



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'un émetteur- récepteur infrarouge

Présenté par :

- ✓ **SERIARI KHADIDJA**
- ✓ **KAHOUADJI FATIMA ZOHRA**

Jury :

Président : Mr. BELAID ALI

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

Examineur : Mr. HACHIM ABDELLAH

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

Encadreur : Mr. HAMDOUNE Abdelkader

Pr. U.A.B. Tlemcen

Année Universitaire : 2014 - 2015

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.

Mes profonds remerciements vont à l'intention de Monsieur : **HAMDOUNE** qui a consacré à l'encadrement de ce projet un temps et une disponibilité d'esprit considérables, pour tous les conseils et les efforts qu'il a fournis.

Mes vifs remerciements à Monsieur: **BELAID** qui préside le jury de ce projet et qui nous a honoré de sa présence.

On est très honoré de la participation de Monsieur **HACHIM** au membre de jury et d'avoir déployer l'effort afin d'assurer l'examen de ce projet.

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

Merci à tous les participants et en particulier **BELAID BOUMEDYEN** pour sa précieuse contribution.

Dédicace

Au nom de dieu, le clément, le très miséricordieux

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chères parents ma mère et mon père pour leur patience, amour, soutien et leurs encouragements.

Mes sœurs : Asma, Zineb, Soumia

Mes frères : Abdallah, Abderrahmane

Mes beaux frères Mohammed, Djamel, Abdewahad

Mes nièces, mes neveux.

A toute la famille KAHOUADJI et TOURABI.

A tous mes cousins et cousines.sur tout Sarah et Salima et Fatima

*A tous mes amis (es) Sur tout ma binôme **Khadîdja**, Asma et kheira*

Une spéciale dédicace pour BELAID BOUMEDYEN.

KAHOUADJI FATIMA.Z

Dédicace

Au nom de dieu, le clément, le très miséricordieux

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chères parents ma mère et mon père pour leur patience, amour, soutien et leurs encouragements.

Mes sœurs :Asma,Zineb , Soumia

Mes frères : Abdallah, Abderrahmane

Mes beaux frères Mohammed, Djamel ,Abdewahad

Mes nièces, mes neveux.

A toute la famille *KAHOUADJI* et *TOURABI*.

A tous mes *cousins* et *cousines*.sur tout Sarah et Salima et Fatima

A tous mes *amis (es)*Sur tout mabinôme*Khadîdja*, Asma et kheira

Une spécial dédicace pour *BELAID BOUMEDYEN*.

KAHOUADJI FATIMA.Z

Table de matiere :

CHAPITRE 1: Description générale du dispositif

1.1 Introduction	2
1.2 Principe de fonctionnement.....	2
1.2.1 Alimentation	2
1.2.2 Emetteur.....	3
1.2.2.1 Diode électroluminescente	4
1.2.3 Récepteur	8
1.2.3.1 Photodiode :	8
1.2.3.2 Phototransistor	10
1.2.4 Conclusion	11

CHAPITRE 2: Schéma synoptique et étude des différents étages du montage

2.1 Introduction	12
Emetteur	12
2.2 Schéma synoptique d'émetteur.....	12
2.2.1 Alimentation.....	12
2.2.1.1 Adaptation et isolation.....	14
2.2.1.2 Transformateur	14
2.2.1.3 Redressement.....	15
2.2.1.4 Filtrage.....	16
2.2.1.5 Régulateur	17
2.2.2 Astable	18
2.2.2.1 Circuit intégré CD4011	18
2.2.2.1.1 Brochage du CD 4011	19
2.2.2.1.2 Description des pins du CD 4011	19

2.2.2.1.3 Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur	19
2.2.2.1.4 Caractéristiques	20
2.2.2.1.5 Porte NAND	20
2.2.3 Darlington	24
2.2.3.1 Avantages	26
2.2.3.2 Inconvénients.....	26
2.2.4 Emetteur de lumière	26
2.2.4.1 Diode LED	26
Récepteur.....	28
2.3 Schéma synoptique du récepteur	28
2.3.1 Etude des différents étages	28
2.3.1.1 Capteur de lumière	28
2.3.1.2 Préamplificateur – Amplificateur	29
2.3.1.2.1 Amplificateur Linéaire	30
2.3.1.2.2 Caractéristiques :	32
2.3.1.3 Adaptateur d'impédance.....	34
2.3.1.4 Intégrateur	35
2.3.1.4.1 Filtre	36
2.3.1.4.2 Diode détectrice	37
2.3.1.4.2.3 Constante de temps RC	38
2.3.1.5 Transistor en commutation :	38
2.3.1.5.1 Transistor bipolaire.....	39
2.3.1.5.2 Les trois montages fondamentaux à transistors :	40
2.3.1.5.2.1 Montage émetteur commun (EC) :	41
✓ Schéma équivalent au transistor NPN(ou PNP)	41
✓ Principe de fonctionnement :	41
2.3.1.5.2.1 Montage base commune (BC)	43
2.3.1.5.2.3 Montage collecteur commun (CC)	43
2.3.1.5.3 Le transistor en commutation (interrupteur statique)	44

2.3.1.5.3 Les régimes de fonctionnement :	44
❖ Régime de blocage (état bloqué):	44
❖ Régime linéaire (amplificateur).....	45
❖ Régime de saturation (état passant).....	46
2.3.1.5.4 Grandeurs caractéristiques :	46
2.4 Conclusion.....	47

CHAPITRE 3: Réalisation pratique

3.1 Introduction	48
3.2.2 fonctionnement du montage émetteur	49
3.3.1 Circuit électrique du récepteur	53
3.3.2 Fonctionnement du récepteur	54
3.4: Conclusion	61

Liste des tableaux :

Tableau 2.1 : Description des pins du CD 4011.....	19
Tableau 2. 2 : Conditions de fonctionnement recommandées du CD 4011	19
Tableau 2. 3 : Table de vérité de la porte NAND.....	20
Tableau 2.4 : exemple d'obtention de certaines longueurs d'onde	27
Tableau 2.5 : les trois montages fondamentaux à transistors	40
Tableau 2.6 : grandeurs caractéristique	46

Table de figures :

Figure 1.1 : Schéma d'un émetteur-récepteur.	3
Figure 1. 2 : spectre électromagnétique	5
Figure1. 3 : Diode électroluminescente.....	6
Figure1.4 : Constitution d'une diode électroluminescente.....	6
Figure 1.5 : Boîtier de la LED.....	7
Figure 1.6 : Injection des porteurs minoritaires dans une jonction PN	7
Figure 1.7 : Emission d'un photon lors de la recombinaison d'un électron et d'un trou.	8
Figure 1.8 : Montage de fonctionnement de la LED.	8
Figure 1.9 : Tension de conduction de la LED.....	9
Figure 1.10 : Diode PIN comme détecteur de lumière et diagramme d'énergie correspondant.	10
Figure 1.11 : Structure d'une photodiode.....	11
Figure2. 1 : Schéma synoptique d'émetteur infrarouge.....	12
Figure2. 2 : Principe d'une alimentation à découpage.....	13
Figure2. 3 : Principe d'une alimentation stabilisée.....	13
Figure2. 4 : Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.....	14
Figure2. 5 : Symboles d'un transformateur.....	14
Figure2. 6 : Redressement double alternance.....	15
Figure2. 7 : Tension avant et après le pont de redressement.....	16
Figure2. 8 : Circuit de filtrage.....	16
Figure2. 9 : Phénomène de filtrage d'un signal redressé.....	17
Figure2. 10 :Rôle d'un régulateur dans une alimentation stabilisée.....	17
Figure2. 11 : Signal d'un astable.....	18
Figure2. 12 : Configuration interne d'un CMOS 4011.....	19
Figure2. 13 : Porte NAND [5].....	20
Figure2. 14 : Astable à base de 2 portes logiques NAND.....	21
Figure2. 15 : Circuit de charge du condensateur.....	22
Figure2. 16 : Darlington NPN.....	25
Figure2. 17 : Symbole d'une LED.....	27
Figure2. 18 : Schéma synoptique du récepteur infrarouge.....	29
Figure2. 19 : Polarisation de la photodiode.....	32

Figure2. 20 : Schéma représentatif d'un Amplificateur Opérationnel.	32
Figure2. 21 : Ampli op dans un boîtier à 8 broches.	33
Figure2. 22 : Caractéristique de transfert $V_s = f(\varepsilon)$	33
Figure2. 23 : Amplificateur opérationnel en montage inverseur.....	34
Figure2. 24 : fonction de transfert.....	35
Figure2. 25 : Réponse idéale d'un filtre.....	37
Figure2. 26: filtre passe bas.....	37
Figure2. 27: filtre passe haut.....	38
Figure2. 28 : Détecteur de crête.....	39
Figure2. 29 : Détection d'enveloppe.....	40
Figure2. 30 : schéma équivalent au transistor NPN (ou PNP).....	43
Figure2. 31 : Transistor monté en émetteur commun.....	43
Figure2. 32 : la droite de charge statique.....	44
Figure2. 33 : émetteur commun.....	44
Figure2. 34: base commune.....	45
Figure2. 35 : collecteur commun.....	45
Figure2. 36 : Construction électrique.....	47
Figure2. 37 : caractéristiques du transistor.....	47
Figure2. 38 : Construction électrique.....	48
Figure2. 39 : Schématisation d'un transistor monté en commutation.....	48
Figure 3.1 : schéma de circuit émetteur infrarouge.....	49
Figure 3.2 : circuit imprimé d'émetteur.....	50
Figure 3.3 : Vue 3D des composants implantés.....	50
Figure 3.4 : Circuit électrique du récepteur infrarouge.....	53
Figure 3.5 : Circuit imprimé du récepteur.....	55
Figure 3.6 : Vue 3D des composants implantés.....	55

INTRODUCTION GENERALE

Un émetteur-récepteur à infrarouge est un dispositif électronique capable de communiquer des données en utilisant la lumière infrarouge. Les unités émettrices-réceptrices de l'infrarouge (IR) peuvent à la fois transmettre et recevoir des informations.

Deux éléments principaux sont trouvés à l'intérieur d'une unité émetteur-récepteur IR : Une diode émettrice de lumière infrarouge (LED) est utilisée pour produire des impulsions infrarouges, tandis qu'un détecteur infrarouge (photodiode) est capable de détecter des signaux infrarouges reçus. Certains émetteurs-récepteurs IR avancés utilisent des diodes laser infrarouges à la place des LED. Cela augmente la portée du signal IR, mais réduit la largeur du faisceau détectable.

La standardisation des protocoles d'émetteur-récepteur IR permet à de nombreux dispositifs différents de partager des données rapidement. Deux personnes dans la même pièce peuvent simplement pointer leurs appareils l'un face à l'autre afin de transférer des messages ou fichiers. Les appareils infrarouges compatibles tels que les télécommandes peuvent également recevoir des fichiers dans l'air, ce qui élimine le besoin de câbles de connexion.

Les émetteurs-récepteurs IR sont généralement limités à une ligne de communication directe, et ne peuvent pas transférer des données à travers un mur ou tout autre obstacle.

L'objectif de notre travail est de réaliser des cartes électroniques permettant la transmission et la réception d'un signal infrarouge. Dans ce contexte, notre mémoire sera organisé de la manière suivante :

Chapitre 1 : Description générale d'un système de détection infrarouge.

