

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En :** Electronique

**Spécialité :** Instrumentation Electronique

**Par :** ANDALOUCI Bochra  
BENAOUDA Fatima Zohra

### **Sujet**

**Convertisseur son/lumière pour téléphone : étude et réalisation d'un circuit**

Soutenu publiquement, le / /2017, devant le jury composé de :

|                        |            |               |                      |
|------------------------|------------|---------------|----------------------|
| M. BELAID Ali          | M.A.A      | Univ. Tlemcen | Président            |
| M. HAMDOUNE Abdelkader | Professeur | Univ. Tlemcen | Directeur de mémoire |
| M. HACHIM Abdallah     | M.A.A      | Univ. Tlemcen | Examinateur 1        |

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à :*

*· Mes parents :*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mes frères , sœurs et amis qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

## ***Dédicace***

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que : Je dédie cette thèse de master2 à :*

*A Ma tendre Mère Cherifa : Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*A Mon très cher Père Abderrahmane : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*A ma sœur SOUMIA et mes frères abdelhak et Abdel Hadi sans oublier mes chers amis :bochra ,Imane, nadia,ikrame,kheira,imane ,warda qui ont resté toujours à mes coté*

*A mon professeur **Mr :HAMDOUN** pour son immense effort*

*A tous les membres de ma promotion. A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études. A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.*

## **Remerciements**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **Mr :HAMDOUN** son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Un grand remerciements au corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences et technologie pour la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Sommaire :*

|   |          |
|---|----------|
| Introduction .....  | 1        |
| Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages ..... | 2        |
| 1.1 Schéma synoptique .....   | 2        |
| 1.2 Etudes théorique des différentes étages .....                             | 3        |
| 1.2.1 Alimentation stabilisé .....  | 3.4      |
| 1.2.2 Oscillateur .....   | 4        |
| 1.2.2.1 Caractéristiques d'un signal rectangulaire .....                      | 4        |
| 1.2.2.2 Oscillateur astable .....   | 5.6      |
| 1.2.2.3 Monostable .....  | 6.7.8    |
| Polarité de l'impulsion de sortie .....                                       | 7        |
| Redéclenchable ou non redéclenchable .....                                    | 7.8      |
| 1.2.3 Amplificateur Opérationnel .....  | 8        |
| 1.2.3.1 Définitions .....   | 8.9      |
| 1.2.3.2 Amplificateur Opérationnel monté en amplificateur inverseur .....     | 9        |
| 1.2.3.3 Amplificateur Opérationnel monté en amplificateur non inverseur ..... | 10       |
| 1.2.3.4 Comparateur et générateur de signaux .....                            | 10.11    |
| 1.2.4 Dérivateur et intégrateur .....   | 11       |
| 1.2.4.1 Dérivateur à circuit RC, référencé à la masse .....                   | 11.12.13 |
| 1.2.4.2 Dérivateur à circuit RC référencé a + 5 V .....                       | 13.14    |
| 1.2.4.3 Intégrateur à circuit RC .....  | 15       |
| 1.2.5 Circuit intégré CD4001 .....  | 15.16    |
| 1.2.6 Transistor bipolaire .....  | 16.17.18 |
| 1.2.7 Thyristor .....   | 18.19    |
| Chapitre 2 : Réalisation pratique .....                                       | 20       |
| 2.1 Circuit électrique .....  | 20       |
| 2.2 Fonctionnement détaillé du montage .....                                  | 21       |
| Détection d'appel .....   | 21       |
| Amplificateur opérationnel .....  | 21.22    |
| Comparateur .....   | 22       |
| Monostable .....  | 22       |
| Intégrateur .....   | 22.23    |
| Dérivateur .....  | 23       |

## *Sommaires*

---

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Astable .....                        | 23          |
| Etage de sortie.....                 | 23.24       |
| 2.3 Montage sur plaque d'essai ..... | 24          |
| 2.4 Mesures pratiques .....          | 25.26.27.28 |
| Conclusion générale.....             | 29          |

## *Liste des figures :*

Figure 1.1 : Schéma synoptique du circuit.

Figure 1.2 : Circuit d'alimentation stabilisée.

Figure 1.3 : Signal rectangulaire d'un oscillateur astable.

Figure 1.4 : Astable à base d'AOP.

Figure 1.5 : Astable à base de NE555.

Figure 1.6 : Astable à base de portes NAND.

Figure 1.6 : Astable commandé à base de portes NAND.

Figure 1.7 : Monostable à portes logiques NOR.

Figure 1.8 : Représentation d'un AOP.

Figure 1.9 : Amplificateur inverseur à base d'AOP.

Figure 1.10 : Amplificateur non inverseur à base d'AOP.

Figure 1.11 : Alimentation d'un AOP, symétrique à gauche ou positive (non symétrique) à droite.

Figure 1.12 : Dérivateur à circuit RC.

Figure 1.13 : Signal d'entrée.

Figure 1.14 : Signal de sortie sans D.

Figure 1.15 : Signal de sortie avec D.

Figure 1.16 : Dérivateur à circuit RC référencé à + 5 V.

Figure 1.17 : Signal d'entrée.

Figure 1.18 : Signal de sortie sans D.

Figure 1.19 : Signal de sortie avec D.

Figure 1.20 : Intégrateur à circuit RC.

Figure 1.21 : Réponse d'un intégrateur à circuit RC.

Figure 1.22 : Configuration interne d'un CD4001.

Figure 1.23 : Structures et symboles des transistors bipolaires.

Figure 2.1 : Circuit électrique.

### **Introduction**

La sonnerie du téléphone n'est pas souhaitable dans certaines situations ; en même temps, on ne doit pas la couper. Elle pourrait être supprimée, tout en étant averti d'un appel grâce à un avertisseur lumineux pouvant être aperçu.

Notre projet a comme objectif d'étudier et de réaliser un montage qui résout ce problème ; il est divisé en deux chapitres :

- ✓ Dans le premier chapitre : nous donnons le schéma synoptique et la présentation du montage. Nous faisons ensuite l'étude théorique des différents étages.
- ✓ Dans le deuxième chapitre : nous donnons le circuit électrique du montage et nous en faisons la réalisation pratique ; le fonctionnement détaillé est donné, avec des mesures pratiques.

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



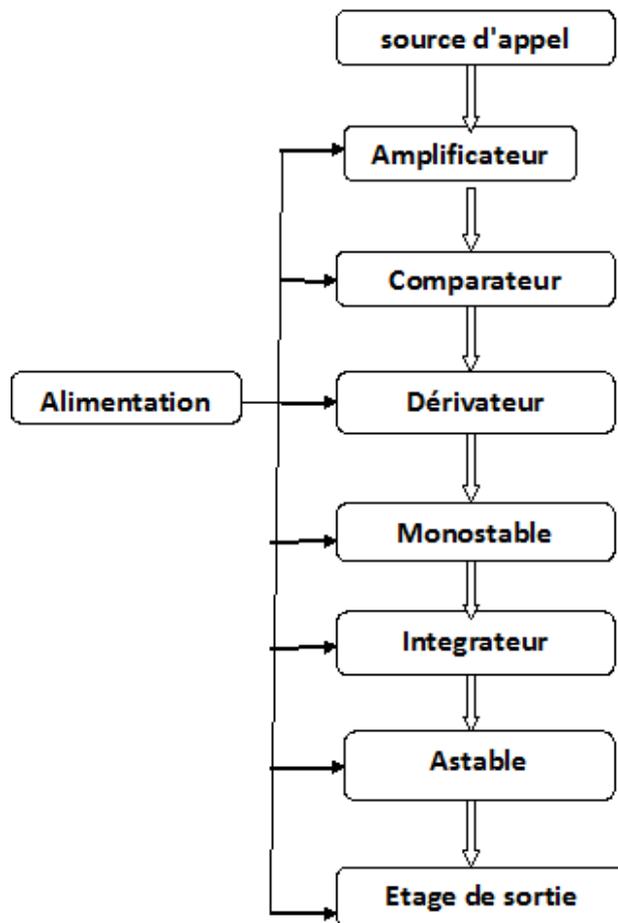
**Chapitre 1 : Schéma synoptique et étude théorique des différents étages du montage****1.1 Schéma synoptique**

Figure 1.1 : Schéma synoptique du circuit.

Notre montage est sensible aux signaux caractéristiques d'un appel qui sont prélevés de la ligne téléphonique. Lors de la détection d'un appel entrant ; le signal est introduit dans un comparateur, un dérivateur, puis un circuit du monostable avant de passer par un intégrateur. Enfin on reçoit un signal de sortie qui passe par un circuit astable. Après un traitement approprié, il y a une émission périodique de lumière au niveau d'une lampe stroboscopique ou une LED de haute brillance. Les éclats persistent pendant toute la durée de l'appel, ils cessent lorsque l'on décroche le combiné.

## 1.2 : Etude théorique des différents étages

### 1.2.1 : Alimentation stabilisée

Le terme d'alimentation électrique désigne un ensemble de systèmes capables de fournir de l'électricité aux appareils fonctionnant avec cette énergie. L'alimentation électrique est l'appareillage qui tire le courant électrique d'un réseau électrique et le fournit, sous une forme appropriée, à un autre appareil : courant, tension et fréquence tels que requis par l'appareil, de façon stable et constante.

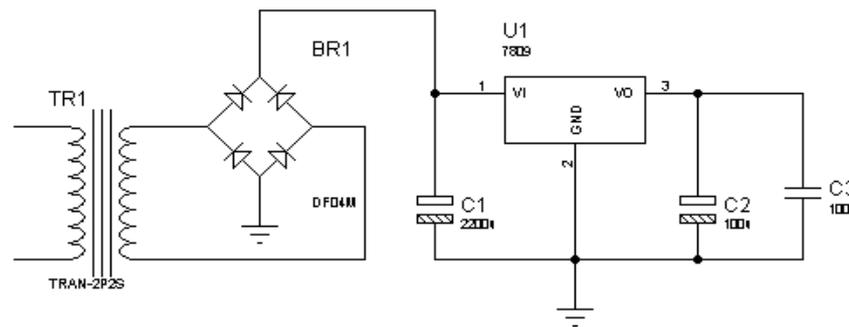


Figure 1.2 : Circuit d'alimentation stabilisée.

