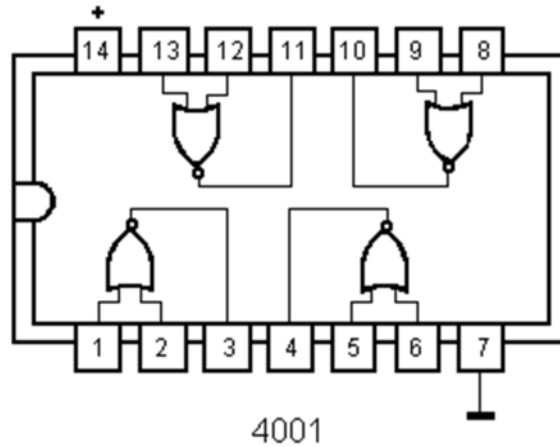


Figure 1.24. Brochage du CD4001.

1.8.2. Description des pins du CD 4001

Numéro de pins	Fonction
1, 2, 5, 6, 8, 9, 12, 13	Entrées données
3, 4, 10, 11	Sorties données
7	Reliée à la masse
14	Reliée à +Vcc

Table 1.9- Description des pins du CD 4001.

1.8.3. Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur du CD 4001

Symboles	Paramètre	Valeur	Unité
VDD	Tension d'alimentation	3-20	V
VI	Tension d'entrée	0-VDD	V
TOP	Température de fonctionnement	(-55) ÷ 125	°C

Table 1.10- Conditions de fonctionnement, recommandées du CD 4001.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

1.9. Circuit intégré CD 4011

Le CD 4011 est un circuit intégré à 14 pins en DIL (Dual In Line Package), composé de 4 portes logique NAND [8].

1.9.1. Brochage du CD 4011

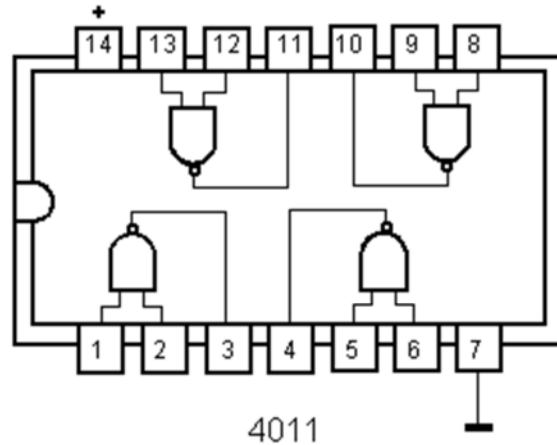


Figure 1.25. Brochage du CD 4011.

1.9.2. Description des pins du CD 4011

Numéro de pins	Fonction
(1, 2), (5, 6), (8, 9), (12, 13)	Entrées données
3, 4, 10, 11	Sorties données
7	Reliée à la masse
14	Reliée à +Vcc

Table 1.11-Description des pins du CD 4011.

1.9.3. Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur du CD 4011

Symboles	Paramètre	Valeur	Unité
VDD	Tension d'alimentation	3-20	V
VI	Tension d'entrée	0-VDD	V
TOP	Température de fonctionnement	(-55)-125	°C

Table 1.12- Conditions de fonctionnement, recommandées du CD 4011.

1.9.4. Caractéristiques

- Courant de repos déterminés jusqu'à 20A
- 5V, 10V et 15V : notations paramétriques
- Fuite de courant d'entrée = 100na (max) et $V_{DD}=18V$ à $T = 25^{\circ}C$
- 100% test de courant de repos
- Respecte toutes les exigences des normes pour les descriptions de la série des dispositifs CMOS

1.10. Circuit intégré CD 4027 [9]

1.10.1. Description générale

Le HEF 4027 est une bascule duale déclenchée par le front d'impulsion double JK flip-flop ; il comporte un ensemble indépendant-directe (SD), claire-directe (CD), les entrées (CP) d'horloges et les sorties (Q, Q/).

Les données sont acceptées quand le CP est bas, elles sont transférées avec un bon rendement à la sortie sur le front montant de l'horloge. Les bonnes synchronisations des claire-directe (CD) et des entrées-directes (SD) sont indépendantes et dépassent les entrées de JK et des horloges (CP).

Les sorties sont mises en mémoire tampon dans le but d'avoir une meilleure exécution du Système.

L'action du déclenchement de la bascule de Schmitt rend l'entrée d'horloge fortement tolérante pour ralentir le temps de montée et de descente du signal.

Ce circuit fonctionne sur une gamme d'alimentation (V_{dd}) recommandée entre 3V à 15V, référencée à V_{ss} (habituellement rectifiées). Les entrées inutilisées doivent être reliées à V_{dd} , à un V_{ss} ou à une autre entrée.

1.10.2. Brochage du HEF 4027

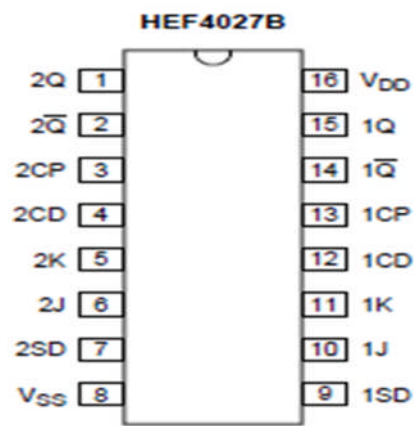


Figure 1.26. Brochage du HEF 4027.

1.10.3. Diagramme fonctionnel

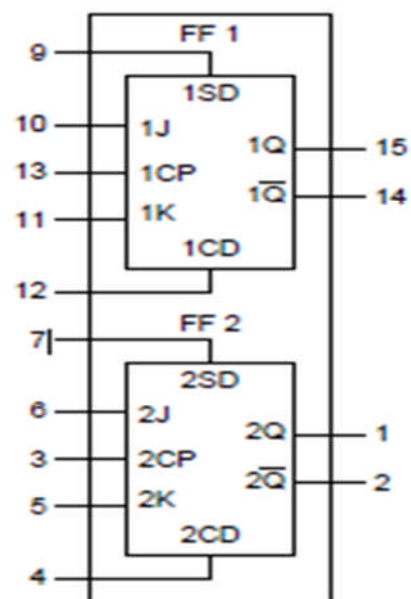


Figure 1.27. Diagramme fonctionnel.

1.10.4. Caractéristiques et avantages

- Fonctionnement entièrement statique
- 5V, 10V et 15V évaluations paramétriques
- Caractéristiques de sorties symétriques normalisées
- Spécifiée de -40°C à +85°C

1.10.5. Applications

- Registres
- Compteurs
- Circuits de commande

1.11. Triac

1.11.1. Description générale

Un triac est contrairement au thyristor, un composant bidirectionnel, qui peut laisser passer le courant dans les deux sens. Et comme le thyristor, ce composant possède trois électrodes : deux électrodes principales appelées A1 et A2 (pour Anode 1 et Anode 2) ou MT1 et MT2 (pour Main Terminal 1 et Main Terminal 2, Main Terminal signifiant ici Terminaison principale), et une électrode de commande G (pour Gâchette) qui permet d'amorcer (de déclencher) plus facilement la conduction du courant entre les deux électrodes principales A1 (MT1) et A2 (MT2).