Chapitre 2 : Schéma synoptique et étude des différents étages qui constituent le montage, avec une explication de fonctionnement de chaque étage.

Chapitre 3 : Réalisation pratique du montage et présentation des résultats avec des signaux à l'appui.

Nous finirons notre mémoire par une conclusion générale et d'éventuelles perspectives.

1.1 Introduction

Les commandes à distances se sont multipliées et ont envahi tous les domaines de la vie quotidienne et industrielle. La télévision, le magnétoscope, le DVD, la chaîne Hi-Fi, le portail électrique, l'ouverture des véhicules ... ne sont qu'un aperçu de la diversité des télécommandes.

Le rayonnement infrarouge (**IR**) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible mais plus courte que celle des micro-ondes.

Dans ce qui suit nous allons étudier en détail un système de détection infrarouge. Ce système est composé de deux parties essentielles : une partie d'émission et la deuxième partie celle de la réception comme l'illustre le schéma ci-dessous.

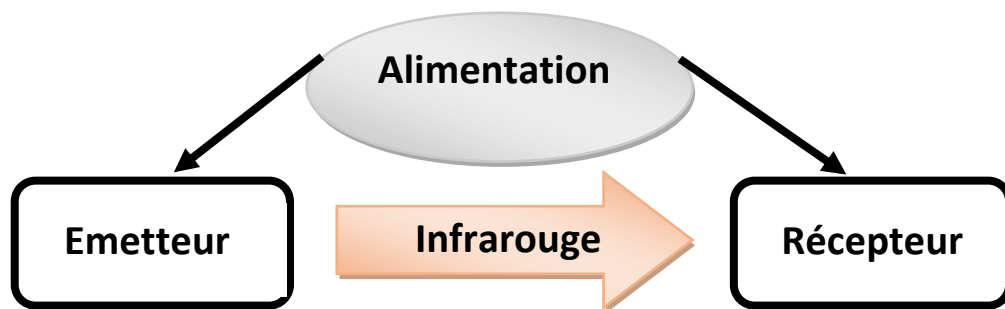


Figure 1 : Schéma d'un émetteur-récepteur.

L'émetteur permet la génération d'un faisceau lumineux infrarouge tandis que le récepteur permet l'identification de la liaison optoélectronique avec l'émetteur à travers l'allumage d'une LED témoin, le franchissement de la barrière se traduit par la coupure du faisceau entre l'émetteur et le récepteur et par la suite la LED témoin s'éteint.

1.2 Principe de fonctionnement

1.2.1 Alimentation

Dès que nous entendons parler d'appareils ou de circuits électroniques, nous sommes sûrs de rencontrer une partie alimentation à l'intérieur. En fait, l'alimentation électrique est l'ensemble des équipements électriques qui assure le transfert du courant électrique d'un réseau électrique pour le fournir, sous les paramètres appropriés (puissance, tension) de façon stable et constante à un ou plusieurs consommateurs et ce dans des conditions de sécurité.

Il sera indispensable que les circuits d'alimentations soient dimensionnés de manière à supporter cette puissance de transit et surtout qu'ils ne produisent qu'un minimum de perte. Comme la physique nous l'enseigne, toute perte est transformée en chaleur. La notion de rendement sera importante pour les concepteurs de circuits.

1.2.2 Emetteur

Après avoir réalisé une alimentation stabilisée, on assure alors la présence de l'énergie nécessaire pour faire fonctionner le reste des blocs, la fonction d'émission, de conditionnement et de la mise en forme du faisceau infrarouge est assurée par un circuit électronique constitué de plusieurs éléments formant l'émetteur.

L'émetteur doit fournir un faisceau lumineux possédant une puissance et une fréquence bien déterminées afin d'être détectable par le récepteur le mieux possible.

Le rayonnement infrarouge n'est pas du domaine des ondes qu'on peut capter avec une antenne, il n'est pas non plus celui de la lumière visible ; de ce fait il possède des caractéristiques particulières.

Le nom infrarouge signifie « en dessous du rouge » (du latin *infra* : « plus bas »), car l'infrarouge est une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière rouge (et donc de longueur d'onde supérieure à celle du rouge qui va de 500 à 780 nm). La longueur d'onde de l'infrarouge est comprise entre 780 nm et 1000000 nm.

Les émetteurs infrarouges diffusent leur chaleur par rayonnement. Cette technologie se caractérise par une émission d'ondes provoquant une élévation de température d'une surface réceptrice, sans chauffer l'ambiance intermédiaire. L'infrarouge se décompose en 3 subdivisions, toutes utilisées dans l'industrie : l'infrarouge court, l'infrarouge moyen et l'infrarouge long. L'infrarouge court se situe dans des longueurs d'ondes comprises entre 0.76 et 2 μm . Cette technologie est caractérisée par une forte densité de puissance au mètre et une émission de chaleur quasiment instantanée. L'infrarouge moyen, compris entre 2 et 4 μm , est produit par des émetteurs de faible inertie et de constitution robuste. Ces émetteurs caractérisés par une longue durée de vie. L'infrarouge long, de longueurs d'onde comprises entre 4 et 10 μm , est le plus large domaine de travail ; il résiste à la corrosion et aux atmosphères chimiques.

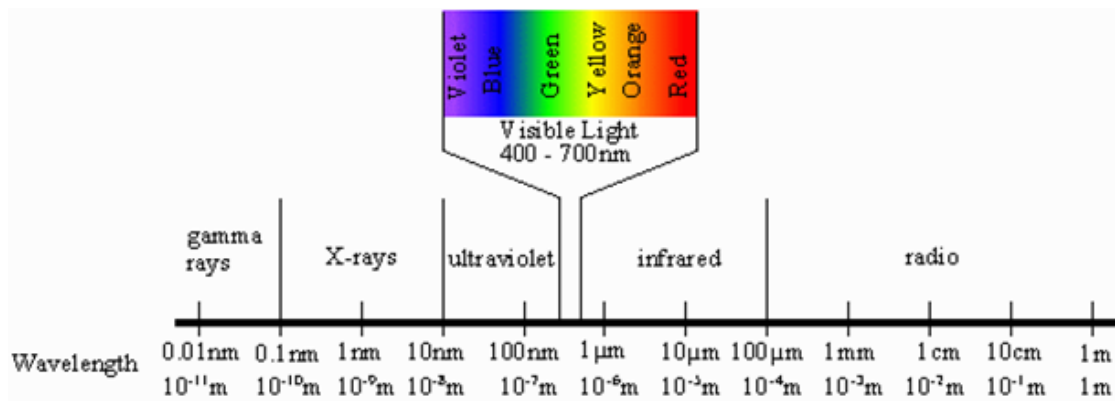


Figure 2 : Spectre électromagnétique.

L'œil humain a une bande passante limitée, ce qui rend le faisceau infrarouge invisible. L'infrarouge peut traverser les surfaces transparentes telles que les vitres mais sera arrêté par les obstacles opaques. En plus, le faisceau infrarouge peut être réfléchi par un miroir et sa direction peut-être en présence d'obstacles opaques situés dans la voie de transmission. Le choix de l'émetteur se fait en fonction des propriétés du produit à absorber la longueur d'onde émise.

La technique de transmission de l'infrarouge n'est pas très récente. C'est grâce au développement des diodes électroluminescentes de puissance, photodiode (PIN) et les phototransistors que l'on peut exploiter cette technique qui consiste à envoyer un rayonnement infrarouge non cohérent et de haute puissance en direction d'une photodiode.

Dans ce mémoire, le faisceau lumineux infrarouge est produit par trois LEDs montées en série ; il est d'une longueur d'onde de 900 nm (invisible) et son amplitude est proportionnelle au courant qui les traverse (I est toujours positif). L'énergie émise est captée et transformée en un courant par une Photodiode.

1.2.2.1 Diode électroluminescente [1]

1.2.2.1.1 Définition :

Une diode infrarouge est une diode électroluminescente qui émet de la lumière lorsqu'on lui applique un courant dans le sens direct ; sous ses conditions les électrons sont injectés dans le matériau de type P.

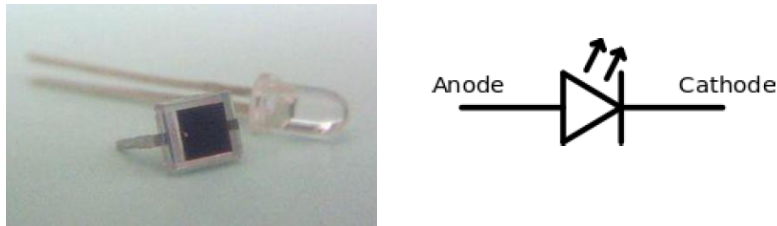


Figure 3 : Diode électroluminescente.

Lorsque les électrons injectés se recombinent avec les porteurs majoritaires, au niveau de la jonction PN, de l'énergie est libérée sous forme de photons. La direction d'émission est contrôlée par des surfaces réfléchissantes.

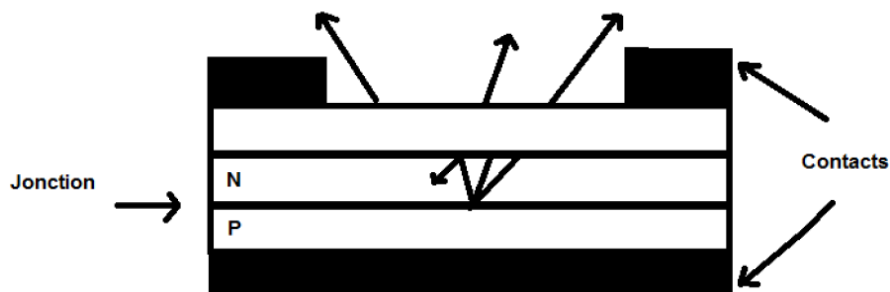


Figure 4 : Constitution d'une diode électroluminescente.

Les LED (IR) ont la même présentation que les LED de couleur.

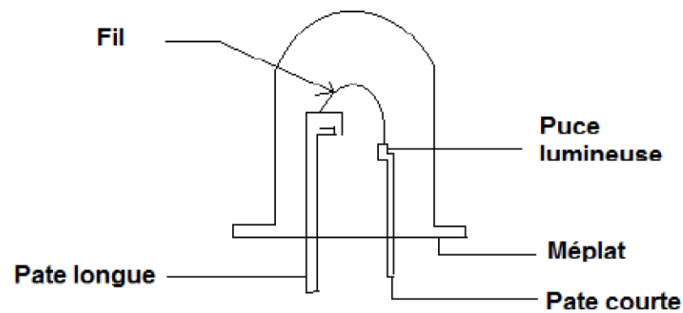


Figure 5 : Boîtier de la LED.

1.2.2.1.2 Principe de fonctionnement des diodes électroluminescentes :

Considérons une jonction PN polarisée dans le sens direct et parcourue par un courant I_f .