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.

On distingue les transformateurs statiques et les commutateurs. Dans un transformateur statique, l'énergie est transférée du primaire au secondaire par l'intermédiaire du circuit magnétique que constitue la carcasse du transformateur. Ces deux circuits sont alors magnétiquement couplés. Ceci permet de réaliser un isolement galvanique entre les deux circuits. Dans une commutatrice, l'énergie est transmise de manière mécanique entre une génératrice et un moteur électrique

Le transformateur a pour objectif deux fonctions :

- ✚ L'isolement de l'équipement du secteur alimentaire.
  - ✚ Il baisse la tension car la tension fournie par le secteur est très élevée par rapport à celle que nécessite notre circuit.
- Le pont de diodes c'est-à-dire le redresseur convertit la tension alternative du secondaire du transformateur en une tension unidirectionnelle.
- Le filtre constitué de condensateurs, sert à éliminer les parasites du courant redressé sous forme de tension ondulée.

- Le régulateur maintient la tension de sortie constante quelle que soit la tension de l'alimentation du secteur

Un régulateur de tension est un circuit intégré ; son rôle est celui d'une source de tension. Il doit fournir une tension constante pour n'importe quel courant de sortie, ou n'importe quelle charge.

La tension à sa sortie peut être fixe (cas des 7812, 7805 etc...) ou ajustable (LM317 etc.). Elle peut aussi bien être positive que négative. Pour les régulateurs à tension fixe, les tensions les plus courantes sont : -15V, -12V, -5V, 3.3V, 5V, 8V, 9V, 12V, 15V, 18V, 24V.

### 1.2.2 Oscillateur

Un oscillateur électronique est un montage électronique dont la fonction est de produire un signal périodique de forme sinusoïdale, carrée, voire en dents de scie, ou quelconque. L'oscillateur peut avoir une fréquence fixe ou variable. Il existe deux types d'oscillateurs : les oscillateurs harmoniques qui produisent un signal sinusoïdal et les oscillateurs de relaxation ne produisant pas un signal sinusoïdal [1] [2].

#### 1.2.2.1 Caractéristiques d'un signal rectangulaire

Générer un signal électrique consiste à produire des variations de tension dont les caractéristiques de forme, d'amplitude et de fréquence sont connues. Dans le cas d'un signal rectangulaire, les 4 caractéristiques importantes du signal généré sont :

- Le temps durant lequel le signal est à l'état haut (« temps haut » noté  $t_H$ ).
- Le temps durant lequel le signal est à l'état bas (« temps bas » noté  $t_B$ ).
- L'amplitude (D.D.P. entre le niveau haut et le niveau bas).
- La valeur moyenne.

Connaissant le temps haut et le temps bas du signal rectangulaire, on peut en déduire la période  $T$  et la fréquence  $f$  du signal :

$$f = \frac{1}{T_H + T_B}$$

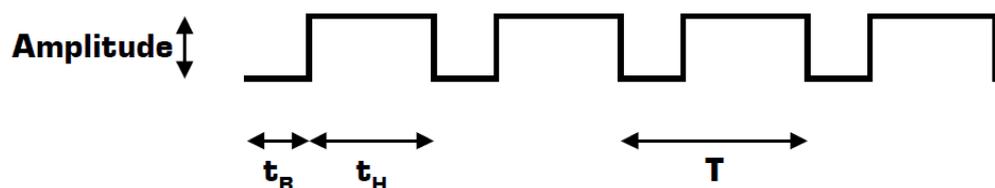


Figure 1.3 : Signal rectangulaire d'un oscillateur astable.

### 1.2.2.2 Oscillateur astable

Le terme astable désigne une structure ne possédant pas d'état stable. Un oscillateur astable délivre un signal qui oscille continuellement d'un état à l'autre, sans jamais se stabiliser ; on parle également de multivibrateur astable. C'est un système qui n'a pas besoin de signal externe de déclenchement ; il est régulièrement utilisé pour générer des signaux carrés par exemple pour des signaux d'horloges de circuits numériques. Un astable peut être à base d'amplificateur opérationnel (figure 1.4), de NE555 (figure 1.5), de portes NOR ou de portes NAND (figure 1.6), etc [1] [2].

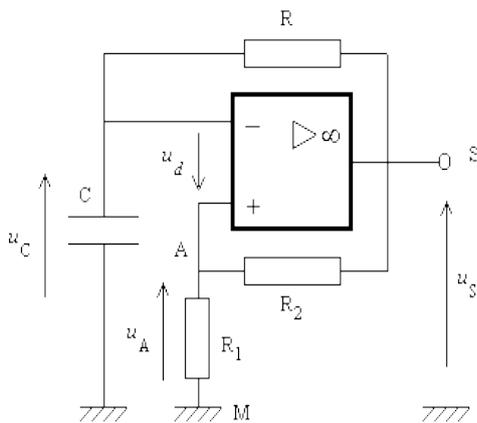


Figure 1.4 : Astable à base d'AOP

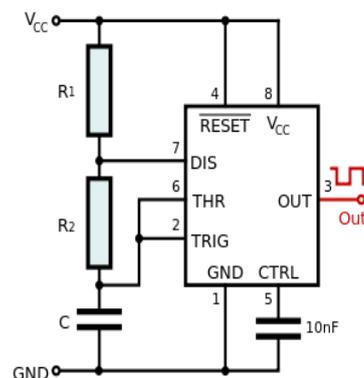


Figure 1.5 : Astable à base de NE555.

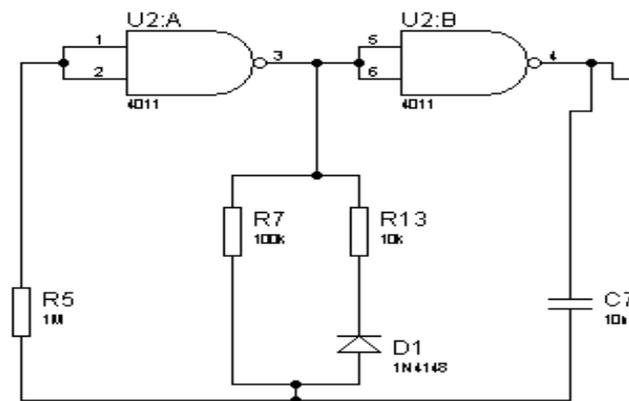


Figure 1.6 : Astable à base de portes NAND.

Dans notre montage, le premier oscillateur est de type non commandé, il est composé de deux portes NAND du CD4011 ; il génère des créneaux de forme non carrée étant donné le déséquilibre introduit par la présence de la diode D1.

La durée des états « haut » est donnée par la relation :  $T1 = 1,1 \times R13 \times C7$

La durée des états bas se détermine par la relation :  $T2 = 1,1 \times R7 \times C7$

R5 n'intervient pas dans le calcul de la période d'oscillation, sa valeur est très petite par rapport à l'impédance d'entrée de la porte NAND ; son rôle est rendre le montage plus fiable.

Un deuxième type existe aussi, un multivibrateur astable commandé (c'est l'oscillateur 2 de notre montage). Il est composé de deux portes NAND, mais à la différence du premier, il est de type commandé c'est-à-dire il ne fonctionne que si l'entrée 8 est à l'état « haut ».

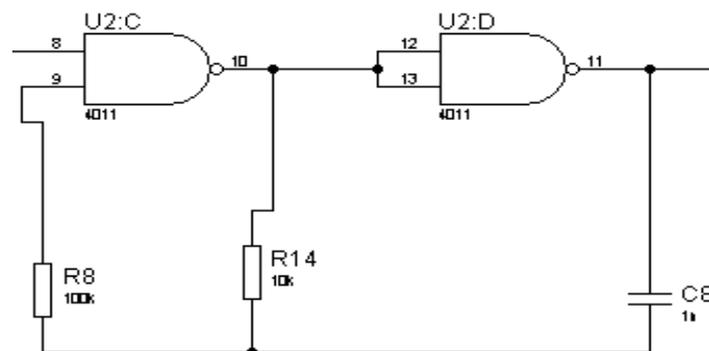


Figure 1.6 : Astable commandé à base de portes NAND.

Quand la porte NAND 1 est à l'état bas, elle est donc précédée par un état haut de la porte NAND 2, dans ce cas la le multivibrateur est en état de blocage.

Chaque fois que cette entrée de commande est soumise à un état bas, le multivibrateur fonctionne par la charge C8 à travers la résistance R14 et par décharge de cette même capacité puis charge et décharge en sens inverse et ainsi de suite. Le fonctionnement de cet oscillateur est identique au précédent quand l'entrée 6 est soumise à un état haut. La fréquence, qui dépend uniquement de la résistance R14 et de la capacité C8 est donnée par l'équation suivante :  $F = 1/T$  avec :  $T = 2,2 \times R14 \times C8$  [3].

### 1.2.2.3 Monostable

Un monostable est un circuit électronique dont la sortie se trouve dans un état électrique stable (par exemple à l'état bas, sortie à 0 V) quand il est au repos ; et lorsqu'il reçoit une impulsion appelée impulsion de déclenchement, sa sortie bascule dans l'état électrique opposé (par exemple sortie à l'état haut), pendant un "certain temps". Ce nouvel état est instable, et la sortie retrouve son état initial au bout de ce "certain temps". Un monostable peut donc servir de base à la construction d'un temporisateur.

Un monostable présente quelques caractéristiques de base.

### Polarité de l'impulsion de sortie :

Au repos, la sortie du monostable peut être à l'état haut ou à l'état bas ; et sur présence d'une impulsion de déclenchement, la sortie passe à l'état opposé, bas ou haut.

### Redéclenchable ou non redéclenchable :

Un monostable non redéclenchable est un monostable dont la durée de l'impulsion de sortie est immuable, même si pendant l'état instable, surviennent des impulsions de déclenchement.