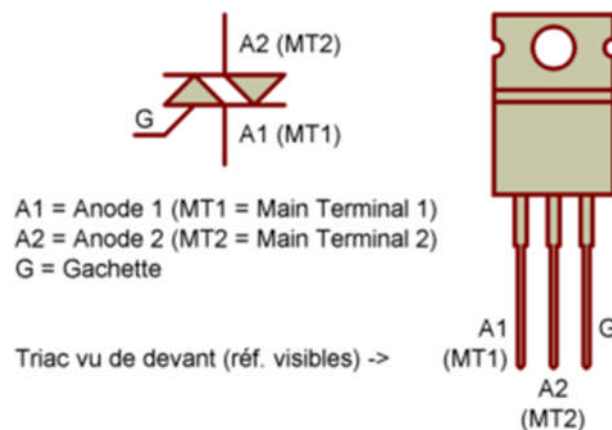


Figure 1.28. Configuration et symbole d'un triac.

On peut dire que le triac est l'équivalent de deux thyristors montés tête-bêche. Mais comme le triac peut conduire dans les deux sens, son utilisation en alternatif est évidente, puisqu'elle permet d'exploiter les deux alternances.

1.11.2. Usage principal du Triac

C'est un composant que l'on retrouve souvent dans les gradateurs de lumière ou modulateurs de lumière. Ce composant permet de disposer d'une interface de puissance à moindre frais, puisque d'un côté on le commande avec quelques mA en basse tension, et que

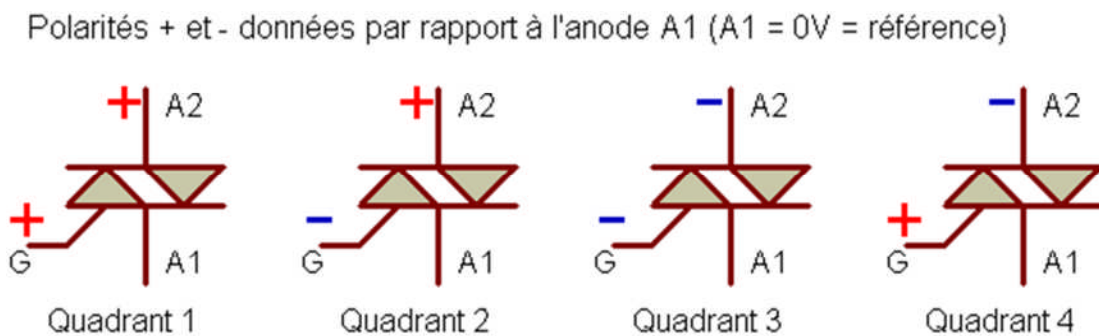
Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

de l'autre il est capable de commuter des courants de plusieurs ampères sous 230V (400V étant la limite maximale des relais les plus communs).

Les relais électromécaniques peuvent remplacer les triacs dans certaines situations, mais il faut bien admettre que côté encombrement, bruit et coût, le triac a quelques avantages à son actif. Le triac peut également être employé comme un "simple" interrupteur dans un programmateur, dans une minuterie ou dans un clignotant, par exemple.

1.11.3. Déclenchement du triac

Le déclenchement du triac s'effectue au travers de la connexion de commande appelée Gâchette (G). Il y a quatre quadrants 1 à 4 (parfois appelés modes 1 à 4) dans lesquels le triac peut être utilisé. Ces quadrants correspondent simplement aux différentes polarités des courants et tensions auxquels peut être soumis le triac au travers de ses trois électrodes.



- Le triac s'amorce (devient passant) quand la tension entre les anodes A1 et A2 dépasse une certaine valeur appelée tension d'amorçage. La valeur de cette tension d'amorçage est fortement réduite quand une tension est appliquée sur la gâchette, et cela quelque soit la polarité de la tension appliquée entre A1 et A2, et quelque soit la polarité de la tension appliquée sur la gâchette. C'est précisément grâce à cette caractéristique que le triac peut être utilisé en alternatif ; et c'est aussi la raison pour laquelle on trouve des montages où les auteurs utilisent le pôle positif de l'alimentation comme point commun (relié à l'anode A1), et d'autres montages où c'est le pôle négatif (en général la masse) qui sert de point commun (relié à A1). Le point commun est généralement la masse, et c'est un des aspects particuliers d'une commande directe d'un triac par un système électronique non isolé galvaniquement.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

- L'état passant du triac persiste tant que le courant circulant entre les anodes A1 et A2 ne descend pas en dessous d'une certaine limite appelée courant de maintien (ou courant hypostatique). Il est intéressant de constater qu'une fois le triac amorcé, le courant qui le traverse ne dépend plus du signal appliqué sur la gâchette c'est-à-dire si la tension de commande disparaît (de façon volontaire pour économiser sur la consommation, par exemple), le triac reste amorcé (conducteur) jusqu'à ce que le courant de passage entre A1 et A2 redescende en dessous de la valeur du courant de maintien.
- La sensibilité du triac dépend parfois du quadrant dans lequel on le fait fonctionner.

1.11.4. Quelques exemples de sensibilité de triac

Certains triacs sont plus sensibles que d'autres ; le tableau ci-dessous précise les courants nécessaires au déclenchement et au maintien de la conduction, pour quelques triacs. Comme dit précédemment, le courant d'amorçage nécessaire pour utilisation en quadrant 4 est largement plus élevé que pour les trois autres quadrants.

	Courant Max	Tension Max	Courant d'amorçage Quadrants 1, 2 et 3	Courant d'amorçage Quadrant 4	Courant de maintien
TIC206	4 A	600 V	0,9 mA	2,4 mA	1,5 mA
TIC225	8 A	600 V	0,8 mA	11,7 mA	3 mA
TIC226	8 A	600 V	2 mA	20 mA	5 mA
BTA06-400	6A	400V	50 mA	100 mA	50 mA
BTA08-600	8 A	600 V	50 mA	100 mA	50 mA
BTA12-600	12 A	600 V	50 mA	100 mA	50 mA
BTA12-700	12 A	700 V	50 mA	100 mA	50 mA
BTA16-600	16 A	600 V	50 mA	100 mA	50 mA
BTA26-600	25 A	600 V	100 mA	150 mA	100 mA
BTA41-700	40 A	700 V	100 mA	150	100 mA

Table 1.13- Tableau comparatif de quelques types de triac.

Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages

Remarque

Un triac est généralement spécifié comme étant capable de commander des charges maximales (par exemple 8 A), mais on parle moins souvent de la charge minimale. Dans certains montages, il est spécifié une valeur de charge minimale pouvant être commandée (par exemple 40 W), et qu'en dessous de cette valeur le bon fonctionnement n'est plus garanti.

1.11.5. Quelques exemples pratiques en commande secteur

La commande la plus simple consiste à appliquer une tension continue sur la gâchette. Cette tension continue peut directement provenir d'une sortie de porte logique TTL, ou provenir d'un transistor épaulant une sortie CMOS un peu faiblarde. On peut aussi passer au travers d'un opto-coupleur ou d'un opto-triac (MOC3040 ou MOC3041 par exemple), afin d'assurer une isolation galvanique entre la partie Commande et la partie Puissance. Ceci évite de rendre la masse commune à la partie commande basse tension et à la partie commandée sous 230V.

1.11. MOC 3041 [10]

1.11.1. Schéma du coupleur

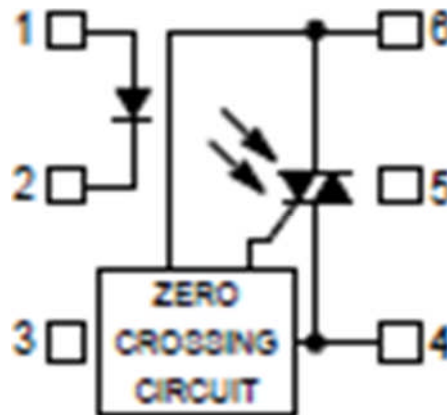


Figure 1.30. Schéma du coupleur.