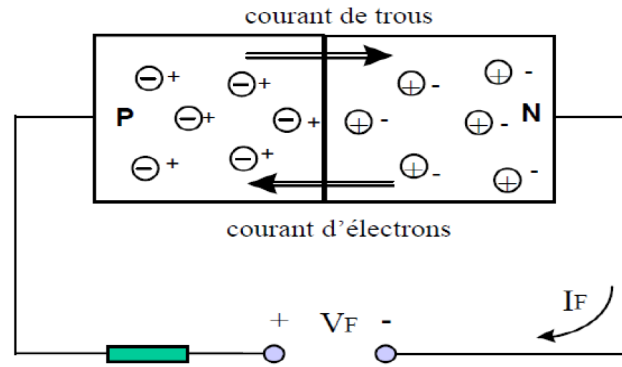


Figure 6 : Injection des porteurs minoritaires dans une jonction PN.

A l'intérieur du matériau, il y a injection de trous dans la zone N et d'électrons dans la zone P : c'est le phénomène d'injection des porteurs minoritaires ; un certain nombre de porteurs minoritaires se recombinent en libérant de l'énergie.

En effet, lorsqu'un électron libre rencontre un trou il le comble (c'est-à-dire une absence d'électron dans un atome, qui de ce fait est chargé positivement).

Cet électron passe donc de la bande de conduction à la bande de valence du matériau P, libérant par conséquent une énergie égale à la différence d'énergie entre ces deux bandes.

Une partie de cette énergie est libérée sous forme de lumière (photon) et le reste sous forme de chaleur.

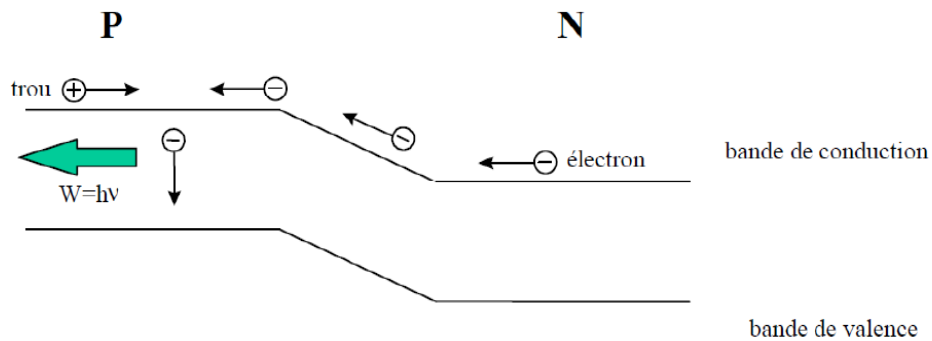


Figure 7 : Emission d'un photon lors de la recombinaison d'un électron et d'un trou.

On voit donc que la fréquence de la radiation émise est directement liée à la largeur de la bande interdite.

L'énergie d'un photon s'écrit :

$$W = h.v$$

h : constante de Planck ($6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s) et **v** : Fréquence de la radiation émise (en Hz).

La longueur d'onde émise est donnée par la relation :

$$\lambda = \frac{1240}{Eg}$$

λ : Longueur d'onde de la radiation émise (en nm)

Eg : largeur de la bande interdite (en eV).

1.2.2.1.3 Caractéristiques électriques :

Une LED se comporte électriquement comme une diode. Pour émettre elle doit être polarisée en direct.

La caractéristique $I_F(V_F)$ montre que la tension de conduction de la diode LED est environ 1,5 Volts à 2 V, pour un courant nominal $I_F=20\text{mA}$.

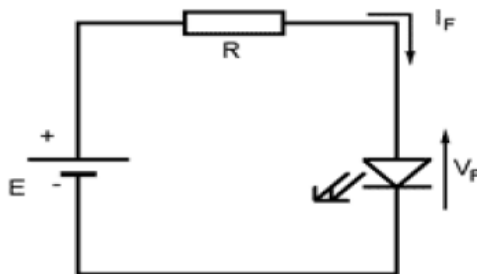
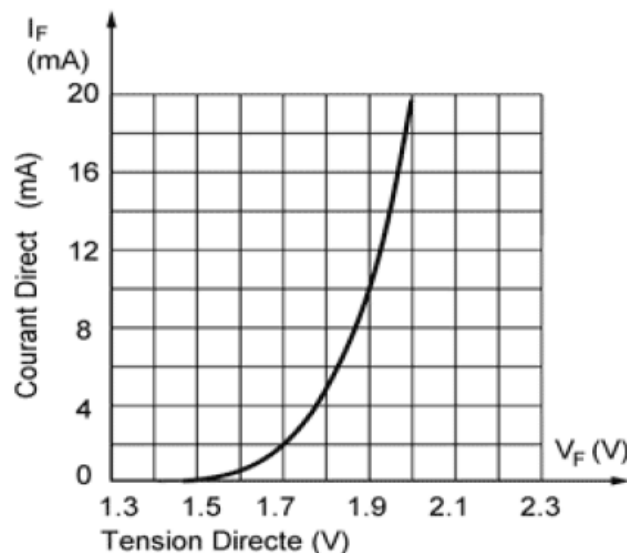


Figure 8 : Montage de fonctionnement de la LED.



Graph 1 : Tension de conduction de la LED.

Le courant traversant la LED détermine l'intensité lumineuse émise.

Remarque : Certaines diodes ont des tensions de conduction de l'ordre de 3 Volts et plus.

Polarisée en inverse, la LED est éteinte : elle n'émet plus d'intensité lumineuse.

1.2.3 Récepteur

Le Récepteur est constitué de plusieurs éléments permettent le traitement des ondes infrarouge émises par l'émetteur, et le traduit sous forme électrique.

Le détecteur est la pièce maîtresse de tout récepteur infrarouge. Il transforme l'énergie infrarouge captée en signaux électriques.

On connaît deux principales catégories de détecteurs par infrarouge : les détecteurs thermiques et les détecteurs quantiques. Les détecteurs thermiques modifient leur température selon le rayonnement incident. La modification de la température génère une tension similaire à celle d'un thermocouple. Les détecteurs quantiques (photodiodes) entrent directement en interaction avec les photons captés créant ainsi des paires d'électrodes, puis un signal de courant électrique ; et ce dernier qui nous intéresse.

Le concept de détection infrarouge haute performance est fondé sur la conversion directe photovoltaïque des photons en paires électron-trou dans un semi-conducteur, principe de base des cellules solaires.

Généralement les composants qui sont utilisés pour la détection de l'infrarouge sont la photodiode et le phototransistor.

1.2.3.1 Photodiode :

Une photodiode est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique.

Les diodes PIN sont les détecteurs les plus couramment utilisés avec les fibres optiques. Il s'agit d'un semi-conducteur intrinsèque pris en sandwich entre un semi-conducteur de type N et un semi-conducteur de type P. La concentration de charges libres dans le semi-conducteur intrinsèque est très faible, ce qui lui procure une résistivité élevée. Le champ électrique sera donc grand dans cette région de résistivité élevée, et faible dans les parties N et P, de résistivité plus faible.

La photodiode PN est, comme son nom l'indique, une jonction p-n, généralement utilisée en polarisation inverse. Dans ce cas, les porteurs majoritaires sont bloqués par le champ électrique dans la zone de charge d'espace, et le courant résulte donc du passage des porteurs minoritaires à travers la jonction. Le courant est dans ce cas limité par le faible taux de génération de porteurs minoritaires dans le voisinage de la jonction.

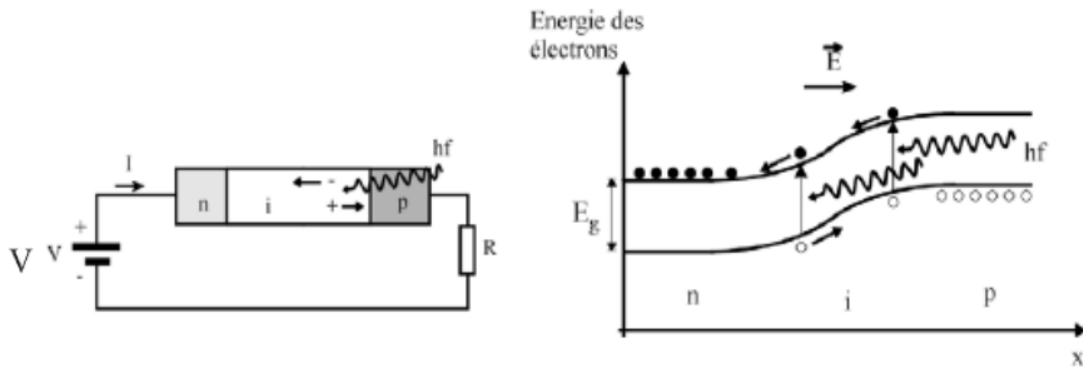


Figure 9 : Diode PIN comme détecteur de lumière et diagramme d'énergie correspondant.

Sous l'action de la lumière, des paires électron-trou peuvent être générées dans le semi-conducteur, si la longueur d'onde de la lumière est inférieure à ce qui correspond à une énergie de photons supérieure à la largeur de la bande interdite. Supposons qu'une paire électron-trou est ainsi générée dans la zone de charge d'espace. Sous l'action du champ électrique qui règne dans cette zone, le trou sera accéléré vers la zone P où il s'ajoute aux porteurs majoritaires et l'électron sera accéléré vers la zone N. Donc une séparation de la paire électron-trou et un courant dans le sens de N vers P, c'est-à-dire une augmentation du courant inverse dans la diode.



Figure 10 : Structure d'une photodiode.

1.2.3.1.1 Principe de fonctionnement de la photodiode PIN

Les diodes PIN sont les détecteurs les plus couramment utilisés avec les fibres optiques. Il s'agit d'un semi-conducteur intrinsèque pris en sandwich entre un semi-conducteur de type N et un semi-conducteur de type P. La concentration de charges libres dans le semi-conducteur intrinsèque est très faible, ce qui lui procure une résistivité élevée. Le champ

électrique sera donc grand dans cette région de résistivité élevée, et faible dans les parties N et P, de résistivité plus faible.

Par rapport à la jonction p-n simple, la zone de champ électrique non nul a été élargie par rapport aux zones conductrices, ce qui augmente la probabilité d'absorption et donc de création de paires électron-trou dans cette région. Comme les paires électron-trou sont créées principalement dans la zone avec un champ électrique, elles ne doivent pas diffuser avant d'être accélérées, et l'augmentation du courant est plus rapide.

1.2.3.1.2 Caractéristiques importantes d'une photodiode

Si on fait varier la puissance optique reçue par le composant, on constate lorsque la photodiode est polarisée en inverse, que le courant inverse qui la traverse va augmenter. L'évolution de ce courant en fonction du nombre de photons reçus par unité de temps Φ_P peut être modélisée de la façon suivante :

$$I_P = q \cdot \eta \cdot \Phi_P + I_S$$

Où :

η : est le rendement quantique

I_S : est le courant d'obscurité que l'on pourra négliger dans un premier temps.

Si ν est la fréquence des photons reçus et h la constante de Plank $h \approx 6.62 \times 10^{-34} \text{ J.S}$ on peut aussi écrire que :

$$I_P = q \cdot \eta \cdot \frac{P_{OPT}}{h \cdot \nu}$$

On peut également définir la sensibilité de la photodiode comme étant :

$$S = I_P / P_{OPT}$$

1.2.3.2 Phototransistor [2]

Le phototransistor est la combinaison la plus simple d'une photodiode et de son amplificateur. En dirigeant la lumière sur la jonction collecteur-base (qui est polarisée en inverse) on génère un courant base d'origine photonique qui est amplifié par le gain en courant β du transistor. Si la base est accessible de l'extérieur, une polarisation du transistor est possible, on a :

$$I_E = (I_P + I_B) (\beta + 1)$$

I_P : courant base d'origine photonique

I_B : courant base extérieur

IE : courant émetteur

β : gain en courant du transistor.