Un monostable redéclenchable est un monostable dont l'impulsion de sortie est "réactivée" à chaque impulsion de déclenchement. Si une nouvelle impulsion de déclenchement a lieu alors que la sortie du monostable n'est pas encore retournée à son état stable (de repos), ou autrement dit, si le temps qui sépare deux impulsions de déclenchement est inférieur à la durée de l'impulsion de sortie, la durée de l'impulsion de sortie est prolongée d'un temps égal à la durée d'une impulsion de sortie unique.

Nous utilisons dans notre montage un monostable à portes logiques NOR dont le circuit est donné par la figure 1.7.

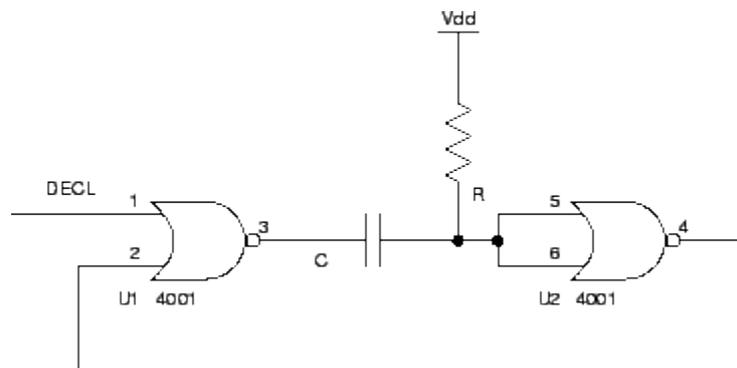


Figure 1.7 : Monostable à portes logiques NOR.

Le montage est composé de 2 portes NOR U1 et U2 du CD4001.

- ✓ Le potentiel aux bornes des PIN (5 et 6) est à +Vdd, donc la sortie 4 est au niveau bas.

En absence de signal, la sortie de la porte NOR U1 (PIN3) est au niveau logique haut, la capacité C est soumise au même potentiel.

- ✓ Une fois la commande 1 reçoit une impulsion positive, la sortie 3 passe immédiatement au niveau logique bas, donc la capacité C se charge par +Vdd à travers la résistance R, et comme le condensateur se comporte comme un court-circuit au début de charge, on aura un niveau logique bas aux bornes 5 et 6, d'où la sortie 4

passer au niveau haut ; et quand la tension aux bornes du condensateur atteint la moitié de la tension de l'alimentation, la porte NOR U2 bascule à zéro, et ainsi la sortie reste à son état stable.

## 1.2.3 Amplificateur Opérationnel

### 1.2.3.1 Définitions

Un amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel qui amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Initialement, les AOP ont été conçus pour effectuer des opérations mathématiques dans les calculateurs analogiques : ils permettaient d'implémenter facilement les opérations mathématiques de base comme l'addition, la soustraction, l'intégration, la dérivation et d'autres. Actuellement ; l'amplificateur opérationnel est utilisé dans bien d'autres applications comme la commande de moteurs, la régulation de tension, les sources de courants ou encore les oscillateurs.

Physiquement, un amplificateur opérationnel est constitué de transistors, de tubes électroniques ou de n'importe quels autres composants amplificateurs. On le trouve communément sous la forme de circuit intégré. Le gain en tension très important en boucle ouverte, fait de lui un composant utilisé dans une grande variété d'applications. Certains amplificateurs opérationnels, de par leurs caractéristiques (temps de montée, faible distorsion harmonique, etc.), sont spécialisés dans l'amplification de certains types de signaux comme les signaux audio ou vidéo [4].

L'amplificateur comporte une sortie et deux entrées, l'entrée + (entrée non inverseuse) et l'entrée - (entrée inverseuse). Il dispose également d'une alimentation qui est rarement représentée.

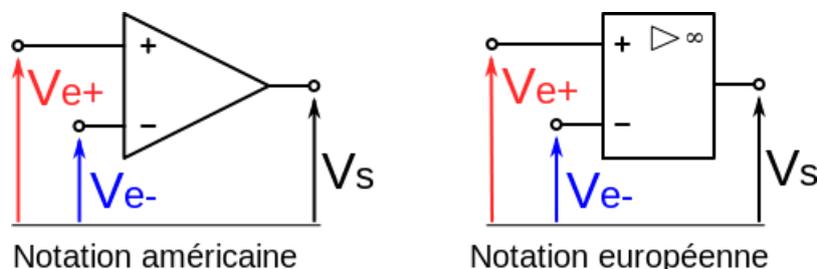


Figure 1.8 : Représentation d'un AOP.

On pourrait définir l'AOP "parfait" ou "idéal" comme un amplificateur de différence pur à gain différentiel infini, dont l'impédance d'entrée est infinie et l'impédance de sortie est

nulle ; de plus, cet AOP parfait présenterait une largeur de bande infinie et un décalage en tension nul, il rejeterait parfaitement le mode commun, et serait en plus insensible aux variations de température et de tension d'alimentation.

Dans la réalité ; on constate quelques "défauts" par rapport à ce modèle théorique idéal.

Les caractéristiques générales communes à la plupart des AOP disponibles sont :

- Technologie bipolaire ( $\mu\text{A}741\dots$ ), BI-FET (LF353...), CMOS...
- Gain en boucle ouverte de l'ordre de 100.000 (souvent exprimé en décibels).
- Impédance d'entrée très grande (de l'ordre de 2 M $\Omega$  pour un  $\mu\text{A}741$ ).
- Impédance de sortie très faible (de l'ordre de 75 ohms pour un  $\mu\text{A}741$ ).
- Courant disponible de l'ordre de 25 mA.
- Bande passante du continu à 1 MHz (LM324), 2 MHz ( $\mu\text{A}741$ ), 4 MHz (LF353) [5].

### 1.2.3.2 Amplificateur Opérationnel monté en amplificateur inverseur

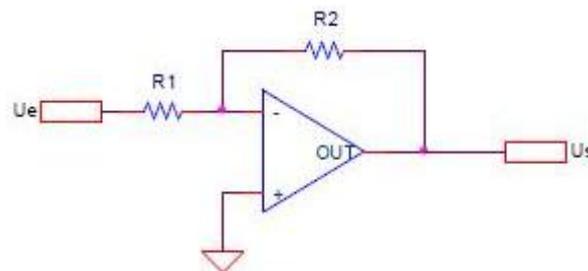


Figure 1.9 : Amplificateur inverseur à base d'AOP.

D'après la loi d'Ohm :

$$U_e = R_1 \times I_e$$

$$U_s = R_2 \times I_s$$

$U_e$  : tension d'entrée,  $I_e$  : courant d'entrée,  $I_s$  : courant de sortie.

Le courant d'entrée de l'entrée inverseuse étant très faible, on peut dire que  $I_e = - I_s$ .

$$\text{D'où la tension de sortie : } U_s = -\frac{R_2}{R_1} \times U_e$$

La tension de sortie est inversée par rapport à l'entrée (elle est multipliée par -1).

L'alimentation de ce schéma se fait de manière symétrique ( $+V_{cc}$ ,  $-V_{cc}$ ), l'entrée non inverseuse est reliée à la masse.

Si l'amplificateur opérationnel est alimenté de manière non symétrique ( $+V_{cc}$ , GND), on insère un pont diviseur résistif, découplé en son point de sortie sur l'entrée + de l'AOP [5].

### 1.2.3.3 Amplificateur Opérationnel monté en amplificateur non inverseur

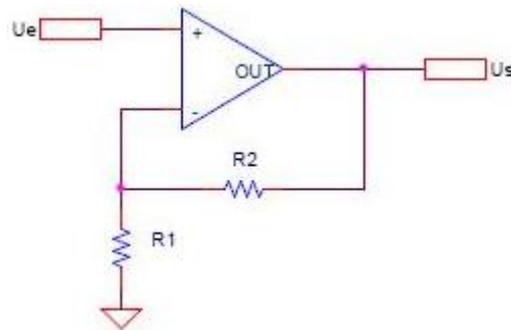


Figure 1.10 : Amplificateur non inverseur à base d'AOP.

La tension de sortie est donnée par :

$$U_s = (R_1 + R_2) \times I_s$$

La différence de potentiel entre la borne d'entrée + et la borne d'entrée - de l'amplificateur est nulle, ce qui signifie que la tension aux bornes de R1 est égale à Ue :

$$U_e = R_1 \times I$$

$$U_s = (R_1 + R_2) \times I$$

D'où le gain :  $G = U_s / U_e = 1 + R_2/R_1$  [5]

### 1.2.2.7 Comparateur et générateur de signaux

Le comparateur n'est pas prévu pour travailler dans un circuit à réaction négative, mais uniquement en boucle ouverte ou dans un circuit à réaction positive. Il est donc conçu et utilisé pour basculer rapidement d'un niveau de saturation vers l'autre.

L'utilisation d'un AOP en tant que comparateur se voit immédiatement en observant que la réaction se fait sur la borne non inverseuse. La sortie n'a alors que deux états possibles, VH (niveau haut) et VL (niveau bas) et leurs valeurs absolues ne sont pas nécessairement opposées. Ces deux niveaux peuvent en particulier être choisis pour être compatibles avec l'entrée d'une famille de circuits logiques. Idéalement, ils sont indépendants des tensions d'alimentation de l'AOP. L'application la plus courante du comparateur est la détection de niveau.

Si on applique des tensions continues V1 et V2 aux deux entrées d'un AOP, ce dernier compare les deux tensions V1 et V2 et de cette comparaison dépendra l'état, haut ou bas, de sa sortie (Vout). La figure 1.11 reprend les deux cas possibles d'alimentation de l'AOP.

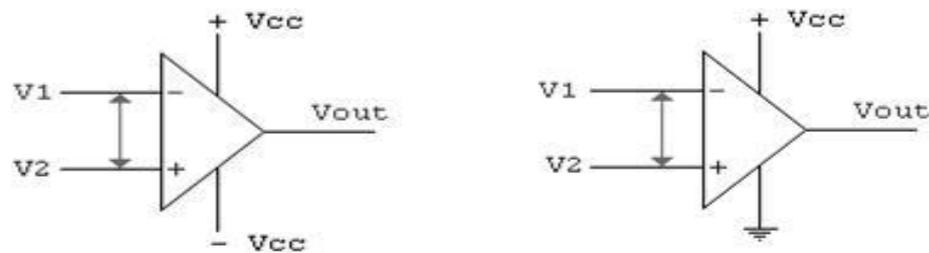


Figure 1.11 : Alimentation d'un AOP, symétrique à gauche ou positive (non symétrique) à droite.