1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. BORNE PRINCIPALE
5. SUBSTRAT
5. NC
6. BORNE PRINCIPALE

1.11.2. Description général

Le MOC3041 se compose de diode émettrice d'infrarouge à base d'arséniure de gallium, optiquement couplée à un détecteur monolithique de silicium remplissant la fonction d'une tension nulle croisant le conducteur bilatéral de triac.

1.11.3. Caractéristiques

- Simplifie la commande de logique de 115 VCA de puissance
- Croisement zéro de tension
- dv/dt de 2000 V/ms typiques, 1000 V/ms garantis

Il est recommandé pour des applications de 115/240 VCA (RMS) :

- Commandes de solénoïde/valve
- Commandes d'éclairage
- Commutateurs électriques statiques
- Commandes de moteur à courant alternatif
- Contrôles de température.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

2.1. Circuit électrique et fonctionnement détaillé du montage

2.1.1. Circuit électrique

Pour ne pas encombrer le circuit électrique du montage, nous préférons scinder ce dernier en trois circuits distincts : l'alimentation stabilisée, l'étage de commande et l'étage de puissance qui sont donnés respectivement par les figures 3.1, 3.2 et 3.3.

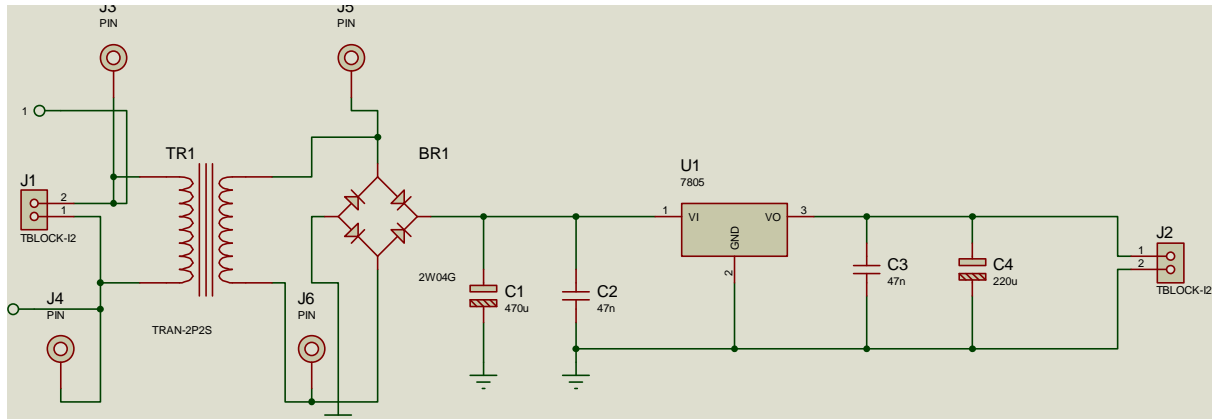


Figure 2.1. Alimentation stabilisée.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

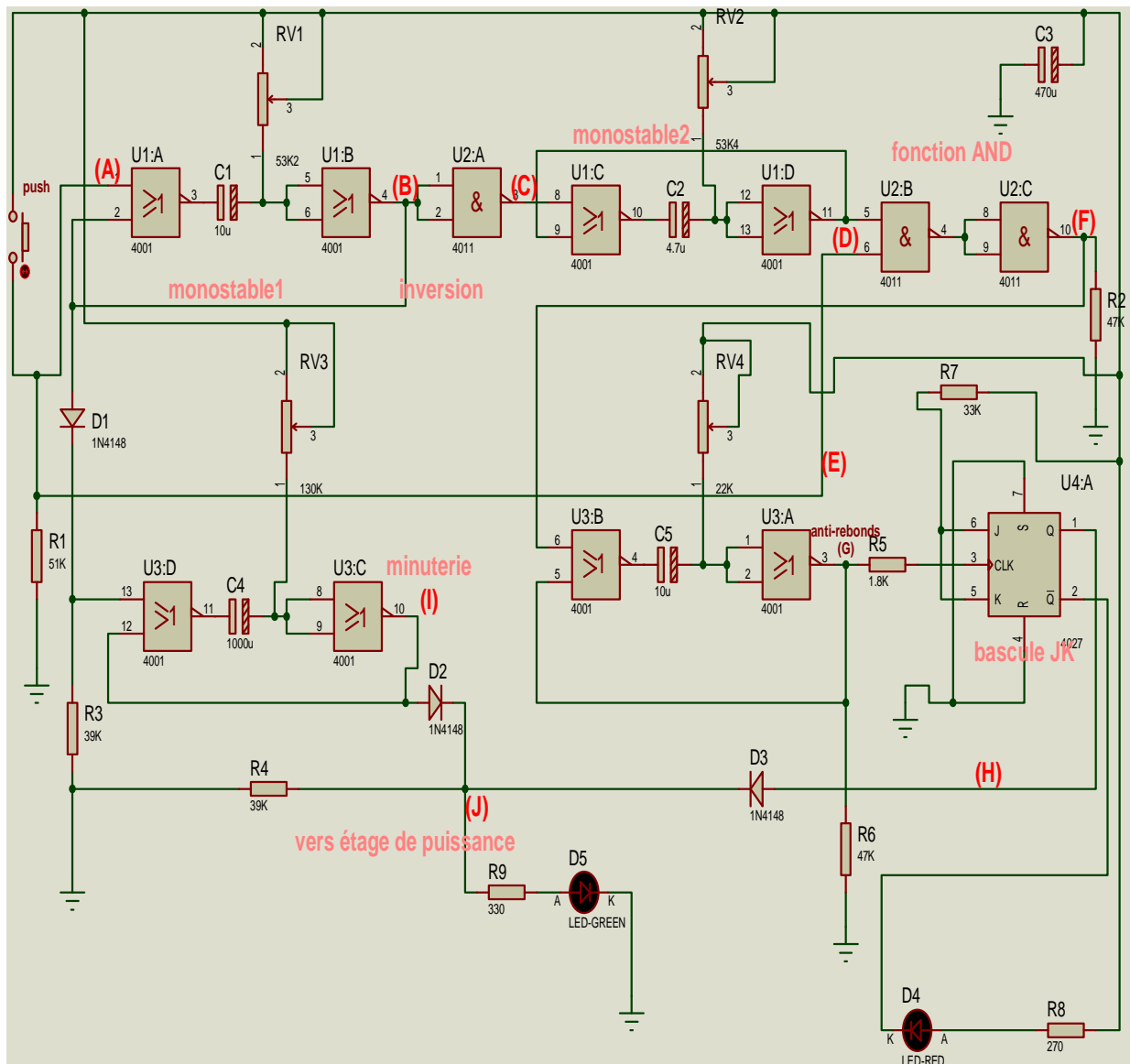


Figure 2.2. Etage de commande.