1.2.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une idée sur les blocs essentiels constituant notre circuit et mais aussi une étude détaillée sur le principe de fonctionnement du détecteur infrarouge afin de réaliser le meilleur circuit électronique en termes de temps de réponse et de sensibilité.

2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons décrit tous les éléments photosensibles que l'on peut exploiter pour pouvoir générer le faisceau infrarouge d'une part et de capter ce faisceau lumineux et le traduire en signal électrique d'autre part.

Comme ce signal nécessite des opérations de traitement (amplification, filtrage...etc.), nous présentons dans ce chapitre les différents montages électroniques réalisés, permettant ce traitement avec l'explication de chaque circuit.

Emetteur

2.2 Schéma synoptique d'émetteur

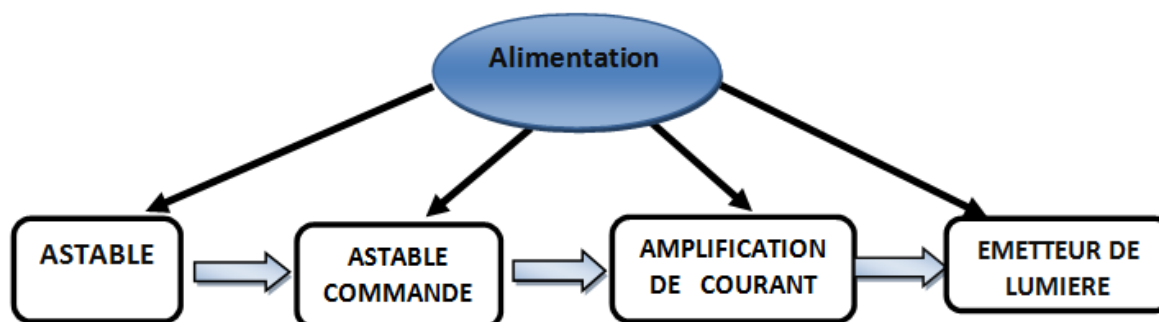


Figure 2.1: Schéma synoptique d'émetteur infrarouge.

2.2.1 Alimentation [3]

Sans oublier que l'électricité est produite grâce à des processus mécaniques, ce qui implique des machines imprécises ; il va de soit que le secteur demeure instable. Des fluctuations de tension dans le réseau électrique amènent les circuits électroniques ainsi que les appareils à sortir de leurs marges de sécurité. Ceci peut entraîner leur destruction. Les principales fluctuations sont constatées pendant les variations de demandes d'énergie électrique, d'où la nécessité de concevoir des circuits électroniques qui pourront pallier à ce problème d'instabilité.

Presque tous les montages électroniques demandent un apport d'énergie par une source de tension continue, quand la consommation du circuit est faible on peut se contenter d'utiliser une pile ou un accumulateur ; mais dès que le débit est un peu plus élevé, le coût important de l'énergie électrique stockée conduit à préférer une alimentation à partir du

secteur. Un certain nombre de problème se posent alors : le secteur est une tension alternative qu'il faut convertir en tension continue ; et l'amplitude de ce secteur est très élevée (220V) par rapport au niveau dont a besoin dans notre circuit électronique qui est de 12V.

Pour réaliser une alimentation régulée, plusieurs techniques sont disponibles :

- Les alimentations à découpage ;
- Les alimentations stabilisées.

Les alimentations à découpage (figure 2.2) ont l'avantage d'avoir un excellent rendement mais elles sont entachées de fortes ondulations difficiles à éliminer. Elles s'appuient sur une technique de commutation, puis un moyennage afin d'obtenir la tension continue voulue. Enfin, ces alimentations ont besoin d'une charge pour fonctionner.

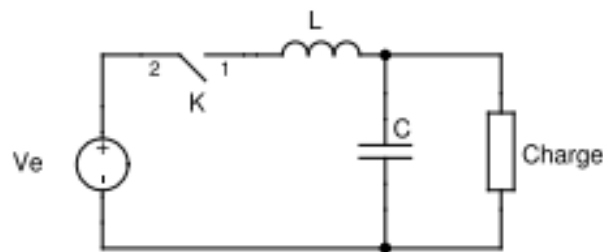


Figure 2.2: Principe d'une alimentation à découpage.

Par contre, les alimentations stabilisées de puissance (figure 2.3) utilisent un transistor ballast qui impose une tension de sortie. Ce transistor dissipe une puissance importante. C'est pourquoi ce type d'alimentation a de très bonnes caractéristiques mais un mauvais rendement.

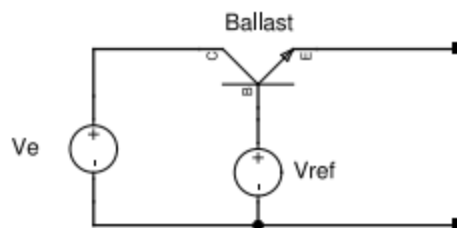


Figure 2.3: Principe d'une alimentation stabilisée.

Pour notre montage, nous utiliserons une alimentation stabilisée d'utilisation courante car le rendement n'est pas la caractéristique majeure. Plusieurs fonctions sont indispensables :

1. L'adaptation et l'isolation ;
2. Le redressement ;
3. Le filtrage ;
4. La stabilisation.

Le schéma synoptique d'une telle alimentation est donné par la figure 2.4.

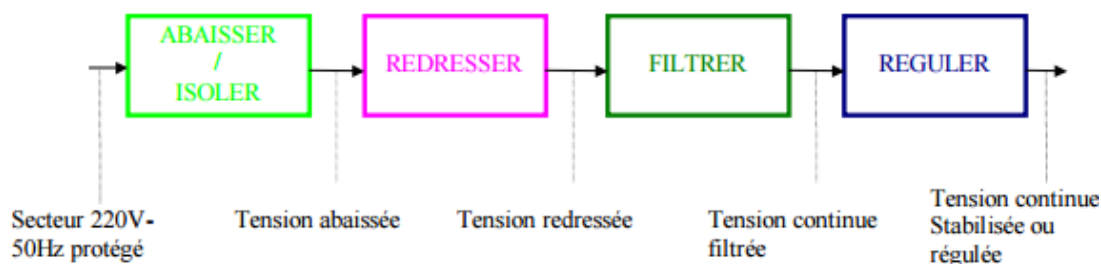


Figure 2.4: Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.

2.2.1.1 Adaptation et isolation

Cette fonction a pour but :

- d'adapter la tension fournie par le secteur ;
- d'isoler le montage du secteur.

Les caractéristiques 220 Volts alternatifs 50Hz, ne sont pas compatibles avec le but d'un montage électronique d'une manière générale ; c'est pour quoi nous utiliserons un transformateur.

2.2.1.2 Transformateur

C'est un appareil statique à induction électromagnétique destiné à transformer un système de courants variables en un ou plusieurs autres systèmes de courant variable d'intensité et de tension généralement différentes et de même fréquence.

Un transformateur est constitué de deux bobines couplées par un circuit magnétique : le couplage est très serré, il permet le couplage du secteur aux circuits électroniques, d'élever ou d'abaisser la tension d'entrée $U(t)$, il assure aussi l'isolation entre le secteur et le reste.

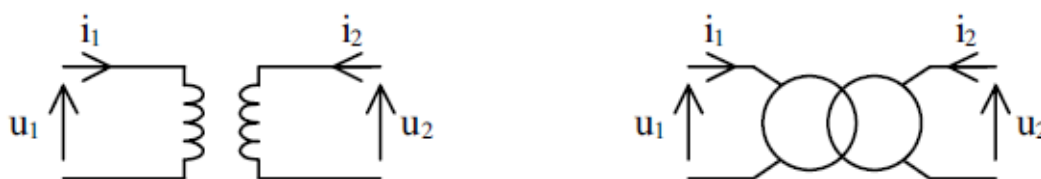


Figure 2.5: Symboles d'un transformateur.

N_1 et U_1 sont le nombre de spire et la tension au primaire, N_2 et U_2 pour le secondaire. Le rapport de transformation peut être défini de deux façons :

$$\mathbf{K} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad \text{Ou bien} \quad \mathbf{K} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

2.2.1.3 Redressement

Le redressement est la conversion entre un signal alternatif et un signal unidirectionnel, c'est le rôle rempli par les diodes D1, D2, D3 et D4. Ces quatre diodes forment un pont de Graetz, et la tension de sortie du transformateur doit être redressée par le pont afin d'avoir un signal redressé double alternance.

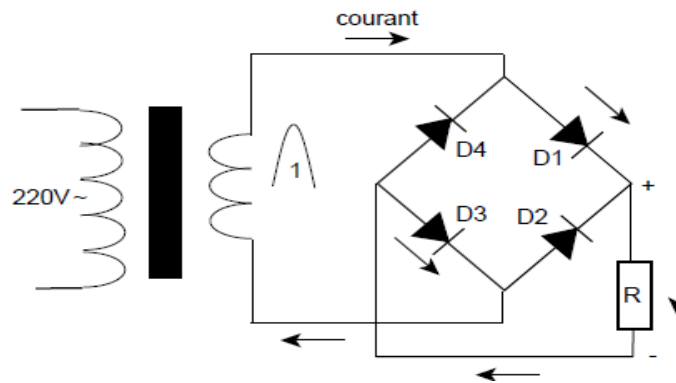


Figure 2.6: Redressement double alternance.

Pendant l'alternance positive du signal, les deux diodes D₁ et D₃ conduisent puisqu'elles sont polarisées en direct ; alors que D₂ et D₄ sont bloquées. Pendant l'alternance négative, les deux diodes D₂ et D₄ conduisent, et D₁ et D₃ se bloquent. On obtient ainsi un redressement double alternance.

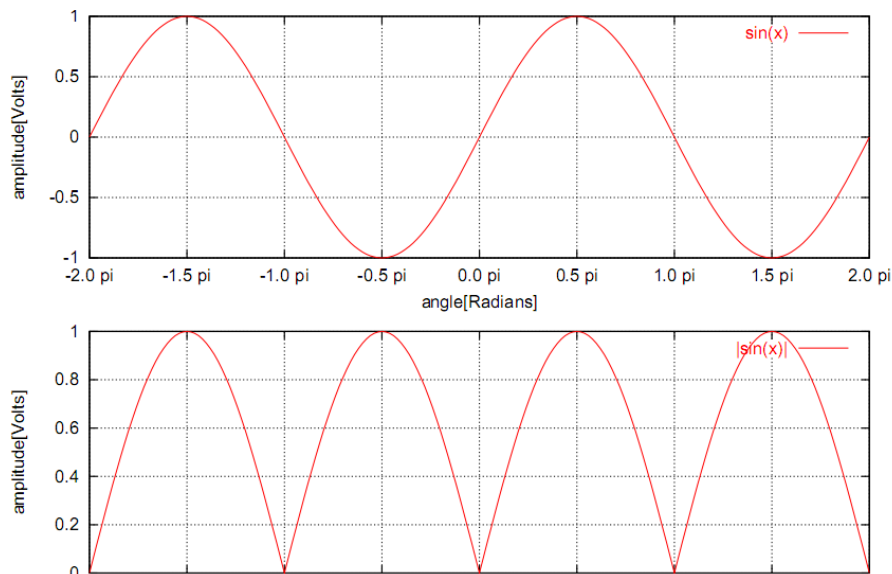


Figure 2.7: Tension avant et après le pont de redressement.