Le tableau suivant résume les différentes alimentations symétriques et non symétriques d'un AOP.

|           | Alimentation symétrique | Alimentation non symétrique |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| $V2 > V1$ | $V_{out} \cong +V_{cc}$ | $V_{out} \cong +V_{cc}$     |
| $V1 > V2$ | $V_{out} \cong -V_{cc}$ | $V_{out} \cong 0$           |

Tableau 1.1: Alimentation symétrique et non symétrique d'un AOP.

La sortie haute est proche de  $+V_{cc}$ , la sortie basse est proche de 0 ou de  $-V_{cc}$ . Mais il existe toujours une petite différence entre la tension disponible en sortie (output voltage swing, en anglais) et la tension d'alimentation, cette différence fait partie des caractéristiques propres à chaque modèle d'AOP, mais elle reste en général très faible.

Le comparateur compare les niveaux de tensions  $V1$  et  $V2$ .

- Si  $V1 > V2$  ; alors  $V_{out} = -V_{cc}$
- Si  $V2 > V1$  ; alors  $V_{out} = +V_{cc}$

#### 1.2.4 Dérivateur et intégrateur

La dérivation et l'intégration sont des fonctions mathématiques dont nous utilisons à cette étape le fonctionnement aux limites, c'est-à-dire :

- la dérivation de tension rectangulaire pour produire des impulsions de tension aux moments des fronts de cette tension rectangulaire,
- L'intégration de tension rectangulaire pour obtenir une tension continue égale à la valeur moyenne de la tension rectangulaire.

### 1.2.4.1 Dérivateur à circuit RC, référencé à la masse

Un circuit RC est un circuit électrique, l'un des filtres les plus simples, composé d'une résistance et d'un condensateur généralement associés en série, alimenté par une source de tension.

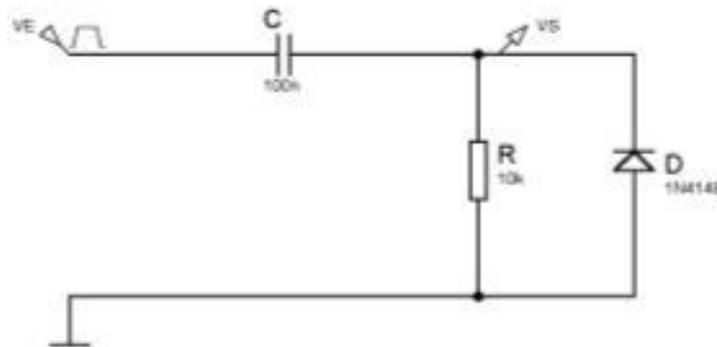


Figure 1.12 : Dérivateur à circuit RC.

La constante de temps RC est choisie telle que :  $RC \leq T$

- Pendant la première demi-période, le condensateur se charge, et la tension de sortie est l'image du courant de charge,
- Pendant la deuxième demi-période, le condensateur se décharge, et la tension de sortie est l'image du courant de décharge,
- Quand on place la diode D, la décharge du condensateur se fait à travers une résistance équivalente très faible, donc elle est très rapide, et la tension de sortie ne peut pas être inférieure à  $-0,7V$ .

Conclusion :

Un front montant d'amplitude  $+V$  donnera, en sortie du dérivateur, une impulsion positive d'amplitude  $+V$  et de durée égale à  $5RC$ .

Un front descendant d'amplitude  $-V$  donnera, en sortie du dérivateur, une impulsion négative d'amplitude  $-V$  et de durée égale à  $5RC$ .

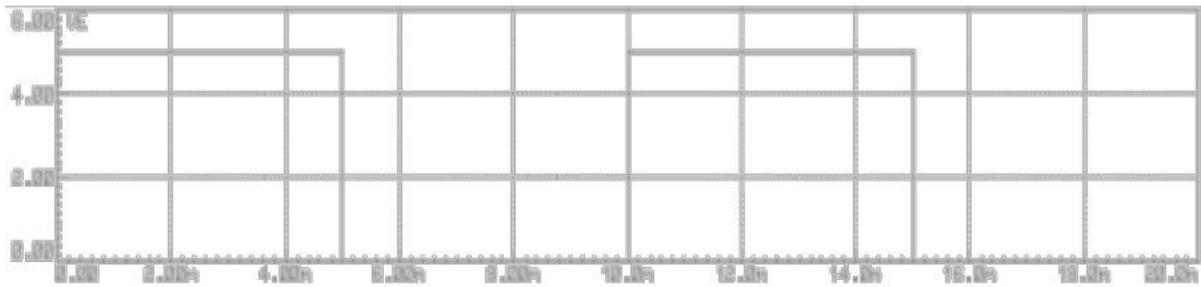


Figure 1.13 : Signal d'entrée.

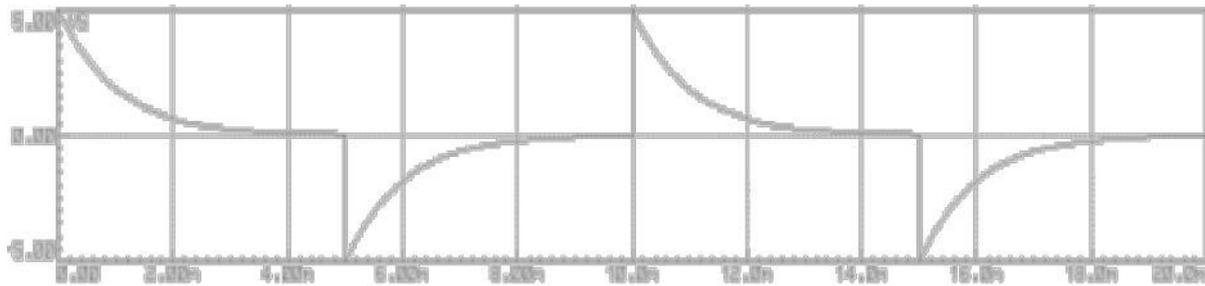


Figure 1.14 : Signal de sortie sans D.

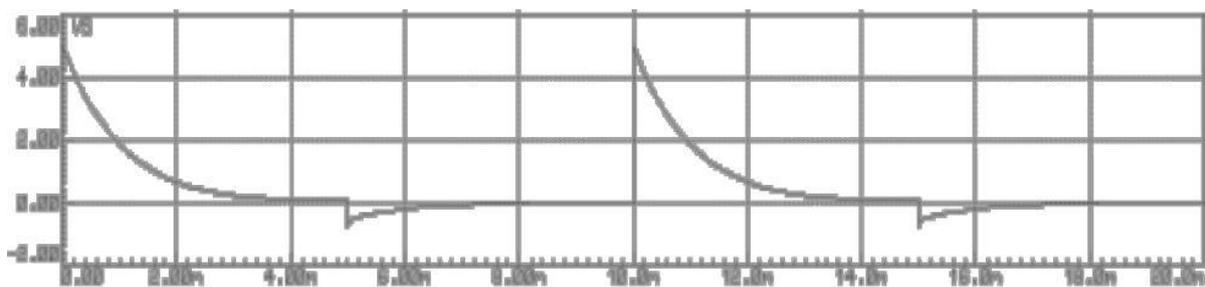


Figure 1.15 : Signal de sortie avec D.

#### 1.2.4.2 Dérivateur à circuit RC référencé a + 5 V

Par rapport au schéma précédent, une source de tension de 5V a été rajoutée sur la deuxième borne de la résistance ; ainsi toutes les tensions sont augmentées de +5V.

- En dehors de toute impulsion, la tension de sortie du dérivateur est égale à +5V,
- Un front montant d'amplitude +5V en entrée, donnera, en sortie du dérivateur, une impulsion positive comprise entre +5V et +10V et de durée égale à  $5RC$ ,
- Un front descendant d'amplitude -5V en entrée, donnera, en sortie du dérivateur, une impulsion négative comprise entre +5V et 0V et de durée égale à  $5RC$ ,
- Quand on place la diode D, la décharge du condensateur se fait à travers une résistance équivalente très faible, donc elle est très rapide, et la tension de sortie ne peut dépasser la valeur 5,6 V ; l'impulsion positive est écrêtée.

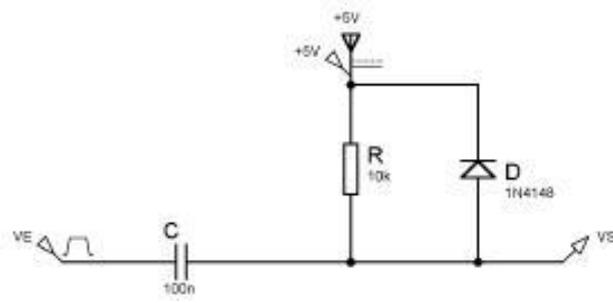


Figure 1.16 : Dérivateur à circuit RC référencé à + 5 V.

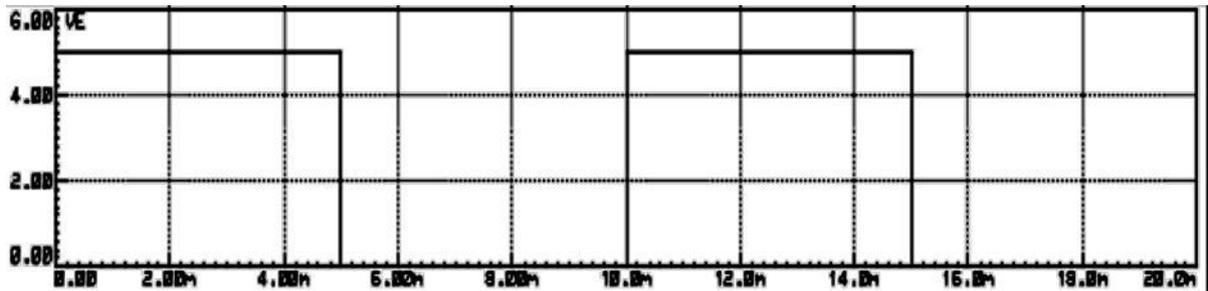


Figure 1.17 : Signal d'entrée.