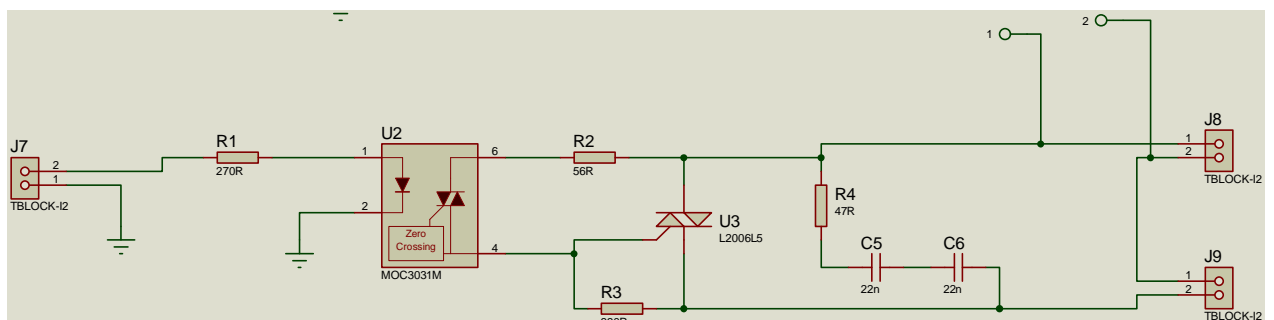


Figure 2.3. Etage de puissance.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

2.1.2. Fonctionnement du circuit électrique

Étage de commande

Dans ce circuit nous avons utilisé un seul bouton poussoir. Le point (A) du schéma est maintenu à la masse au repos, à l'aide de la résistance R1.

La bascule monostable 1, formée par les portes NOR, produit un créneau positif à chaque action sur un poussoir (en fait, à chaque nouveau front positif appliqué sur la broche (1) du point (A)).

Les composants C1 et P1 permettent, dans une large mesure, de modifier la période du signal produit, signal immédiatement inversé par la porte NAND faisant ici office d'inverseur logique.

Le but de cette opération est de produire un front montant après un délai d'environ 0,5 s (point C).

Le monostable 2, construit de la même manière avec deux autres portes NOR du circuit U1, génère à son tour un nouveau créneau positif d'environ 0,5 s. Ce signal est appliqué sur le point (D) (d'une porte AND), cette fonction logique AND est simulée par l'utilisation simultanée des portes NAND.

La porte AND (broche 6) reçoit aussi également l'impulsion ou niveau « haut » de poussoir. Si cette impulsion est brève, soit moins de 0,5 s, la sortie de la fonction AND reste « basse » sur le point test (F). Si l'action est plus longue, on aura deux niveaux « haut » sur l'entrée de la porte AND, qui feront passer la sortie au niveau (1).

Ce signal est mis à profit, à travers une bascule servant d'anti-rebonds, pour réaliser le pilotage du télérupteur, en l'occurrence l'une des deux bascules JK.

En reliant les entrées J et K par une résistance commune au niveau « haut », chaque impulsion positive sur l'entrée horloge (3) fera alterner l'état logique des sorties Q et Q\.

La broche (1), à travers la diode anti-retour D3, est aiguillée vers l'étage de puissance à triac (point J).

Quand Q est à 1, la sortie Q\ passe à 0 et permet l'allumage de la LED D4. Le monostable 1 qui est à l'entrée du schéma déclenche à travers la diode D1, la mise en route de notre minuterie ; en fait une troisième bascule monostable construite autour des portes NOR /H & I. On règle le temps en fonction de la valeur C4 et de la position du potentiomètre RV3.

Pour que la lampe s'éteigne, il faut que le délai de la minuterie soit écoulé ; la LED D4 va s'éteindre.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

Dans le premier essai pratique ; nous avons placé une LED en série avec une résistance de 330Ω pour la protection, en série dans le point J. Ainsi, nous avons réglé le temps d'allumage à une minute (1 mn) de la LED ; après quoi, cette dernière s'éteint.

Etage de puissance et alimentation

La sortie du monostable est réglée sur 1 min ; elle permet à la lampe de s'allumer pendant ce temps. Cette charge vient après un opto-triac qui sert d'isolation suivi d'un triac commandé.

Le monostable 1

Ce monostable est conditionné pour produire un créneau positif de 0,5 s (point B). Ce dernier est fixé par C1 et RV1.

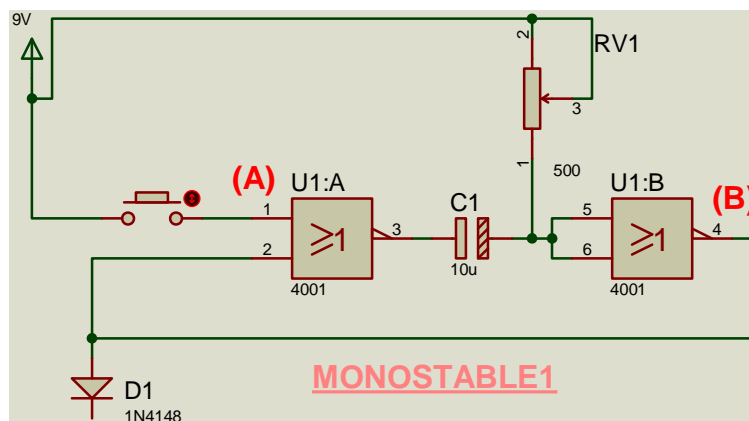
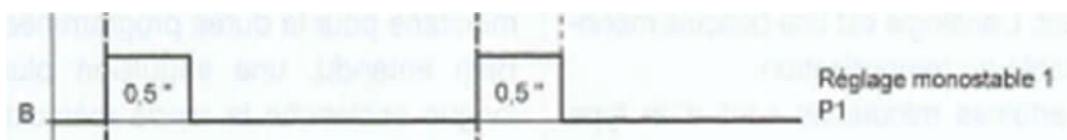
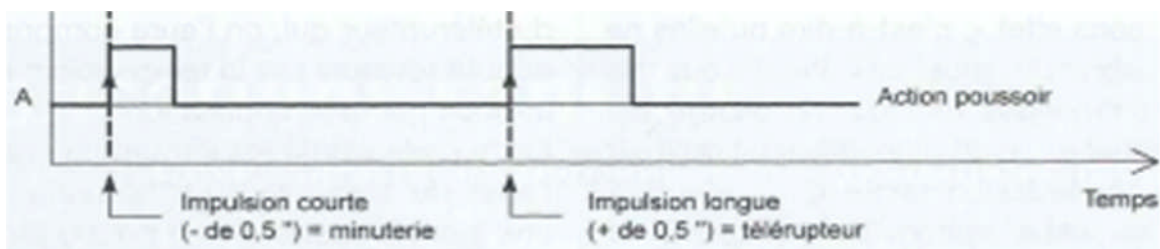


Figure 2.4. Monostable 1.