2.2.1.4 Filtrage

Le redressement a permis d'obtenir une tension positive mais avec de très fortes ondulations. Ces dernières vont être éliminées par un filtre passe-bas, cette opération permet de lisser le signal.

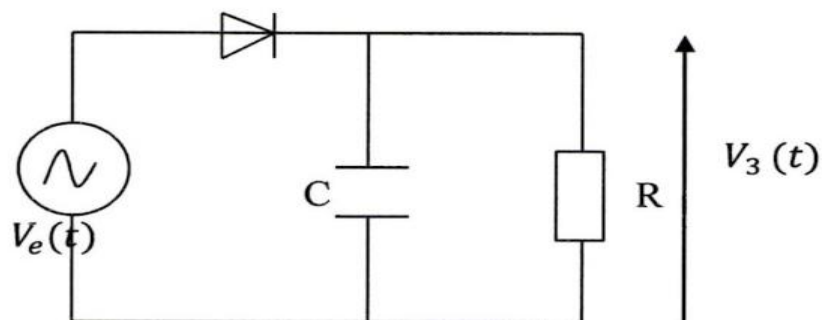


Figure 2.8: Circuit de filtrage.

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. 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.

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

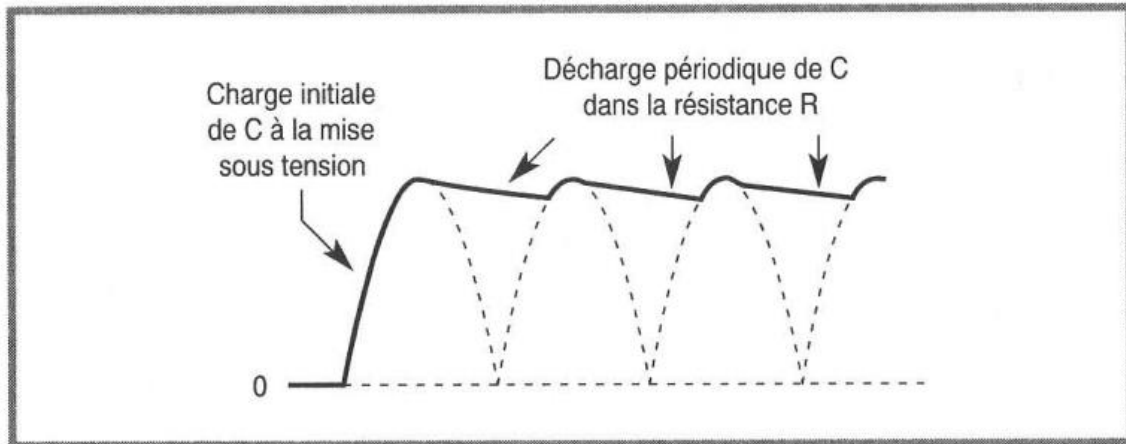


Figure 2.9: Phénomène de filtrage d'un signal redressé.

2.2.1.5 Régulateur

La partie de montage comprenant le transformateur, les diodes et le condensateur de filtrage forme déjà une alimentation continue non régulée. Lorsqu'on désire avoir une tension suffisamment stable, il faut compléter le montage par une régulation réalisée avec des composants discrets (diode Zener et transistor) ; mais on préfère en général utiliser une solution totalement intégrée : on utilise un régulateur qui nous fournit une tension de sortie stable malgré les variations de la tension d'entrée ou les variations de la charge.

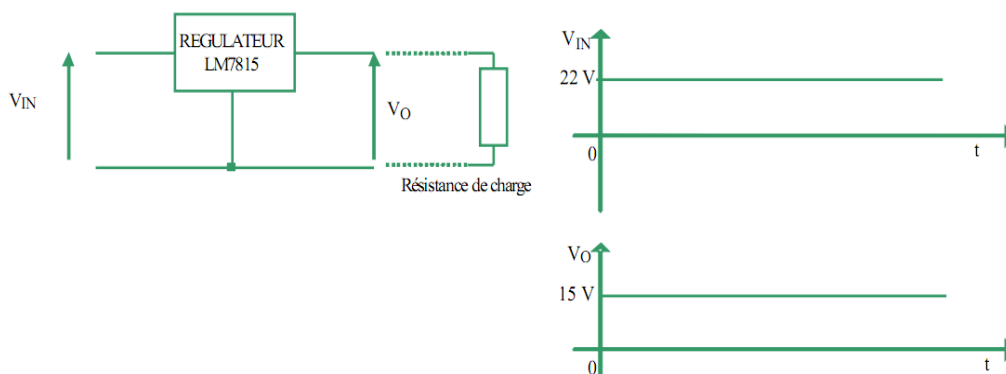


Figure 2.10: Rôle d'un régulateur dans une alimentation stabilisée

2.2.2 Astable [4]

Le terme astable désigne une structure ne possédant pas d'état stable, c'est-à-dire un oscillateur ; le signal délivré oscille continuellement d'un état à l'autre sans jamais se stabiliser. On parle également de multivibrateur astable. Certains astables peuvent être synchronisés par un signal externe. Le signal de sortie est caractérisé par :

– sa période T en secondes (s), ou sa fréquence F en hertz (Hz) :

$$F = \frac{1}{T}$$

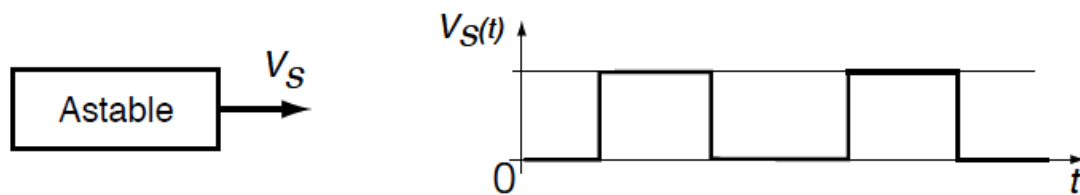


Figure 2.11: Signal d'un astable

Les types de multivibrateurs astables sont :

- astable à base de transistors.
- astable à base de portes logiques.
- astable à base d'amplificateurs opérationnels.

Dans notre cas, nous utilisons un astable à base de portes logiques NAND.

2.2.2.1 Circuit intégré CD4011 [5]

Le CD4011 fait partie de la famille des circuits intégrés CMOS (Complémentaire Métal Oxyde Semi-conducteur). Il possède 14 broches DIL. DIL se réfère à la disposition des broches et il signifie <<Dual-In-Line>>. Cela signifie simplement que les 14 broches sont disposées en deux rangées parallèles.

Bien que l'électricité statique puisse détruire des circuits intégrés CMOS, ils sont extrêmement fiables en fonctionnement. Éviter de toucher les broches et ne pas surchauffer avec le fer à souder.

La base 4000 des séries circuits intégrés CMOS travaille à partir d'un minimum de 3 volts jusqu'à un maximum de 15 volts. Certaines version de la série 4000 fonctionne jusqu'à un maximum de 18 volts.

Le CMOS 4011 contient quatre portes NAND.

Quatre portes dans un CMOS 4011 sont parfois appelés onduleurs. L'état de la sortie d'une porte sera le contraire (ou l'inverse) des entrées.

2.2.2.1.1 Brochage du CD 4011

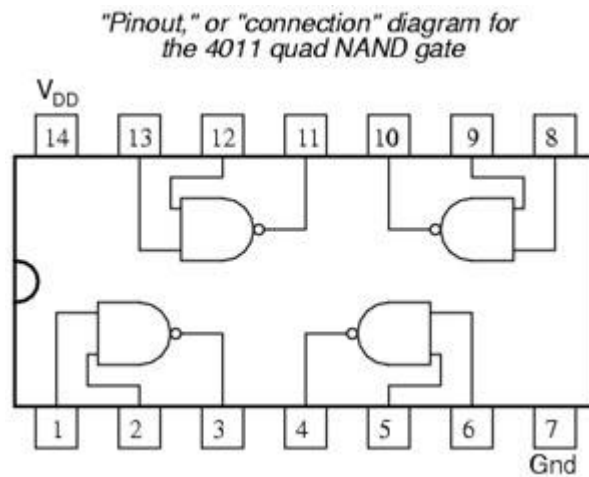


Figure 2.12: Configuration interne d'un CMOS 4011

2.2.2.1.2 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 2.1: Description des pins du CD 4011.

2.2.2.1.3 Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur

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

Table 2.2: Conditions de fonctionnement recommandées du CD 4011.

2.2.2.1.4 Caractéristiques

- Courant de repos déterminé jusqu'à 20V
- 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.

2.2.2.1.5 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.

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

Son symbole est donné par la figure 2.13.



Figure 2.13: Porte NAND [5].

Sa table de vérité est donnée par la table 2.3 :

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

Table 2.3: Table de vérité de la porte NAND.

Elles sont alimentées entre 0V et V_{DD} , leur unique seuil de basculement est $V_{DD}/2$.

Hypothèse d'étude et conditions initiales :

- ✓ à $t=0$ le condensateur C est totalement déchargé ($U_{MH}(0)=0V$)
- ✓ à $t=0$, $V_S=V_{DD}$ et $V_H=0V$

- ✓ le circuit commute à $V_{DD}/2$
- ✓ les courants d'entrée des portes logiques sont considérés négligeables par rapport au courant de charge du condensateur

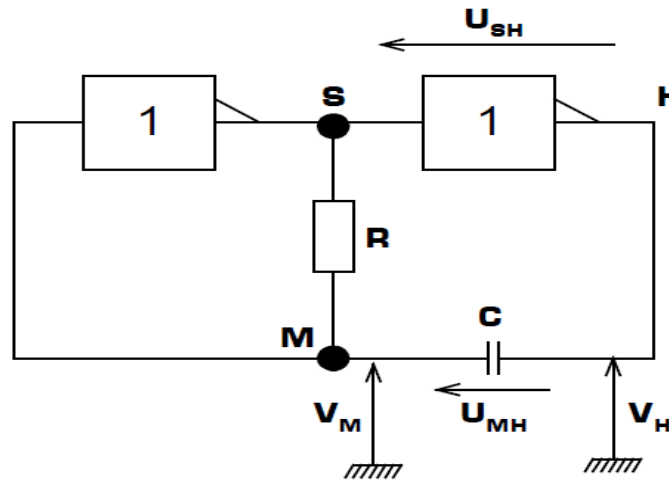


Figure 2.14: Astable à base de 2 portes logiques NAND.