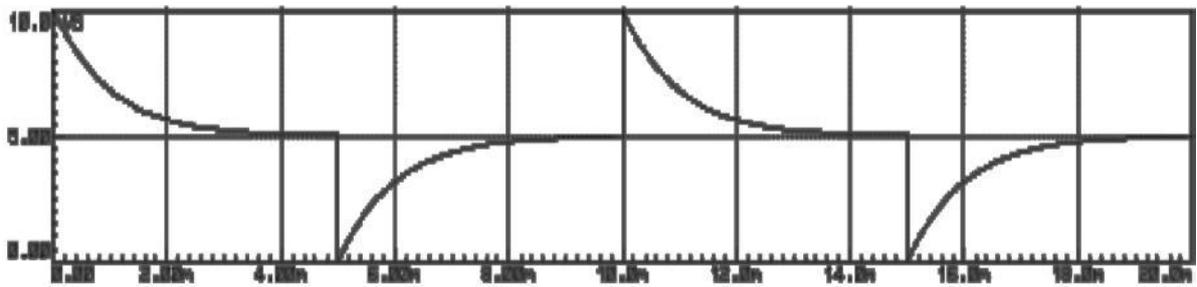


Figure 1.18 : Signal de sortie sans D.

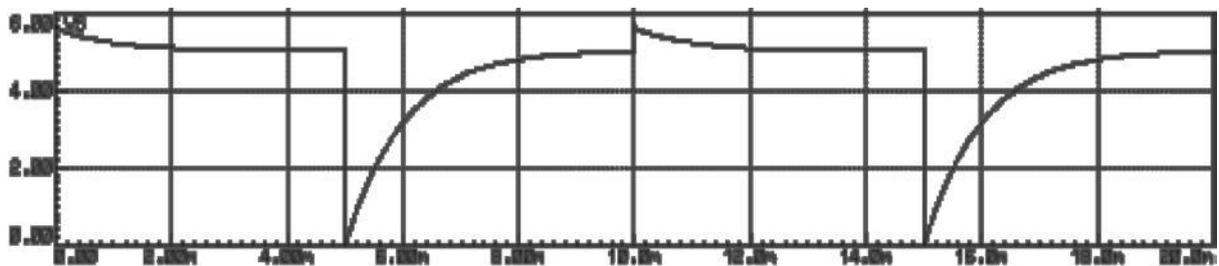


Figure 1.19 : Signal de sortie avec D.

### 1.2.4.3 Intégrateur à circuit RC

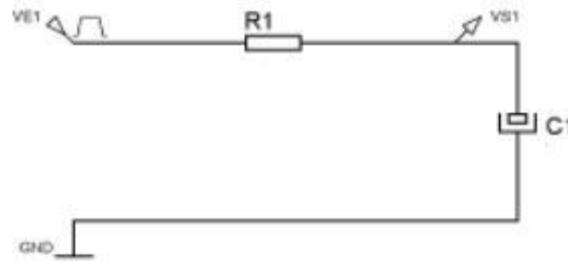


Figure 1.20 : Intégrateur à circuit RC.

Le condensateur se charge pendant la phase transitoire à la valeur moyenne du signal d'entrée, soit dans ce cas :  $V_{E\max}/2$ .

La valeur moyenne étant définie comme la composante continue d'un signal composite, le condensateur se charge pendant la phase transitoire à cette valeur moyenne.

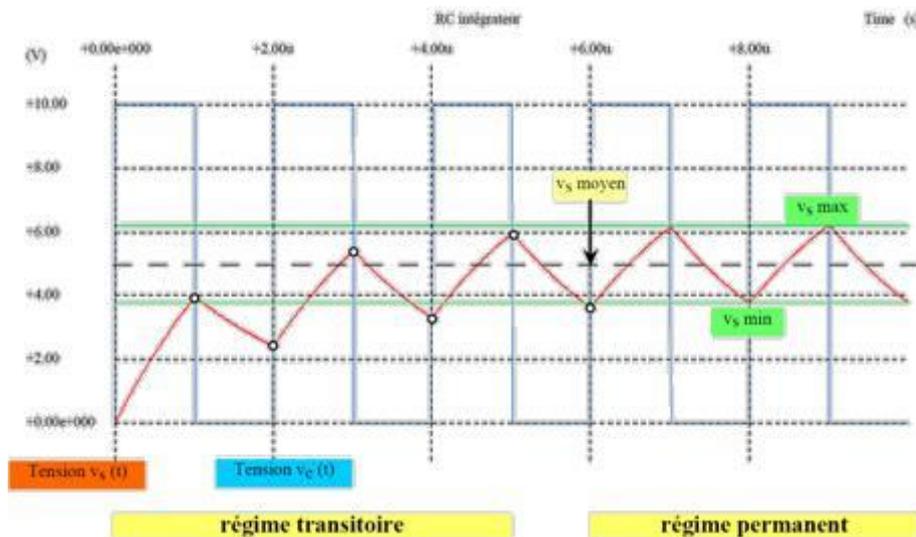


Figure 1.21 : Réponse d'un intégrateur à circuit RC

### 1.2.5 Circuit intégré CD4001

Le circuit intégré CD4001 fait partie de la série des circuits intégrés 4000 utilisant la technologie CMOS. Ce circuit est composé de quatre portes logiques indépendantes NON-OU à deux entrées. Chaque porte possède un buffer en sortie.

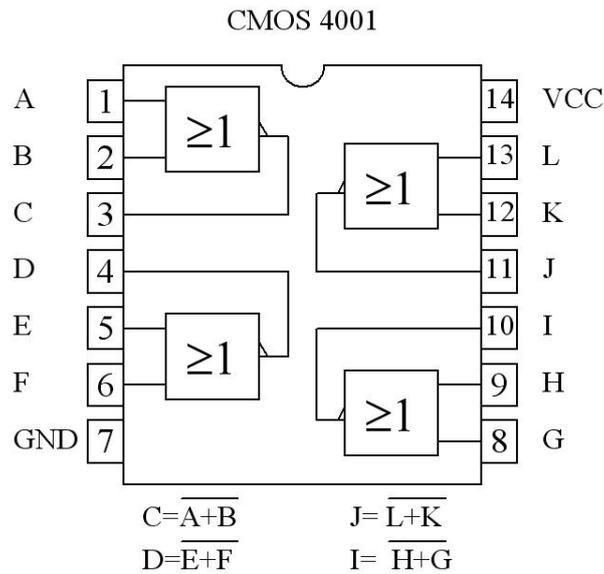


Figure 1.22 : Configuration interne d'un CD4001.

| A | B | S |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

Table de vérité d'une porte NON-OU.

### 1.2.6 Transistor bipolaire

Le transistor bipolaire (Bipolar Junction Transistor) est un dispositif à semi-conducteur présentant trois couches à dopages alternés npn ou pnp [6].

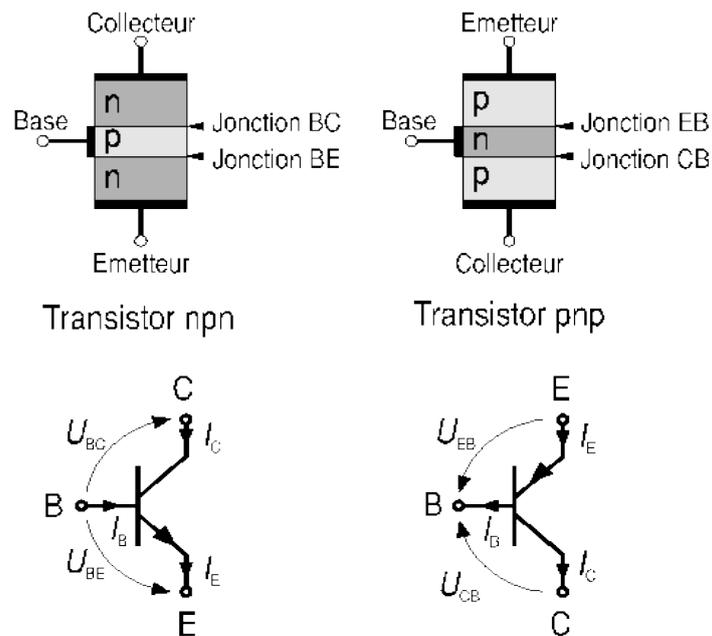


Figure 1.23 : Structures et symboles des transistors bipolaires.

La couche médiane est appelée base. Leur géométrie et leur nombre volumique en impuretés distinguent les deux couches externes : émetteur et collecteur. Par extension, on appelle également base, émetteur et collecteur les trois électrodes qui donnent accès aux trois couches correspondantes.

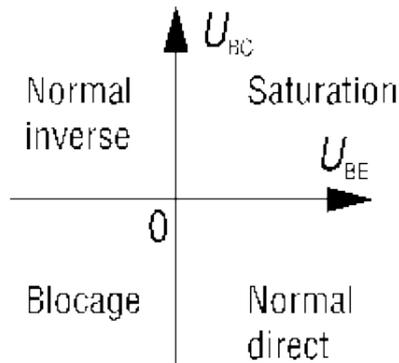
Les deux jonctions qui apparaissent dans le transistor sont désignées par le nom des deux régions entre lesquelles elles assurent la transition ; on trouve par conséquent, la jonction base-émetteur (BE) également dénommée jonction de commande et la jonction base-collecteur (BC). Dans les symboles de la figure 1.23, la flèche désigne la jonction de commande.

Le transistor est bloqué lorsque ses deux jonctions sont en polarisation inverse.

Le transistor est en fonctionnement normal direct lorsque la jonction de commande BE est en polarisation directe et que la jonction BC est en polarisation inverse.

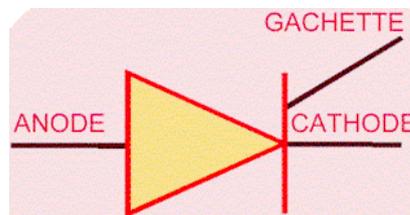
Le transistor est en fonctionnement normal inverse lorsque la jonction de commande BE est en polarisation inverse et que la jonction BC est en polarisation directe.