Chapitre 2 : Réalisation pratique

L'inverseur et le monostable 2

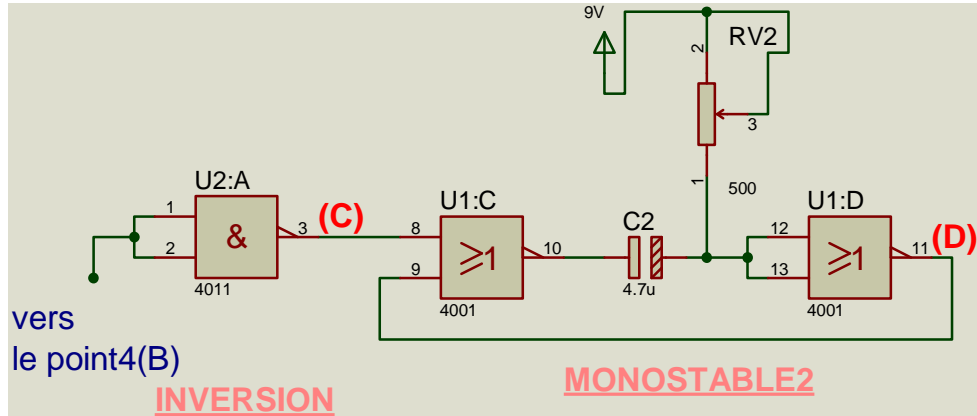
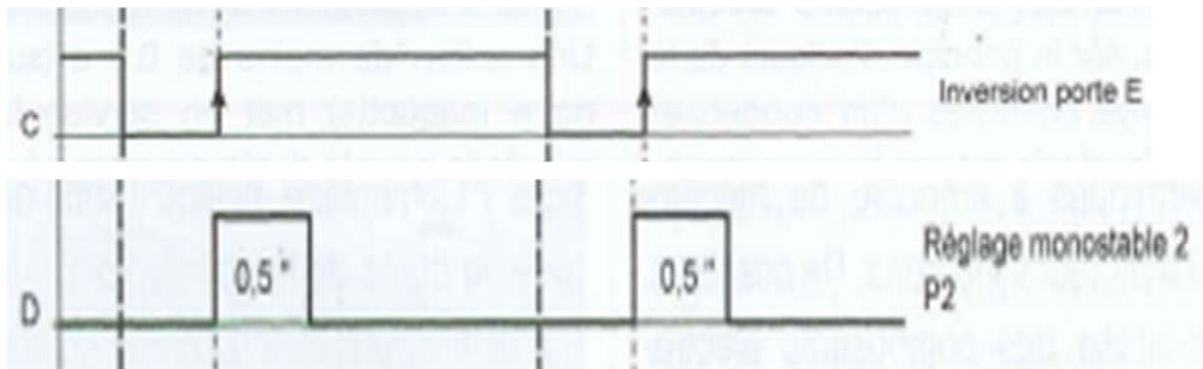


Figure 2.5. Inverseur et monostable 2.

Le signal de sortie du monostable 1 est inversé par la porte NAND (point C), puis il attaque le monostable 2 constitué de portes NOR qui génère un créneau positif de 0,5 s (point D).



Fonction AND

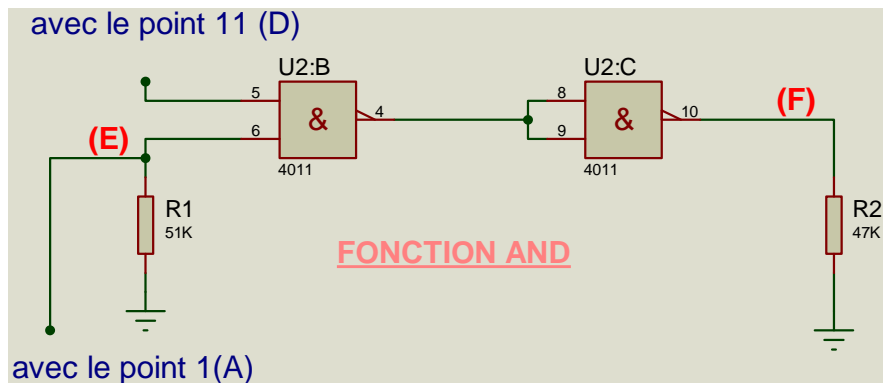
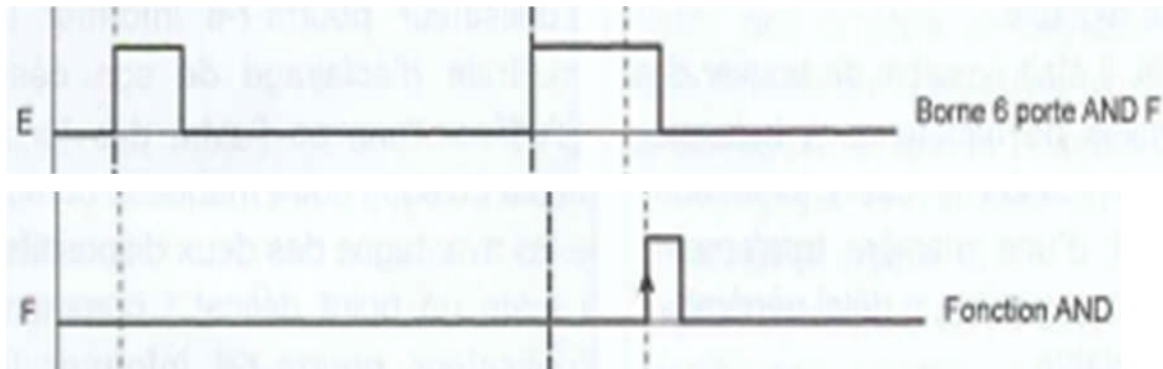


Figure 2.6. Fonctions AND.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

La sortie du monostable 2 est appliquée sur deux portes NAND afin d'obtenir des fronts très raides (point F).



Basculement

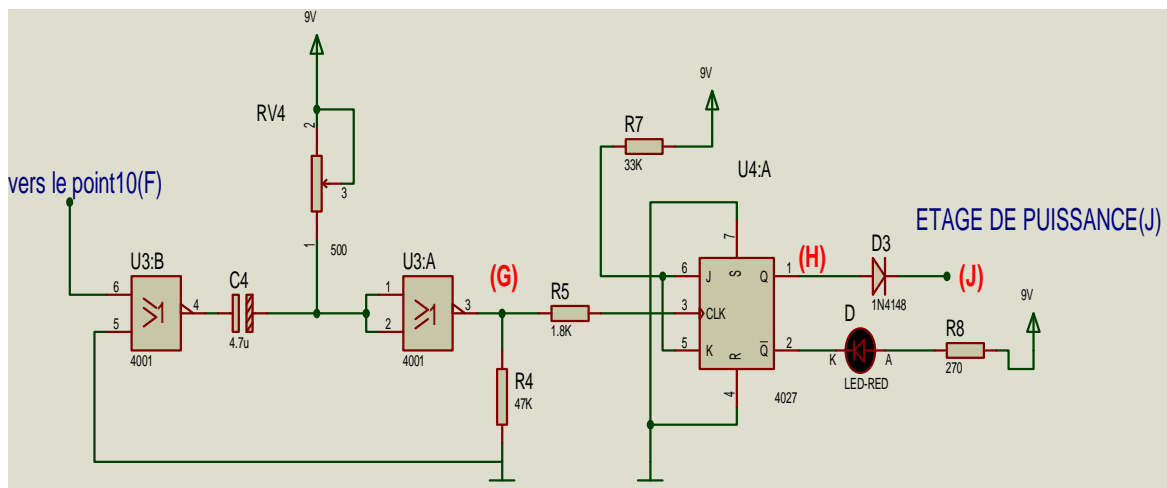


Figure 2.7. Basculement.