Remarques sur les tensions du montage :

- ✓ V_M est le potentiel du point M par rapport à la masse
- ✓ V_H est le potentiel du point H par rapport à la masse
- ✓ V_S est le potentiel du point S par rapport à la masse (non fléché sur le schéma)
- ✓ U_{MH} est la différence de potentiel (d.d.p.) entre les points M et H : $U_{MH} = V_M - V_H$
- ✓ U_{SH} est la d.d.p. entre les points S et H, il s'agit de la tension aux bornes du circuit de charge RC du montage

$$U_{SH} = V_S - V_H$$

- ✓ Les tensions V_S et V_H ne peuvent prendre que 2 valeurs : V_{DD} ou $0V$:
 - ✚ Si $V_S = V_{DD}$, alors $V_H = 0V$, et $U_{SH} = V_{DD}$: le condensateur se charge alors vers la tension V_{DD} (à travers la résistance R)
 - ✚ Si $V_S = 0V$, alors $V_H = V_{DD}$, et $U_{SH} = -V_{DD}$: le condensateur se charge alors vers la tension $-V_{DD}$ (à travers la résistance R)

Le montage peut se résumer au circuit de charge ci-contre, où le générateur de tension U_{SH} peut prendre 2 valeurs : $+V_{DD}$ ou $-V_{DD}$ en fonction de l'état de sortie des portes logiques.

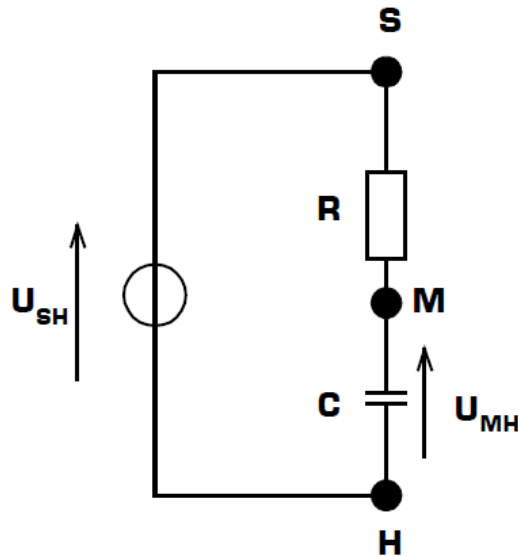


Figure 2.15: Circuit de charge du condensateur

Analyse du montage et conditions de basculement :

❖ **1^{er} cas : $V_S = V_{DD}$ et $V_H = 0V$; on a donc $U_{SH} = V_{DD}$:**

Dans ce cas, le condensateur se charge vers la tension V_{DD} (V_M augmente), et la première porte basculera (V_S passera à $0V$) lorsque V_M atteindra $V_{DD}/2$. Remarque : Comme $V_H = 0V$, on a $U_{MH} = V_M$.

La condition de basculement dans ce 1er cas s'écrit donc :

V_S basculera à $0V$ (et V_H à V_{DD}) lorsque la tension U_{MH} aux bornes du condensateur atteindra la valeur de basculement des portes $V_{DD}/2$.

❖ **2^{ème} cas : $V_S = 0V$ et $V_H = V_{DD}$; on a donc $U_{SH} = -V_{DD}$:**

Dans ce cas, le condensateur se charge vers la tension $-V_{DD}$ (V_M diminue), et la première porte basculera (V_S passera à V_{DD}) lorsque V_M atteindra $V_{DD}/2$. Mais quelle sera la valeur de U_{MH} aux bornes du condensateur lorsque V_M vaudra

$V_{DD}/2$? Remarque : la loi des mailles dans le circuit de charge nous donne

$U_{MH} = V_M + U_{SH} - V_S$. On en déduit alors la

valeur de U_{MH} aux bornes du condensateur lorsque $V_M = V_{DD}/2$, $U_{SH} = -V_{DD}$, et $V_S = 0V$:

$U_{MH} = -V_{DD}/2$.

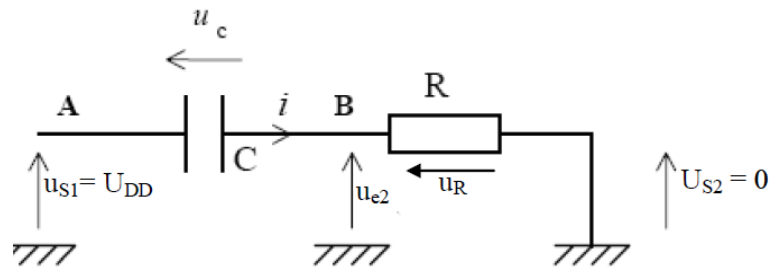
La condition de basculement dans ce 2er cas s'écrit donc :

V_S basculera à V_{DD} (et V_H à $0V$) lorsque la tension U_{MH} aux bornes du condensateur atteindra la valeur de basculement $-V_{DD}/2$.

1ère phase :

Circuit de charge du condensateur :

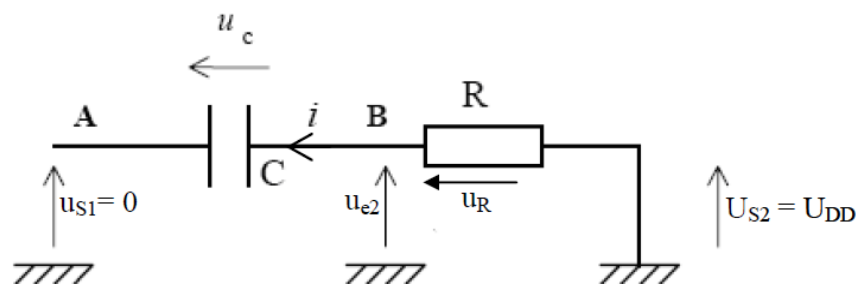
Condition initiale : $U_c = 0$ et $U_{e2} = U_{DD}$.



2ème phase :

Circuit de décharge du condensateur :

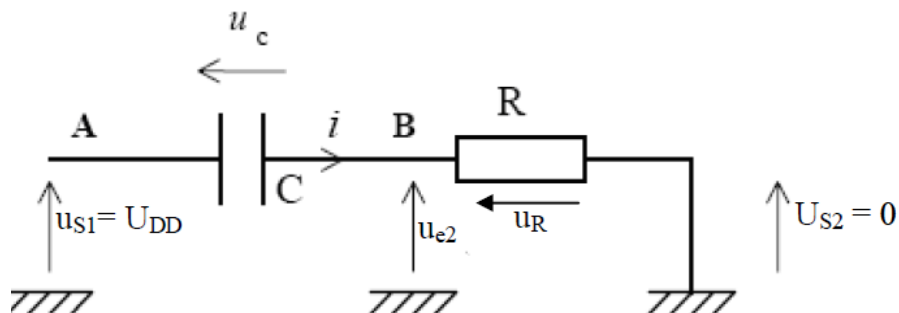
Condition initiale : $U_c = \frac{U_{DD}}{2}$ et U_{e2}



3ème phase :

Circuit de recharge du condensateur :

Condition initiale $U_c = \frac{U_{DD}}{2}$ et $U_{e2} = U_{S1} - u_c = \frac{3U_{DD}}{2}$.



2.2.3 Darlington [6]

Dans le but de générer un faisceau lumineux infrarouge intense, les trois LED doivent être alimentées par un courant important. Le courant délivré par l'astable n'est pas suffisant ; à ce moment une amplification du courant est indispensable.

Dans de nombreux amplificateurs, on cherche à obtenir un grand gain, une impédance d'entrée élevée (afin de ne pas perturber la source du signal) et une impédance de sortie faible pour agir sur l'actionneur final.

Un amplificateur à un seul étage ne permet pas, en général, de réaliser ces objectifs. On sera amené à associer plusieurs étages en cascade.

Un montage de transistors de type Darlington admet de faibles pertes, dans lequel le transistor de puissance peut fonctionner alternativement en transistor indépendant ou en montage Darlington.

La figure 2.16 rappelle la structure d'un montage Darlington de deux transistors. Ce montage comprend un transistor de puissance ou transistor principal T1 et un transistor auxiliaire ou transistor pilote T2. Les collecteurs de ces deux transistors sont interconnectés et la base du transistor principal est connectée à l'émetteur du transistor pilote.

Ce montage est constitué par l'association de deux transistors T1 et T2 de même type (deux PNP ou deux NPN). T2 est un transistor de puissance donc de gain en courant grand et dont l'impédance d'entrée h_{11} pour le courant nominal est faible ; T1 est un transistor d'usage général de gain normal. La base du transistor T2 est reliée à l'émetteur de T1 et les deux collecteurs sont reliés entre eux.

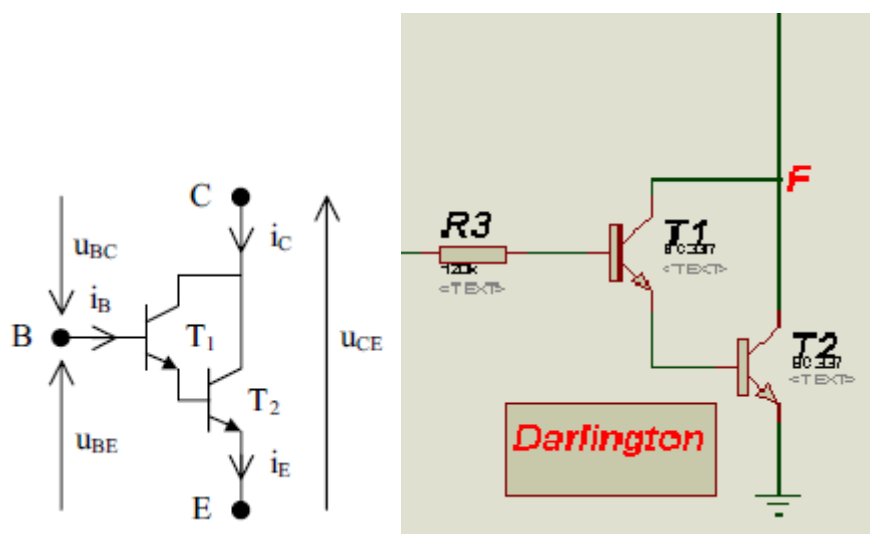
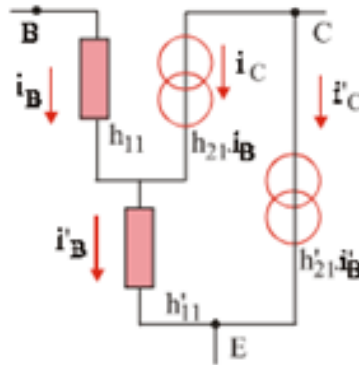


Figure 2.16: Darlington NPN

✚ Schéma équivalent



Gain en courant du transistor équivalent :

Pour le transistor T_1 : $i_c = h_{21} \cdot i_B \iff i_E = (h_{21} + 1) \cdot i_B$

Pour le transistor T_2 : $i_B = i_E = (h_{21} + 1) \cdot i_B$

$$i_c = h'_{21} \cdot i'_B = h'_{21} (h_{21} + 1) \cdot i_B$$

$$i'_c = h'_{21} \cdot h_{21} \cdot i_B$$

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

✚ le gain du transistor équivalent est égal au produit des gains des deux transistors.

$$I_{CE0} = (1 + \beta_2) I_{CE01} + I_{CE02}$$

$$U_{BE} = U_{BE1} + U_{BE2}$$

- Amplification en courant β élevée et résistance d'entrée « petits signaux » élevée.
- Courant de fuite I_{CE0} élevé, résistance de sortie « petits signaux » r_{ce} réduite, tension U_{BE} deux fois plus élevée qu'avec un seul transistor.
- Pour éviter que le courant de fuite I_{CB01} de T_1 soit du même ordre de grandeur que le courant de base de T_2 , on ajoute une résistance entre base et émetteur de T_2 . Cela dérive une partie du courant. Cette résistance permet aussi l'écoulement du courant de base de T_2 lors du blocage.
- Pour améliorer le blocage de T_2 , on ajoute une diode d'évacuation sur la jonction BE de T_1 (cathode sur la base et anode sur l'émetteur).