Le transistor est saturé lorsque ses deux jonctions sont en polarisation directe

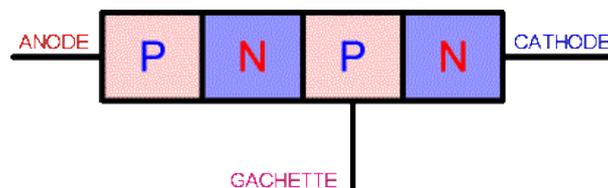


### 1.2.7 Thyristor

Un thyristor est un interrupteur électronique semi-conducteur à l'état solide constitué de quatre couches, alternativement dopées N et P. C'est un des composants essentiels de l'électronique de puissance. Il tire son nom du grec thura qui signifie porte et du suffixe « istor » qui provient du mot transistor. Il se comporte comme une bascule synchrone, c'est-à-dire qu'il reste commandé à l'allumage, par la gâchette (G), mais pas à l'extinction qui est provoquée par le passage du courant principal  $I_{ak}$  à une valeur inférieure au courant de maintien  $I_H$  [6].



Ce symbole rappelle celui de la diode. La patte supplémentaire (gâchette) permet la commande du composant. Il est constitué de 4 zones de semi-conducteurs dopés PNPN, comme on le voit très schématiquement ci dessous :



Lorsque  $V_{AK} > 0$ , les jonctions  $J_A$  et  $J_K$  sont polarisées dans le sens direct et ne supportent que des tensions faibles du essentiellement au caractéristiques du monocristal : on peut dire que la tension  $V_{AK}$  est pratiquement appliquée à la jonction  $J_C$  polarisée en inverse. Le courant  $I_A$  est donc le courant inverse de cette jonction, il est très faible.

Lorsque le thyristor conduit et que l'on réduit la tension  $V$  (soit volontairement soit parce que  $V$  est une tension alternative), le courant  $I_a$  diminue.

Lorsque ce dernier devient inférieur à  $I_h$  appelé courant de maintien, le thyristor se bloque.

Les porteurs mobiles qui avaient envahi les quatre couches de cristal disparaissent par recombinaison et aussi parce qu'ils sont déplacés par une tension  $V_{AK}$  négative.

Les jonctions  $J_A$  et  $J_K$  deviennent très vite bloquées et capables de supporter une tension inverse. La jonction  $J_C$  cesse d'être en régime d'avalanche un peu plus tard, l'évacuation des porteurs y étant plus lente.

Le blocage d'un thyristor n'est donc pas instantané. De plus il est réversible, ce qui sous-entend que tant que le blocage n'est pas terminé, la seule apparition d'une tension  $V_{AK}$  positive permet de rétablir un courant d'anode.

Lorsque le blocage est terminé, la jonction  $J_C$  est polarisée dans le sens direct alors que les jonctions  $J_A$  et  $J_K$  sont polarisées dans le sens inverse. Ce sont ces deux dernières qui supportent la tension  $V_{AK}$ . Le courant inverse est alors très faible.

Si on envoie un courant de gâchette dans cette situation, les jonctions  $J_A$  et  $J_K$  ne peuvent se mettre en régime d'avalanche et le thyristor ne s'amorce pas.

Si la tension  $V$  est rendue de plus en plus négative, les jonctions  $J_A$  et  $J_K$  se mettent en régime d'avalanche pour une certaine valeur de  $V_{AK}$  mais aucun amorçage ne se produit. La tension aux bornes du thyristor reste pratiquement égale à la tension de claquage (très élevée).

Les thyristors sont principalement utilisés lorsque la tension, le courant ou les deux sont élevés. Ils permettent de régler alors l'amplitude du courant appliqué à une charge [7].

## Chapitre 2: Réalisation pratique

### 2.1. Circuit électrique du montage

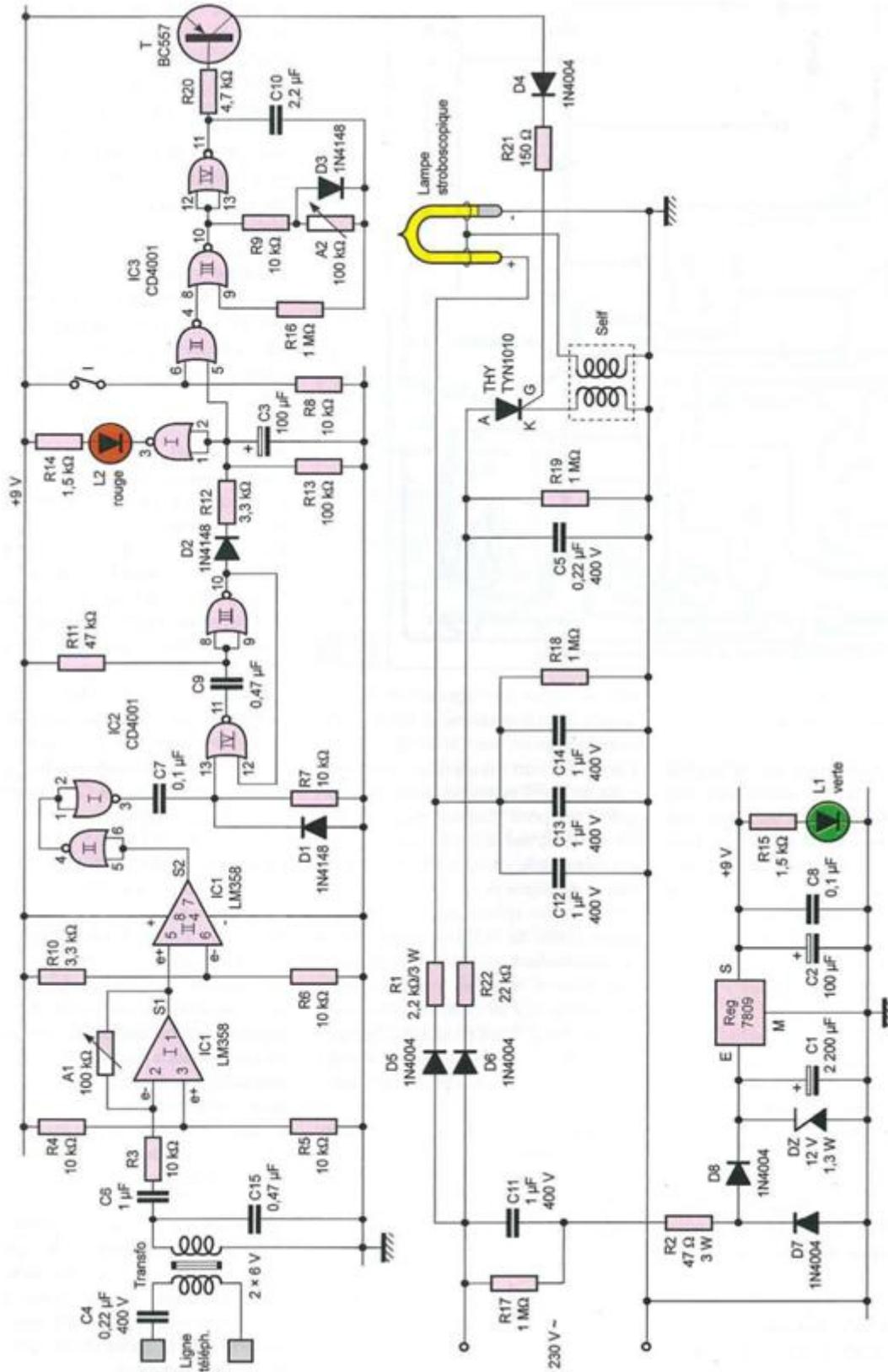


Figure 2.1 : Circuit électrique du montage.

## 2.2. Fonctionnement détaillé du montage

L'énergie provient du secteur 230 V par l'intermédiaire d'un couplage capacitif. Lors d'une alternance que nous désignons « positive » (par convention), la capacité C11 se charge à travers R2. Par la même occupation ; la capacité C1 se charge par l'intermédiaire de D8. Le potentiel est systématiquement écrêté à 12V, par la diode Zener DZ.

Lorsque l'alternance suivante « négative » (toujours par convention) se produit, la capacité C11 peut se décharger par R2 et la diode D7. Cette décharge de C11, d'ailleurs suivie d'une charge en sens opposé, la rend ainsi apte à affronter l'alternance « positive » ultérieure et ainsi de suite. En revanche, C1 ne peut se décharger vers l'amont étant le blocage réalisé par D8. En définitive ; sur l'armature positive de C1, on relève une tension légèrement ondulée de l'ordre de 12 V.

Ce potentiel est ensuite appliqué à l'entrée d'un régulateur 7809 dont le rôle consiste à délivrer sur sa sortie une tension continue et stabilisée à 9 V. La capacité C2 apporte un complément de filtrage, tandis que C8 fait office de capacité de découplage. L'illumination de la LED verte L1 dont le courant est limité par R15, signale la mise sous tension du montage, ainsi que le fonctionnement correct de l'alimentation.

La résistance R17 décharge C11 lorsque l'on déconnecte le montage, ceci afin d'éviter que les armatures de cette capacité ne restent chargées

### Détection d'appel :

Le potentiel continu mesurable sur une ligne téléphonique au repos est de l'ordre de 50 V. Lorsque l'on décroche le combiné, celui-ci est compris entre 10 et 20 V. Un signal d'appel se traduit par un potentiel variable et de forme sinusoïdale, à une fréquence de 50 Hz, dont les « minima » sont à 0 V et les « maxima » à 100 V. Cette tension variable est acheminée par l'intermédiaire de C4, sur l'un des deux enroulements secondaires de 6 V d'un transformateur dont l'enroulement primaire de 230 V est inutilisé.

Sur l'autre enroulement de 6 V ; on recueille alors un potentiel variable de 50 Hz, mais non sinusoïdal, étant donné la faible capacité de C4, et se caractérisant par des crêtes de 2 à 5 V.