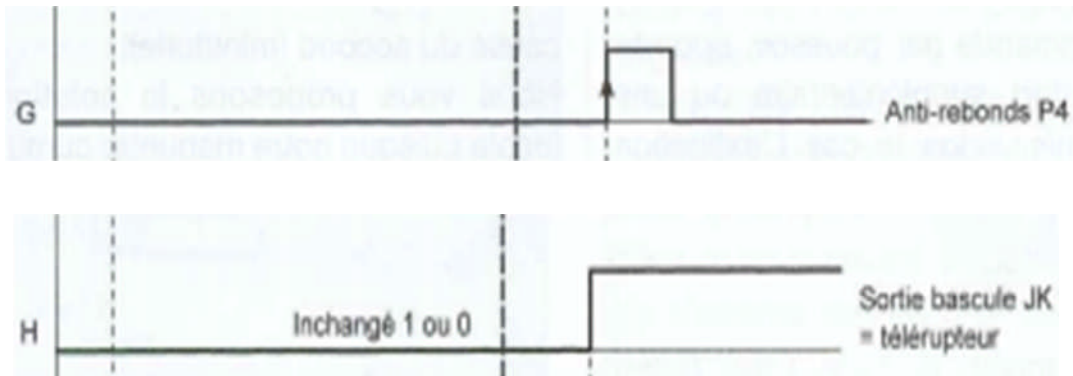
La bascule monostable à base de portes NOR U3B et U3A, fait office d'anti-rebonds avant d'attaquer la bascule U4A.

La bascule JK aide pour réaliser le pilotage du télérupteur.

Au point G, on trouve un signal positif.

Le point H inchangé 1 ou 0 ; c'est-à-dire lorsque Q est à 1, la sortie Q\ passe à 0 (elle permet l'allumage de la LED).

Chapitre 2 : Réalisation pratique



Temporisateur

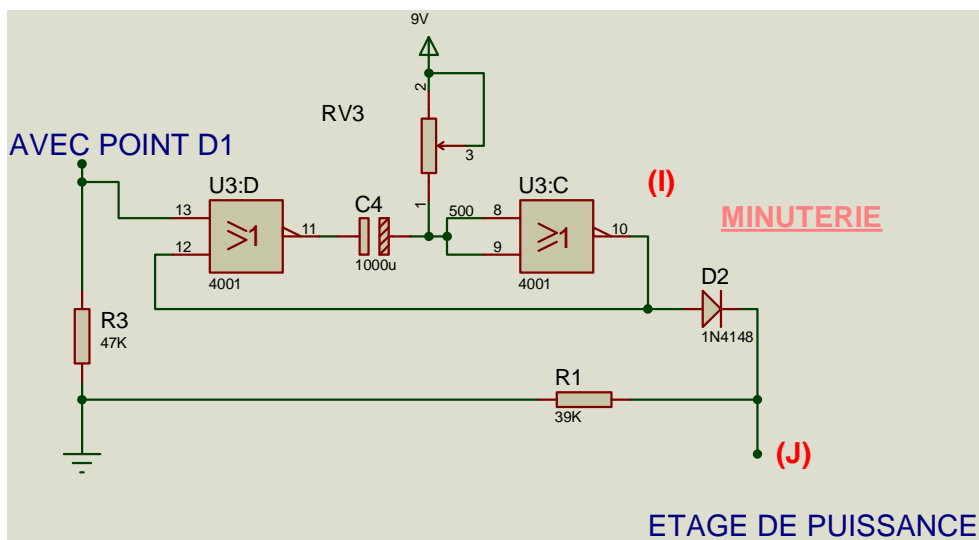
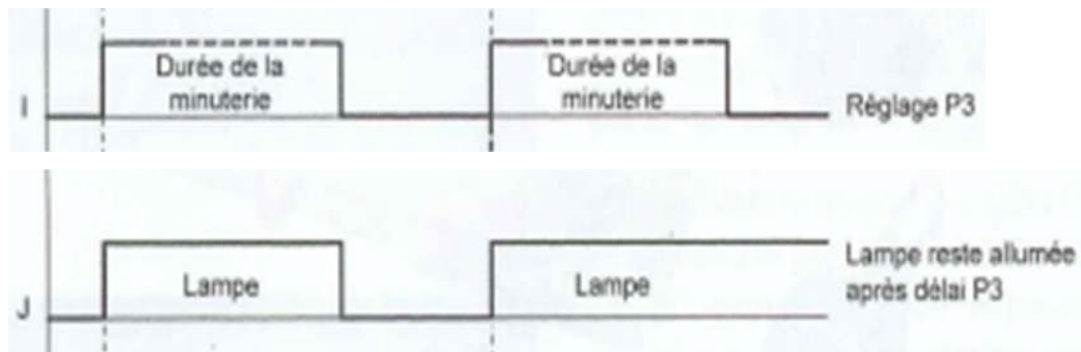


Figure 2.8. Temporisateur.

En effet ; c'est grâce au monostable 1 qu'on peut déclencher à travers la diode D1, la mise en route à notre minuterie.

On règle notre temps en fonction du C4 et de la position du RV3 (placé l'extérieur du montage) ; nous avons pris dans la pratique, un délai de 1 minute.



2.2. Circuit imprimé et câblage

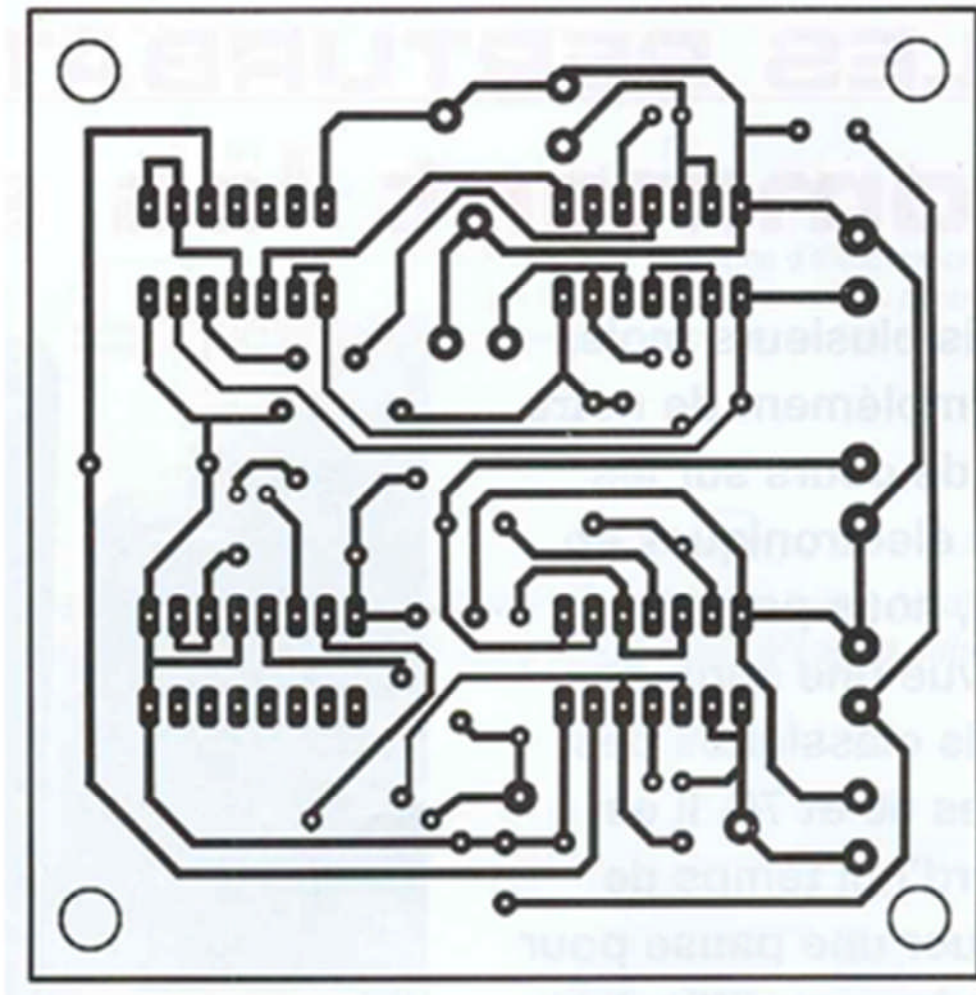


Figure 2.9. Circuit imprimé_ étage de commande.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