2.2.3.1 Avantages

Le montage Darlington permet d'obtenir un transistor équivalent ayant un grand gain, une impédance d'entrée normale et il est capable de dissiper la même puissance que le transistor T2.

2.2.3.2 Inconvénients

La tension d'entrée correspond à deux seuils de diodes. Le courant inverse du transistor équivalent est beaucoup plus grand que celui des transistors utilisés puisque

$$I'_{CE0} = \beta' \cdot I_{CE0} + I_{CE0}$$

Les constructeurs fournissent des « Darlington » intégrés dans un boîtier unique lors de la fabrication et dont le gain en courant est typiquement de l'ordre de 2000.

2.2.4 Emetteur de lumière

Dans notre montage, l'amplificateur Darlington est commandé à sa base par des créneaux provenant d'un astable commandé, ce qui va permettre de fournir des courants intenses et brefs aux diodes émettrices. Le procédé d'émission impulsionnelle présente l'avantage de fournir de fortes puissances d'émission pour une consommation minimale.

Le dispositif émetteur infrarouge est constitué de trois diodes infrarouges montées en série et commandées par le passage d'un bref courant provenant de l'amplificateur Darlington. Les durées d'émission étant réduites, les diodes infrarouge encaissent sans dommages les fortes intensités, et permettent de fournir un maximum de puissance.

2.2.4.1 Diode LED

Le mot LED est l'acronyme de Light Emitting Diode (Diode Electroluminescente en français). Le symbole de la LED ressemble à celui de la diode mais on y a ajouté deux flèches sortantes pour représenter le rayonnement lumineux émis.

Une LED produit un rayonnement monochromatique à partir d'une transformation d'énergie. C'est lors de la recombinaison d'un électron et d'un trou qu'il y a émission d'un photon. En effet la transition d'un électron entre la bande de conduction et la bande de valence peut être radiative et s'accompagne de l'émission d'un photon. L'énergie du photon créé est donnée par :

$$h\nu = E_i - E_f \text{ (eV)}$$

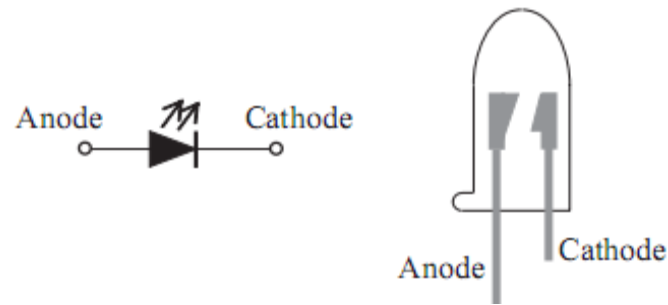


Figure 2.17: Symbole d'une LED.

Il existe actuellement plusieurs types de LED donnant chacun des spectres différents. Cela est obtenu par la variété des semi-conducteurs utilisés pour fabriquer les jonctions PN.

Exemples dans le tableau suivant pour l'obtention de certaines longueurs d'onde :

Matériaux	Rayonnement	Longueur d'onde
InAs	infrarouge	315nm
GaAsP ₄	infrarouge	910nm
GaAsP ₈₂	Rouge	660nm
GaAsP ₈₂	Jaune	590nm
GaP	Vert	560nm

Table 2.4: exemple d'obtention de certaines longueurs d'onde.

Récepteur

2.3 Schéma synoptique du récepteur

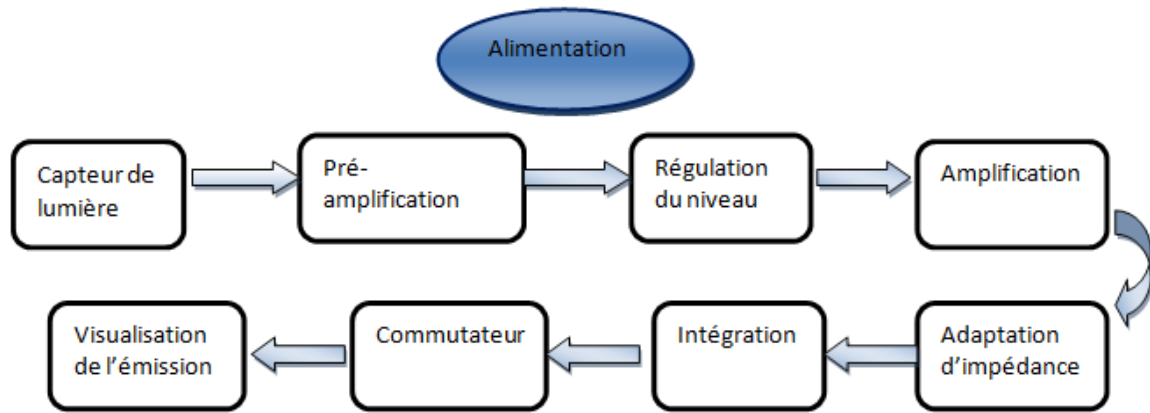


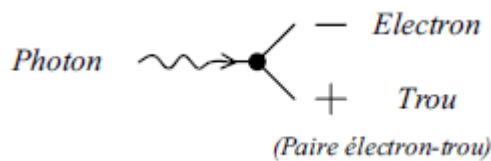
Figure 2.18: Schéma synoptique du récepteur infrarouge

2.3.1 Etude des différents étages

2.3.1.1 Capteur de lumière

Dans la jonction PN d'une photodiode, en sens opposé à l'émission spontanée, l'absorption d'un photon incident provoque la création d'une paire électron-trou.

Le capteur absorbe l'énergie optique $E = h\nu$ du photon et la convertit en un gain d'énergie électrique E à l'électron.



- **Équation en fonctionnement normal.**

On considère que le courant de la photodiode est la superposition du courant i_D d'une diode non-éclairée et du courant i_{CC} généré par l'éclairement. Le photo-courant i_{CC} est noté ainsi car il correspond au courant en court-circuit, c'est-à-dire à $u = 0$.

$$I = i_D - i_{CC} = I_S(e^{\frac{u}{NVT}} - 1) - i_{CC}$$

- **Sensibilité K :**

Le courant i_{CC} est quasiment proportionnel au flux incident Φ . Le flux Φ est ici le flux mesuré compte tenu de la réponse spectrale de la photodiode. On peut ajouter des filtres devant la photodiode afin de modifier sa réponse spectrale, par exemple pour l'adapter à une mesure du flux lumineux conforme à l'efficacité lumineuse de < l'œil standard >.

$$I_{CC} = K\Phi \qquad \text{Unités : } A = \frac{A}{W}$$

La sensibilité K est reliée au rendement quantique et à la fréquence, ou la longueur d'onde par la relation :

$$K = \eta_q \frac{q}{h\nu} = \eta_q \frac{q\lambda}{hc} \approx \frac{\eta_q \lambda}{1240}$$

- **Modes de fonctionnement :**

La polarisation de la photodiode est donnée par la figure 2.20 Pour $i \leq 0$ et $E \geq 0$; la droite de polarisation est décrite par :

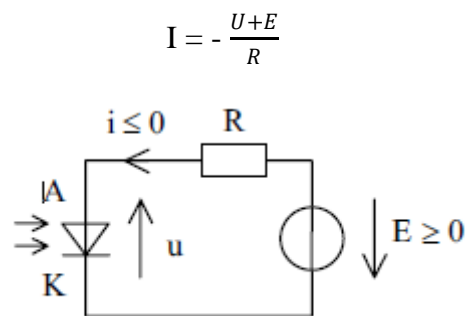


Figure 2.19: Polarisation de la photodiode.

2.3.1.2 Préamplificateur – Amplificateur

On appelle amplificateur tout montage qui délivre à sa sortie un signal de même nature et de même fréquence que le signal appliqué à son entrée et dont l'amplitude et la phase peuvent être différentes.

Pour ne pas avoir une distorsion du signal détecté, l'amplification doit être divisée en deux étapes la première au niveau de l'amplificateur d'instrumentation et la deuxième au niveau d'un simple circuit à base d'AOP ; et cela pour la cause de sa faible amplitude (quelques microvolts).

Les faibles signaux sont très sensibles au bruit. Un préamplificateur de faible qualité entraînera donc une chute significative du rapport signal-bruit, en d'autres termes une baisse de la qualité du signal.

Un préamplificateur joue le rôle de premier étage d'amplification situé au plus près de la source de signal. Conformément au théorème de Fris, c'est lui qui est le garant d'un bon rapport signal sur bruit en sortie du système puisqu'il doit réussir à extraire un très faible signal électrique. Du fait qu'il est à proximité de la source du signal, il permet de limiter les dégradations de celui-ci par des interférences parasites ou par son atténuation lors du transport.

Un amplificateur de mesure est un dispositif électronique destiné au traitement de faibles signaux électriques ; on le trouve également dans la littérature sous le nom d'amplificateur d'instrumentation. Il est généralement réalisé à partir d'un ou de plusieurs amplificateurs opérationnels (AOP), de telle manière qu'il améliore leurs caractéristiques intrinsèques : composante continue, dérive, bruit d'amplification, gain en boucle ouverte, taux de réjection du mode commun, impédance d'entrée.

2.3.1.2.1 Amplificateur Linéaire

Un amplificateur linéaire est constitué d'un ensemble de composants électroniques, connectés les uns aux autres dans un même boîtier. Il est aussi appelé Amplificateur Opérationnel (A.O.P) car ses premières applications ont été la réalisation d'opérations mathématiques.

Aujourd'hui, les domaines d'applications des amplificateurs linéaires intégrés sont étendus à tous les domaines de l'électronique.

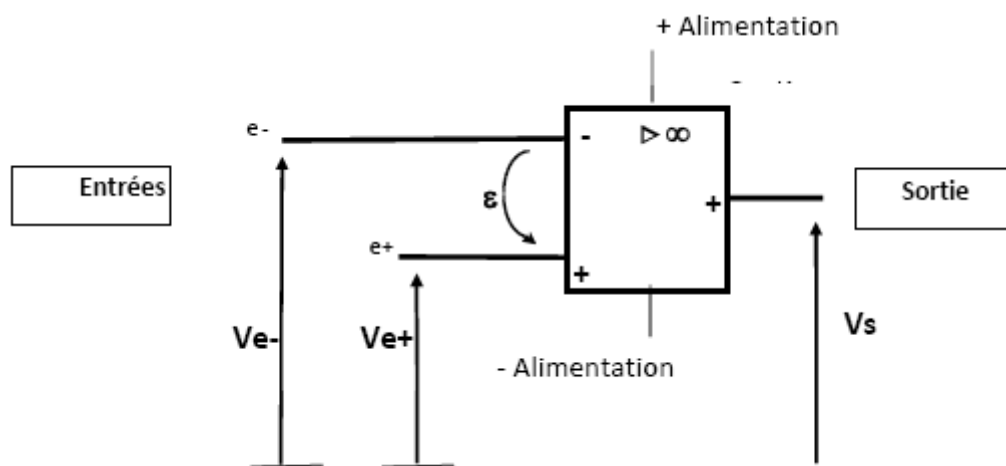


Figure 2.20: Schéma représentatif d'un Amplificateur Opérationnel.

e_+ : Entrée non inverseuse.

e_- : Entrée inverseuse

ε : Tension différentielle

\triangleright : Symbole d'amplification

ε : La différence de potentiel à l'entrée :

$$\varepsilon = V_{e+} - V_{e-}$$

A la sortie, cette différence de potentiel est amplifiée :

$$V_s = A \cdot \varepsilon$$

Par contre, les courants d'entrées sont nuls :

$$I_{e+} = I_{e-} = 0 \text{ A}$$

L'AOP peut réaliser diverses opérations sur un signal électrique : amplification, comparaisons, soustractions, additions, déphasages (décalages dans le temps), filtrages, etc...