### Amplificateur opérationnel :

Le circuit intégré référencé IC1 renferme deux amplificateurs opérationnels. L'entrée « inverseuse » de l'amplificateur (1) reçoit les signaux en provenance de l'enroulement de 6 V du transformateur, via C6 et R3.

L'entrée « non inverseuse » est soumise au demi-potentiel d'alimentation grâce au pont diviseur que forment R4 et R5. C'est donc ce potentiel qui est disponible sur la sortie S1 en l'absence de signaux.

En revanche, quand des signaux d'un appel issu de la ligne téléphonique se manifestent, on relève sur la sortie ces mêmes signaux, mais amplifiés et centrés sur la composante continue de 4,5 V. Il est possible d'en faire varier les « maxima » et les « minima » en agissant sur le curseur de l'ajustable A1.

L'amplificateur (II) a son entrée (e-) soumise à un potentiel fixe défini par les valeurs de R6 et R10. Dans le cas présent :  $u = 6,8 \text{ V}$ .

Ainsi ; tant que le potentiel issu de la sortie de l'amplificateur (I) et présenté sur l'entrée (e+) de l'amplificateur (II) est inférieur à 6,8 V, la sortie présente un état « bas » à la tension de déchet près, soit un peu moins de 2 V. Par contre ; lors des impulsions positives d'amplitude supérieure à 6,8 V et soumises à l'entrée (e+), la sortie de l'amplificateur (II) présente des états « haut ».

### **Comparateur :**

Les portes NOR (I) et (II) de IC2 effectuent deux inversions successives. Il en résulte le même signal que celui délivré par la sortie de l'amplificateur (II) ; mais avec des états « haut » et « bas » respectivement égaux à 9 V et à 0 V.

### **Monostable :**

Les portes NOR (III) et (IV) de IC2 restituent alors sur la sortie, une suite d'états « hauts », calibrés à une durée déterminée par les valeurs de R11 et de C9, consécutivement à la relation :  $T = 0.7 \times R11 \times C9$

La durée est d'environ 15 ms.

### **Intégrateur :**

Les états « hauts » ainsi générés aboutissent au système intégrateur formé par D2, R12, R13 et C3.

La capacité C3 se charge par R12, lors des états « haut » délivrés par la bascule monostable. En revanche, lors des états « bas », elle ne peut se décharger que dans R13, de valeur plus importante. Pour les états « bas » inclus entre deux états « haut » issus de la bascule, le potentiel au niveau de l'armature positive de C3 reste pratiquement égal à une valeur voisine de 9 V. Par contre ; si on décroche le téléphone, les signaux d'appel cessent et, au bout de

quelques secondes, le potentiel de l'armature positive de C3 passe en dessous de la barre de la demi-tension d'alimentation.

**Dérivateur :**

Chaque front ascendant issu de la sortie de la porte NOR (I) de IC2 est pris en compte par le dispositif dérivateur que forment C7, R7 et D1.

Du fait de la charge rapide de C7 à travers R7, on relève une succession de brèves impulsions positives, à une périodicité de 20 ms, sur l'entrée(13) de la bascule monostable constituée des portes NOR (III) et (IV) de IC2.

**Astable :**

Lorsqu'un état « haut » est soumis à l'entrée (5) de la porte NOR (II) de IC3, c'est-à-dire lors des signaux d'appel, la sortie passe à l'état « bas ». Cet état « bas » peut également être obtenu volontairement en fermant l'interrupteur 1. Dans les deux cas, l'oscillateur constitué des portes NOR (III) et (IV) de IC3 entre en action. Alors qu'à son état de repos, il présente sur sa sortie un état « haut » permanent ; son fonctionnement aboutit à la génération d'un créneau dont la période est déterminée par la relation :

$$T = 1,1 \times (2R9 + A2) \times C10$$

Lorsque le curseur de l'ajustable A2 est placé en position médiane, cette période est d'environ 0.2 s.

On notera que le créneau n'est pas de forme carrée. En effet, la durée des états « bas » est très inférieure à celle des états « haut ». Cela est dû au shuntage de A2 par la diode D3 quand la sortie de l'oscillateur est à l'état « bas ».

**Etage de sortie :**

Les éclats sont générés par une lampe stroboscopique de 30 à 40 joules. Pour fonctionner correctement, une telle lampe doit être soumise à une tension continue d'au moins égale à 300 V. Cette valeur est obtenue par la charge des capacités C12, C13 et C14 montées en parallèles, à travers R1. La charge se produit toutes les deux alternances issues du secteur 230 V. Lors des alternances non actives, la diode D5 assure le blocage nécessaire pour éviter une décharge vers le secteur.

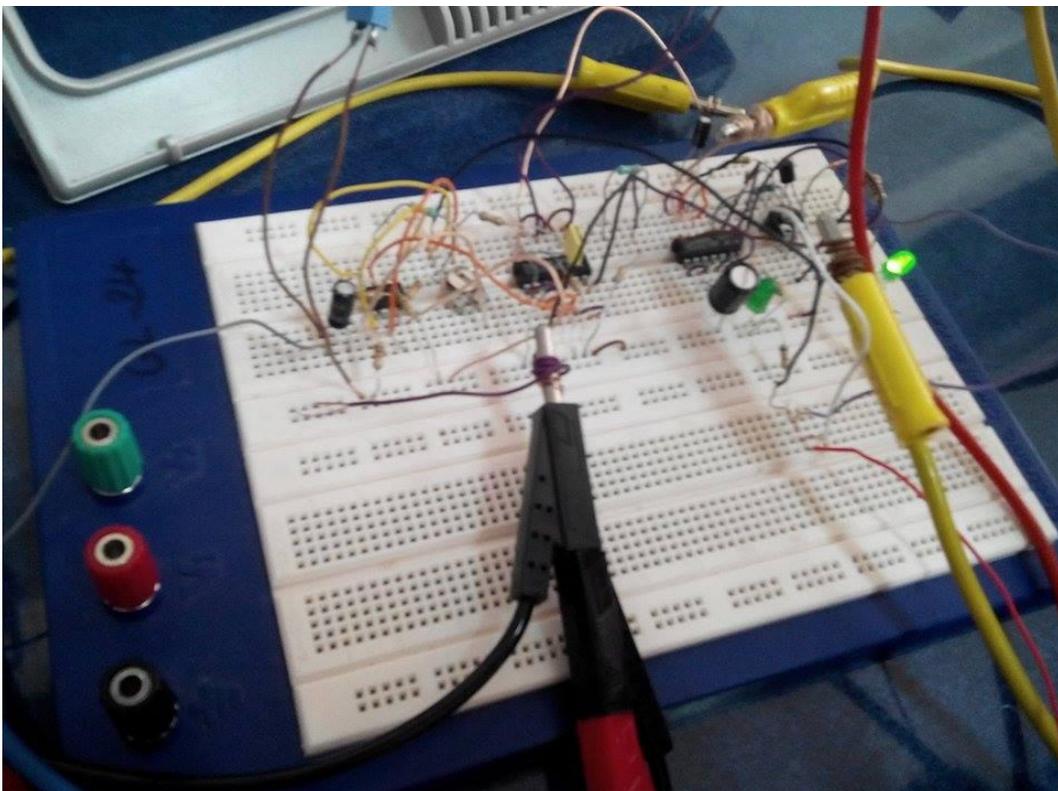
Sur les armatures positives de ces capacités,  $U = 230 \text{ V}$  on relève  $\times\sqrt{2}$  un potentiel maximal U, soit environ 325 V.

Une seconde réserve d'énergie, mais de taille plus modeste, fonctionne suivant le même principe. Il s'agit de la charge de C5 à travers D6 et R22.

Lors des brefs états « bas » délivrés par l'oscillateur, le transistor T, de type PNP, se sature. De ce fait, il permet la circulation d'un courant limité par R21, dans l'espace « gâchette-cathode » du thyristor ; ce dernier s'amorce aussitôt. Il en résulte un courant intense et ponctuel émanant de l'armature positive de C5, à travers la jonction « anode-cathode » du thyristor et l'un des deux enroulements de la self de déclenchement S. L'enroulement en question est celui qui comporte peu de spires par rapport au second.

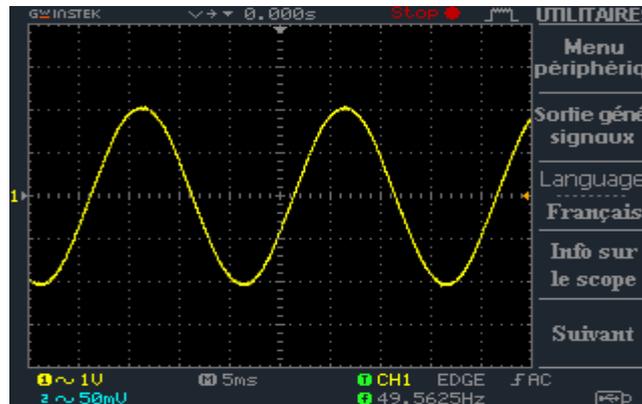
En conséquence ; l'impulsion de commande subit une très forte amplification en tension, ce qui amorce l'arc entre l'anode et la cathode de la lampe stroboscopique, l'énergie étant fournie par les capacités C12, C13 et C14. La lampe émet alors un éclat bref et lumineux. Ces capacités, ainsi que C5, se rechargent entre deux éclats consécutifs. Les résistances R18 et R19 déchargent les capacités pour les mêmes raisons que celles déjà évoquées au paragraphe consacré à l'alimentation.

### **2.3 Montage sur plaque d'essai**



## 2.4 Mesures pratiques

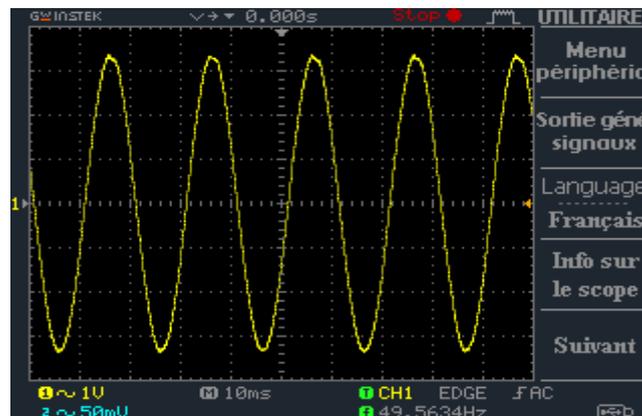
On a fixé un potentiel variable de 50 Hz, sinusoïdal au point C<sub>6</sub>(le signal d'entrée).