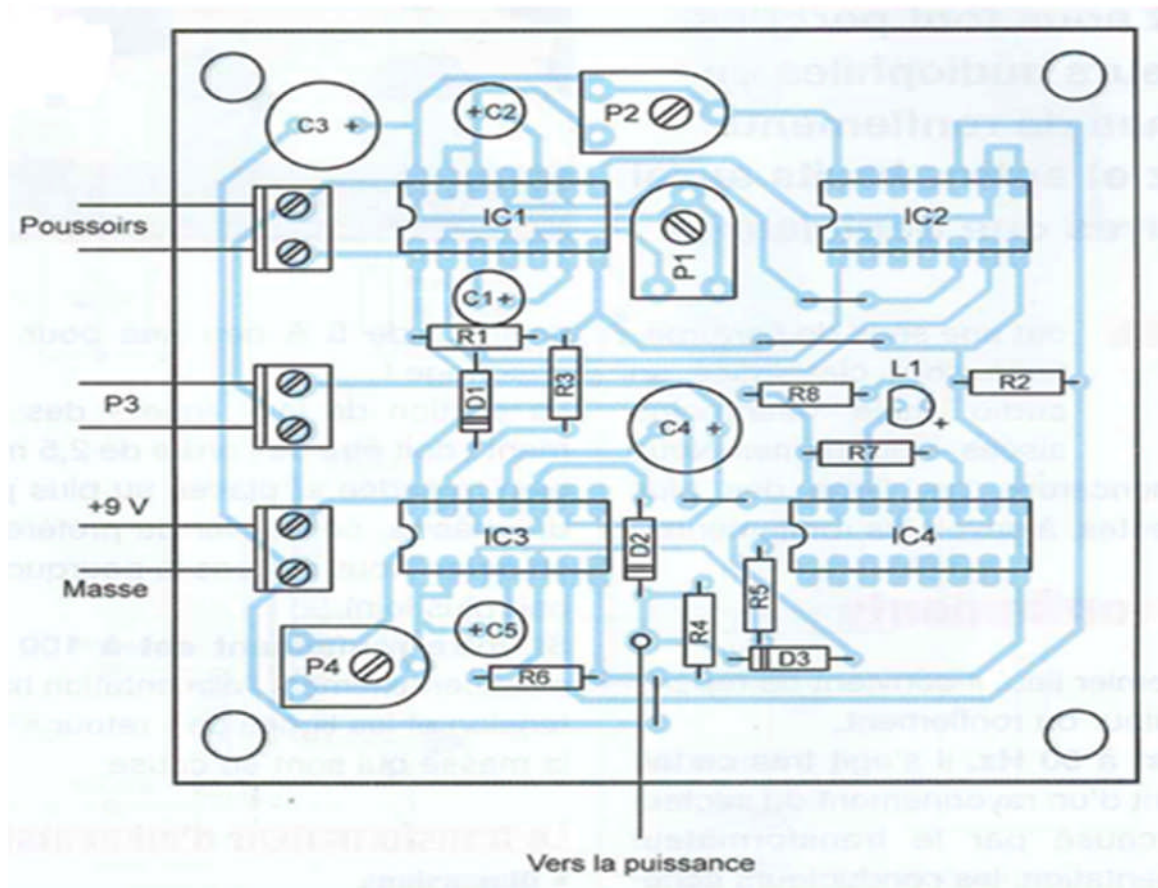


Figure 2.10. Circuit imprimé coté composant _ étage de commande.

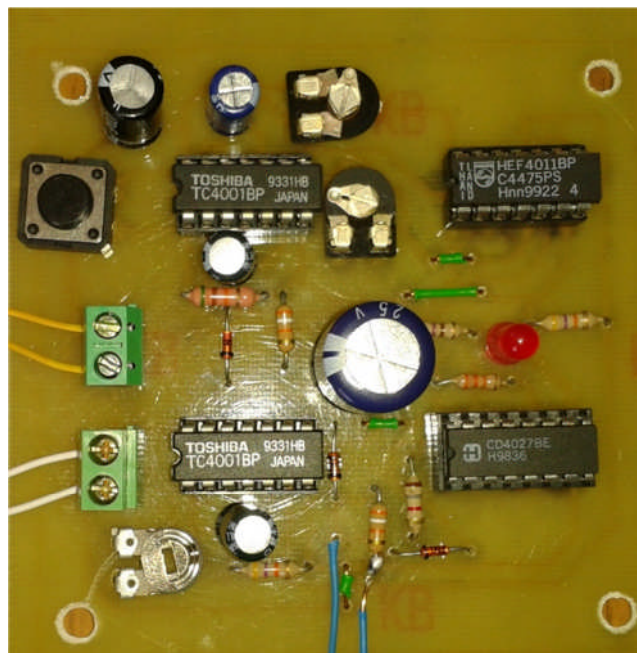


Figure 2.11. Etage de commande.

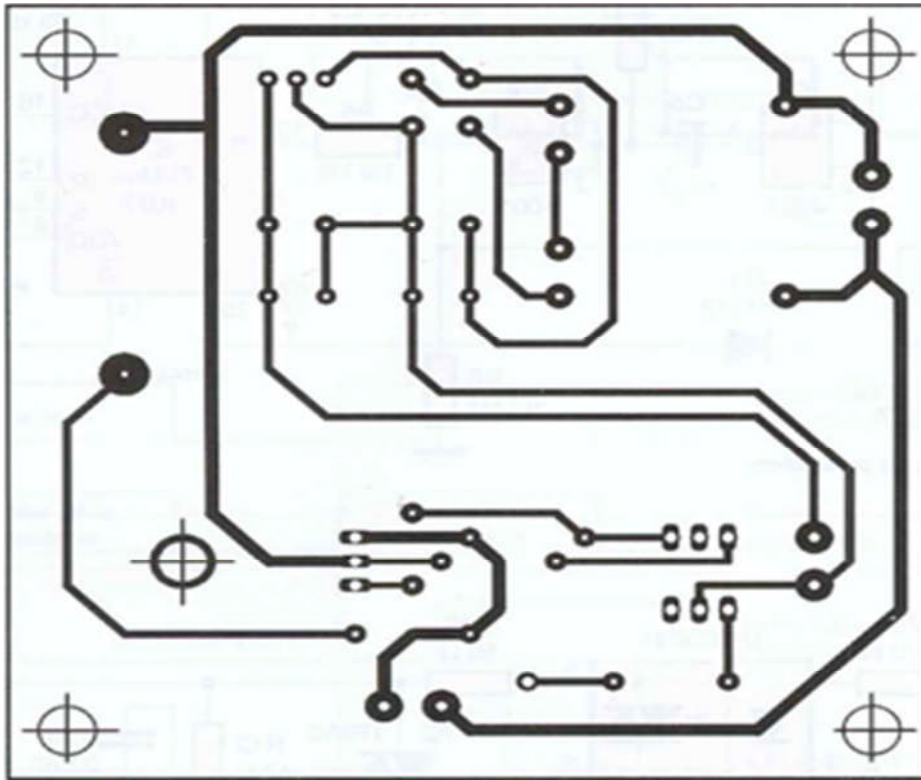


Figure 2.12 Circuit imprimé _ étage de puissance et alimentation.