Amplitude=4 V (crête à crête)

T=20 ms

Signal obtenu au point S1 de IC1 (S1) (amplificateur):

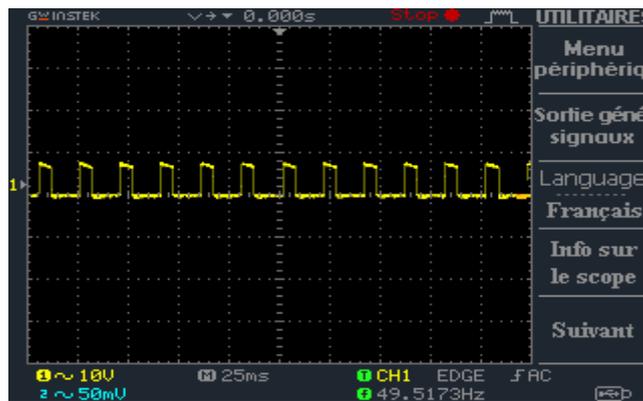


Amplitude=6.8 V (crête à crête)

T=20 ms

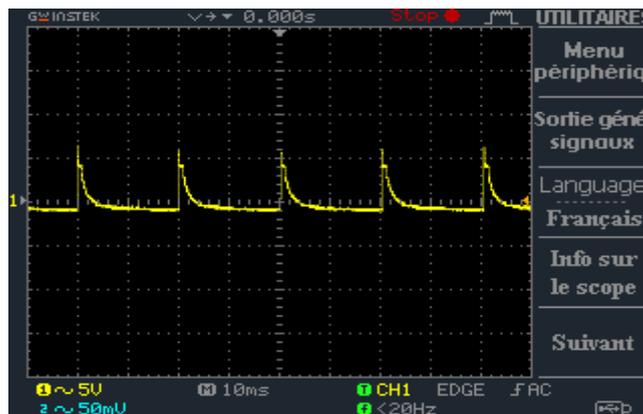
$$G = V_S / V_E = 6.8 / 4 = 1.7$$

On a obtenu au point S7 de IC1 (sortie du comparateur) le signal suivant :



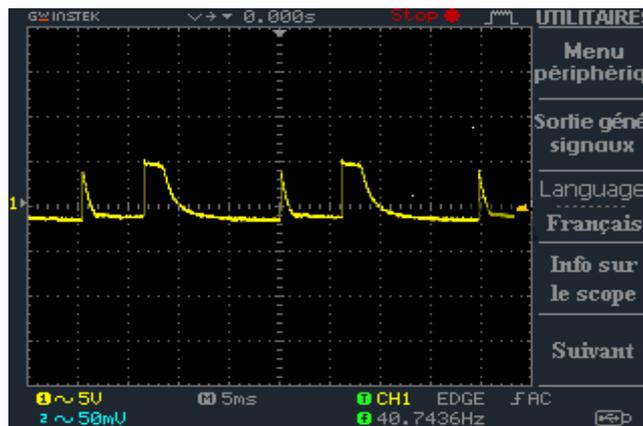
Amplitude=8V  
T=20ms

On a obtenu au point 13 de IC2 le signal suivant (sortie du dérivateur) :



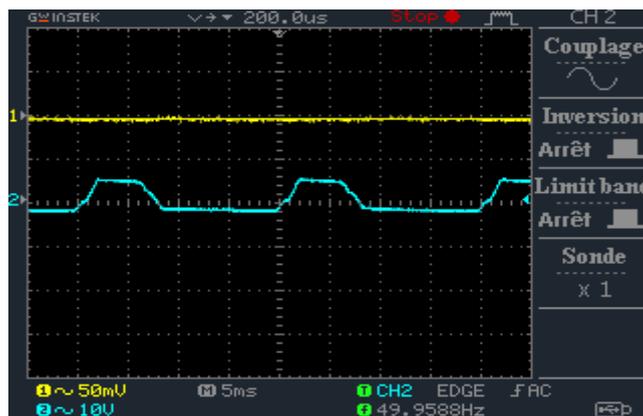
Amplitude=6 V  
T=20 ms

On a obtenu au point 10 de IC2 (sortie du monostable) le signal suivant :



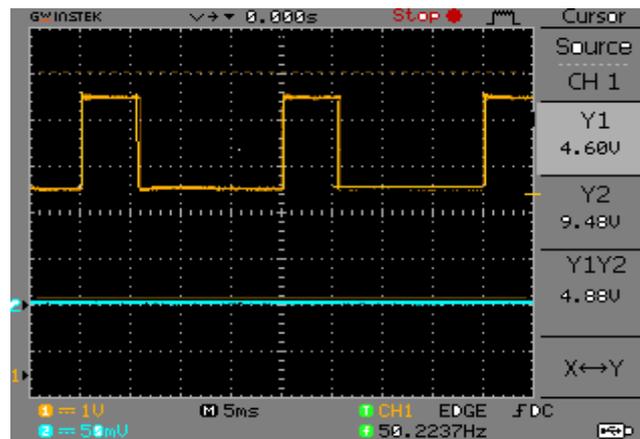
Amplitude = 6V  
T = 14 ms

On a obtenu aux points 1 et 2 de IC3, le signal suivant :



Amplitude = 6 V  
T = 20ms

On a obtenu au point 11 de IC3 (sortie de l'astable), le signal suivant :



Amplitude=1.9V  
T=20 ms

:



**NOMENCLATURE****Résistances :**

R1 : 2.2k  $\Omega$ /3W (rouge, rouge, rouge).  
R2 : 47 $\Omega$  /3W (jaune, violet, noir).  
R3 à R9 : 10k $\Omega$  (marron, noir, orange).  
R10 : 3.3k $\Omega$  (orange, orange, orange).  
R11 : 47k  $\Omega$  (jaune, violet, orange).  
R12 : 3.3k $\Omega$  (orange, orange, orange).  
R13 : 100k $\Omega$  (marron, noir, jaune).  
R14, R15 : 1.5k $\Omega$  (marron, vert , rouge).  
R16 à R19 : 1M $\Omega$  (marron, noir, vert).  
R20 : 4.7k $\Omega$  (jaune, violet, rouge).  
R21 : 150 $\Omega$  (marron, vert, marron).  
R22 : 22k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge).  
A1: ajustable 100k $\Omega$ .  
A2: ajustable 1M $\Omega$ .

**Semi-conducteurs :**

L1 : LED verte  $\approx$  3 mm.  
L2 : LED rouge  $\approx$  3 mm.  
D1, D2, D3 : 1N 4148.  
D4, D5, D6, D7, D8 : 1N 4004.  
DZ : Diode zéner 12V/1.3W.  
T : BC 557  
THY : BT 151.  
REG : 7809.  
IC1 : LM 358.  
IC2, IC3 : CD 4001.

**Divers :**

3 straps (1 horizontal, 2 verticaux).  
Lampe stroboscopique 40 Joules.  
Self de déclenchement (TS8).  
I : interrupteur unipolaire DIL.

**Condensateurs :**

C1 : 2200  $\mu$ F/ 25V  
C2, C3 : 100  $\mu$ F / 25V  
C4, C5 : 0.22  $\mu$ F / 400V.  
C6 : 1  $\mu$ F.  
C7, C8 : 0.1  $\mu$ F. $\mu$   
C9 : 0.47  $\mu$ F.  
C10 : 2.2  $\mu$ F.  
C11 à C14 : 1  $\mu$ F / 400V.  
C15 : 0.47  $\mu$ F.

Transformateur moulé : 220V/2\*6V/1.2VA

- Support 8 broches.
- Support 14 broches.
- Support soudable à 2 plots.

## ***Conclusion :***

Dans notre projet, nous avons remplacé la sonnerie du téléphone par un avertisseur lumineux pouvant même être aperçu de loin pour éviter le dérangement dans des lieux où le silence est exigé.

Nous avons donné le schéma synoptique du montage et son fonctionnement bloc ; puis nous avons étudié en détail les différents blocs qui constituent le montage. Après ; nous avons réalisé le montage pratique du circuit sur une plaque d'essai et nous avons relevé les différents signaux.

Dans le circuit, il était question d'une lampe stroboscopique de 30 à 40 joules qui nécessite une tension de 400 V. Par mesure de sécurité, nous l'avons remplacée par deux LEDs qui témoignent le bon fonctionnement du montage.

## *Références bibliographiques*

- [1] J. Auvray; systèmes électroniques.
- [2] Moez Hajji ; ISET de Nabeul ; 2014.
- [3] Jean philippe muller ; physique appliquée ; BS2EL.
- [4] R.G.H. Eschauzier, J.H. Huijsing ; Frequency Compensation Techniques For Low-Power Operational Amplifiers; Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [5] Philippe Roux ; amplificateur différentielles à transistor bipolaire ; 2005.
- [6] Philips; semiconductors product specification; April 2015.
- [7] <http://electronique.aop.frre.fr> (version1.0).

## résumé

---

### Résumé :

L'avertisseur optique est  quipp  d'un témoin lumineux qui nous avertit visuellement d'un appel. Il est très utile si nous travaillons dans un milieu bruyant ou au contraire pour remplacer un signal sonore dans des locaux exigeant le silence (hôpital, studio d'enregistrement...).

### Abstract :

The optical warning signal is equipped with a luminous witness who informed us visually call. It is very useful if working us in a noisy medium or an opposite to replace one announces sound in building requiring silence (hospital, recording studio....)

##  لاصة

 هاز الانذار البصري مجهز بضوء مؤشر ينبهنا بصريا بوجود مكالمة. هو مفيد جدا اذا كنا نعمل في بيئة صاخبة.

يمكن ان نعوض إشارة الصوت ب هاز الانذار البصري في الاماكن التي يكثر فيها الهدوء كالمستشفيات و استديوهات التسجيل