Chapitre 2 : Réalisation pratique

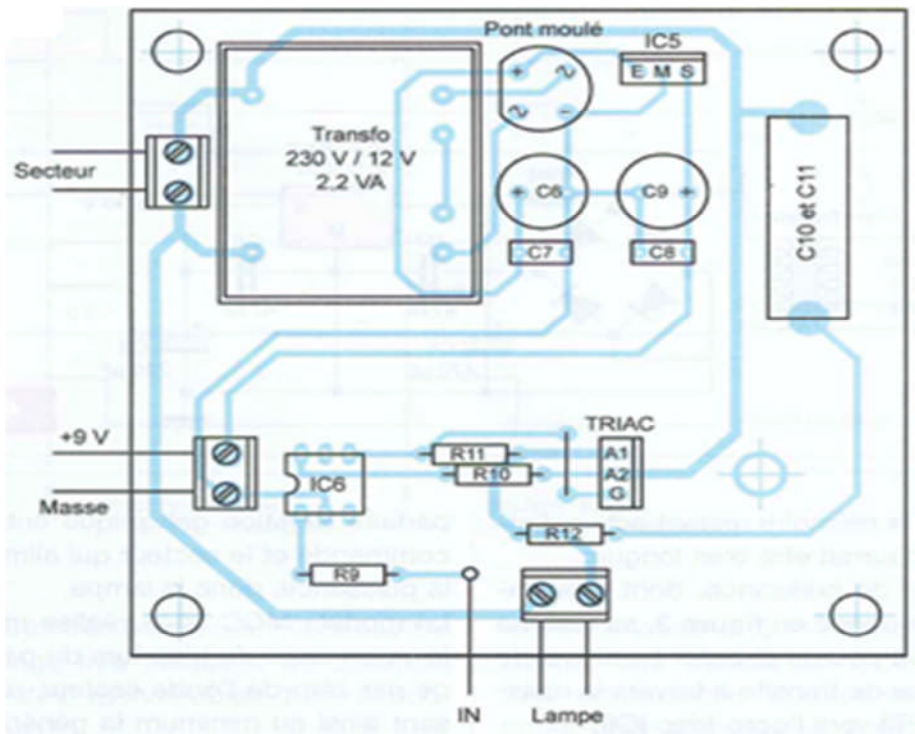


Figure 2.13 circuit imprimé coté composants _ étage de puissance et alimentation.

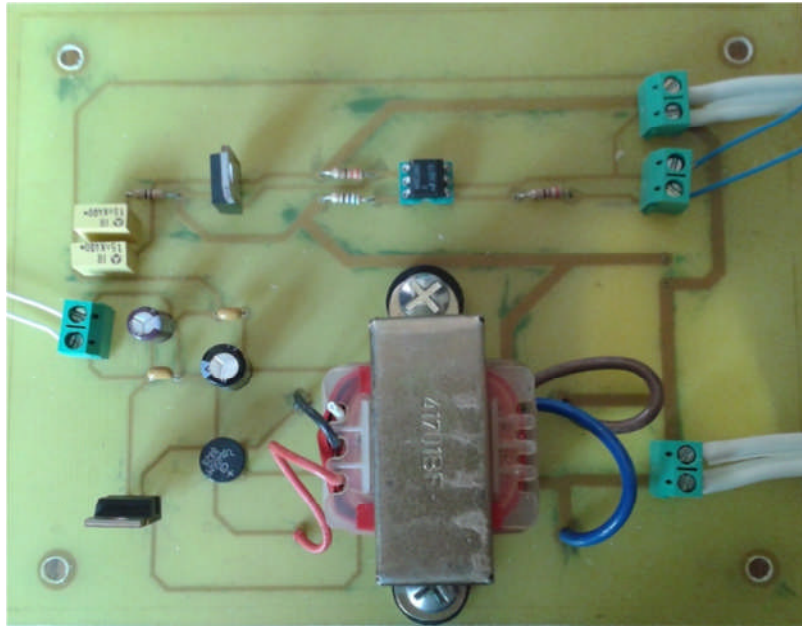


Figure 2.14. L'alimentation et l'étage de puissance.

2.3. Nomenclature des composants

Resistances

R_1 : 51k Ω

R_2 : 47 k Ω

R_3, R_4 : 39 k Ω

R_5 : 1,8 k Ω

R_6 : 47 k Ω

R_7 :33 k Ω

R_8, R_9 :270 Ω

R_{10} : 56 Ω

R_{11} :330 Ω

R_{12} :47 Ω

P_1, P_2 : ajustable 220 k Ω

P_3 : potentiomètre 220 k Ω

Condensateurs

C_1 : 10 μ F/25V

C_2 : 47 μ F/25V

C_3 : 470 μ F/25V

C_4 : 1000 μ F/25V

C_5 : 10 μ F/25V

C_6 : 470 μ F/25V

C_7, C_8 : 47nF

C_9 , : 220 μ F/25V

C_{10}, C_{11} : 15nF/400V

Chapitre 2 : Réalisation pratique

Semiconducteurs

IC1 : CD4001

IC2 : CD4011

IC3 : CD4027

IC5 : régulateur 9V, boîtier TO 220

IC6 : MOC 3041

D1, D2, D3 : 1N4148

L1 : diode électroluminescente

Pont moulé cylindrique

Triac 6A/400V

Divers

3 supports DIL 14, broches (tulipe)

1 support DIL 16, broches (tulipe)

1 support DIL 6, broches (tulipe)

Transformateur

Conclusion

Des interrupteurs traditionnels sont bien connus et sont plus ou moins difficiles. Notre sujet consistait à commander l'éclairage d'une lampe pendant une durée déterminée, simplement en détectant le temps d'action sur les poussoirs de commande. Cette durée est réglable à volonté, et c'est un avantage.

Nous avons donné d'abord le schéma synoptique du montage et son fonctionnement bloc ; puis nous avons étudié tous les étages qui constituent le montage. Après ; nous avons présenté le circuit électrique du montage, nous avons expliqué en détail son fonctionnement, puis nous en avons fait la réalisation pratique.

Sans aucun doute, notre montage est loin d'être parfait ; des améliorations seraient donc possibles pour réaliser un circuit plus performant. Des critiques et commentaires des lecteurs apporteraient un plus.

Bibliographie

- [1] Ecole Supérieure de Biotechnologie de Strasbourg. Electronique C.Ling.
- [2] Electronique pratique Juin-2008.
- [3] Wafaa MAATI ; Etude et réalisation d'un générateur de durée de porte à oscillateur intégré (VCO) (master : instrumentation électronique) ; 2012-2013 ; université de Tlemcen.
- [4] Mourad HADJILA. Logique combinatoire et sentielle. Technical report, Cours d'ingénieur en électronique, module TEC480 : Electronique numérique.
- [5] Pierre DUBUC and Mathieu NEBRA. Portes logique. Technical report, Simple IT, cours sur les portes logiques :
<http://www.siteduzero.com/informatique/tutoriels/fonctionnement-d-un-ordinateur-depuis-zero/portes-logiques>, Access 2013.
- [6] Cours logique séquentielle. Versailles- CREDMA 2007-2008.
- [7] CD4001 Fiche technique – Texas Instruments – CMOS NAND GATES, 1999.
- [8] CD4011 Fiche technique – Texas Instruments – CMOS NAND GATES, 1999.
- [9] Dual JK flip-flop Rev. 9-18 November 2011; Product data sheet.
- [10] MOTOROLA Semiconductor Technical. 1995.