Les différentes fonctions à réaliser par le composant sont définies par les résistances, condensateurs, diodes, etc... Auxquels il est branché ainsi que leur topologie.

C'est un circuit formé d'une multitude de composants électroniques élémentaires (résistances, transistors, condensateurs, diodes, etc...) formant un circuit complexe et intégré dans un boîtier. Ce circuit est connecté à l'extérieur par des bornes de raccordement : 3 bornes fonctionnelles et 2 bornes d'alimentation.

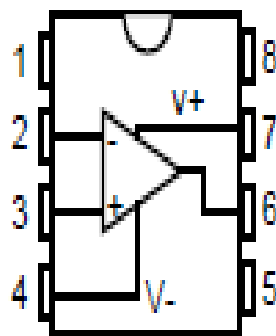


Figure 2.21: Ampli op dans un boîtier à 8 broches.

2.3.1.2.2 Caractéristiques :

- Le gain est le facteur d'amplification de la tension d'entrée et qui doit être très grand.
- La résistance d'entrée est très grand, supposée infinie.
- La bande passante est très grande.

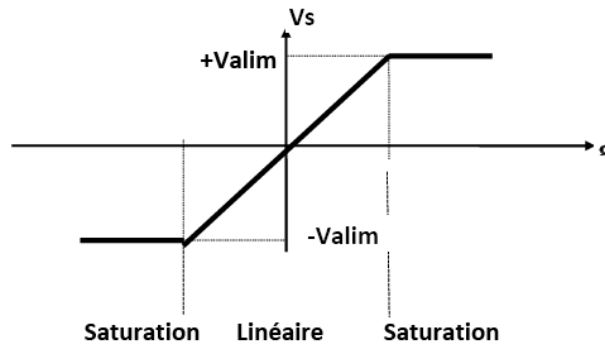


Figure 2.22: Caractéristique de transfert $V_s = f(\epsilon)$.

$V_s = A \cdot \epsilon$

Avec $\epsilon = V_{e^+} - V_{e^-}$

❖ AOP monté en amplificateur inverseur

Un ALI (Amplificateur Linéaire Intégré) ou appelé AOP (Ancien Nom) est un composant sous la forme d'un circuit intégré. C'est un amplificateur de tension, il peut être utilisé en mode Linéaire ou en mode non linéaire.

C'est le montage de base à amplificateur opérationnel. L'entrée non inverseuse est reliée à la masse ; le signal d'entrée est relié à l'entrée inverseuse par une résistance R1, et la sortie est reliée à cette entrée par une résistance R2.

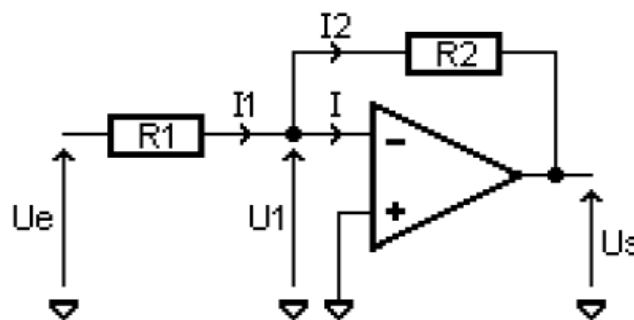


Figure 2.23: Amplificateur opérationnel en montage inverseur.

La mise en équation s'appuie sur les conditions vues lors de la définition de l'AOP : les impédances d'entrée étant infinies, il n'y a pas de courant à l'entrée :

Résistance d'entrée infinie signifie que le courant qui traverse R1 et R2 est le même.

Le gain de l'AOP en fonctionnement linéaire est infini, ce qui entraîne que la différence de potentiel U1 est nulle.

Cela signifie que l'on pourra obtenir le gain que l'on désire par le choix d'un rapport de 2 résistances, ce qui est commode parce que les résistances sont des composants très bon marché, de bonne qualité et de valeurs extrêmement variées.

Fonction de transfert :

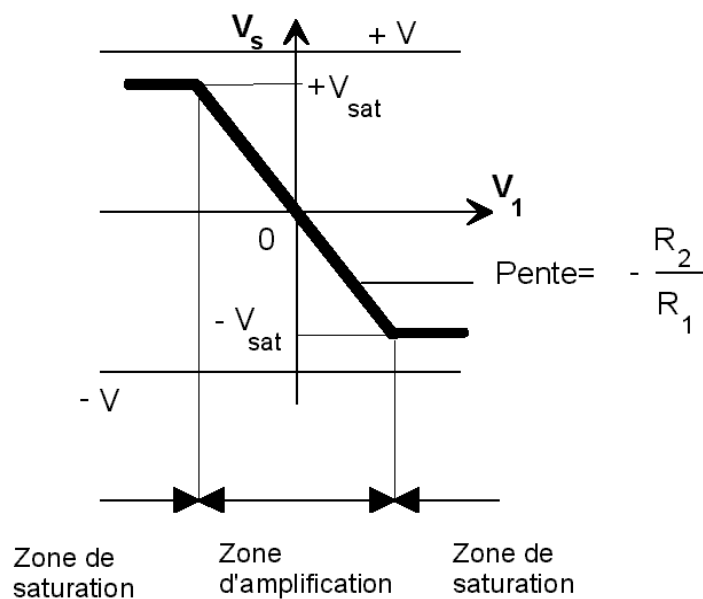


Figure 2.24: fonction de transfert

La résistance d'entrée du montage est égale à la résistance R1 par le fait que le potentiel à l'entrée inverseuse ne varie pas.

Nous parlons d'une mise à terre virtuelle (ou masse virtuelle) de l'entrée négative de l'Ampli OP.

La résistance de sortie du montage est grande, plus grande que celle de l'ampli OP seul, par la contre-réaction de tension appliquée à l'Ampli OP.

L'amplification en tension A_u est constante (elle ne varie pas) dans la zone d'amplification et dans une plage de fréquence donnée.

Le gain en tension du montage $A_u = R_2 / R_1$

Le montage se comporte comme un adaptateur d'impédance facile à réaliser.

L'entrée positive de l'Ampli OP est parfois reliée à la masse à travers une résistance dont la valeur vaut $R2 // R1$ afin de réduire la tension de décalage

➤ **Calcul du gain :**

Le gain de l'AO étant quasi-infini, la différence de potentiel entre les entrées doit donc être quasi-nulle ; L'entrée + étant reliée à la masse, le potentiel $U1$ de l'entrée - doit également être nul.

En appliquant la loi d'Ohm à l'entrée, on a :

$$(U_e - U_1) = R1 \times I1 \text{ soit } U_e = R1 \times I1 \text{ puisque } U_1 = 0$$

En appliquant la loi d'Ohm à la sortie, on a :

$$(U_s - U_1) = -R2 \times I2 \text{ soit } U_s = -R2 \times I2 \text{ puisque } U_1 = 0$$

Or d'après la loi des nœuds $I1 = I + I2$, mais le courant d'entrée I est quasi-nul,

ET $I1 = I2$ donc :

$$G = U_s/U_e = - R2 / R1$$

On constate que le gain est négatif, d'où le nom d'amplificateur inverseur.

➤ **Calcul d'impédance d'entrée :**

Le courant d'entrée du montage (et non de l'AOP) est donné d'après la loi d'Ohm par :

$$I1 = (U_e - U_1) / R1 ; \text{ soit } I1 = U_e / R1$$

L'impédance d'entrée Z_e de ce montage est donc égale à $R1$.

2.3.1.3 Adaptateur d'impédance

Il permet d'optimiser le transfert d'une puissance électrique entre un émetteur (source) et un récepteur électrique (charge) :

- dans le cas de quadripôles en cascade, l'impédance du récepteur doit être très grande par rapport à celle de l'émetteur. Le rendement est ainsi optimisé lorsqu'on a une désadaptation maximale ;
- la théorie de la puissance maximum détermine que l'impédance de la charge doit être le complexe conjugué de l'impédance du générateur ;
- en présence d'une ligne de transmission, l'impédance du récepteur doit être égale à l'impédance caractéristique de celle-ci pour éviter les réflexions.

2.3.1.4 Intégrateur [7]

Une fois reçu le signal modulé en amplitude, la fonction de l'onde porteuse est terminée. Dans le récepteur, il y a un circuit spécial qui sépare le signal modulateur de la porteuse ; ce circuit est appelé détecteur ou démodulateur et il n'est autre qu'un filtre.

Le filtrage est une forme de traitement de signal, obtenu en envoyant le signal à travers un ensemble de circuits électroniques, qui modifient son spectre de fréquence et/ou sa phase et donc sa forme temporelle.

Le filtrage s'applique à des signaux représentés sous forme analogique (filtres Analogiques), ou sous forme numérique après échantillonnage du signal (filtres numériques). Les filtres analogiques se divisent eux même en deux :

Les filtres passifs :

Ils ne sont composés que d'éléments passifs (résistances, condensateurs, bobines).

Les filtres actifs :

Il y a en plus une amplification du signal d'entrée par un élément actif (AOP, Transistor). Un filtre est un système linéaire invariant dans le temps permettant de diviser le spectre (spectre fréquentiel) afin de conserver une ou plusieurs parties (bande) de ce spectre. Le filtre idéal permet de transmettre sans distorsion une partie du spectre (bande passante) et bloque toutes les autres parties (bande coupée), avec un passage abrupt (discontinuité) entre ces deux parties.

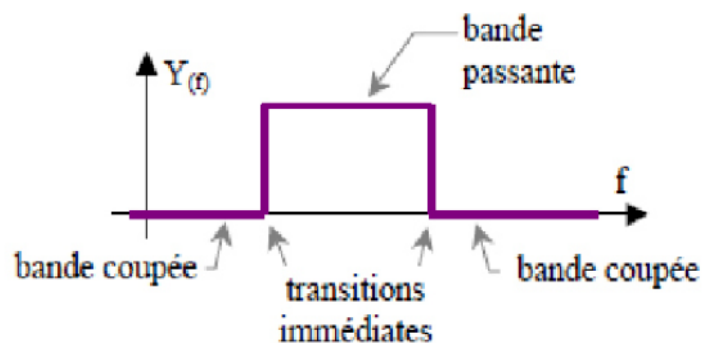
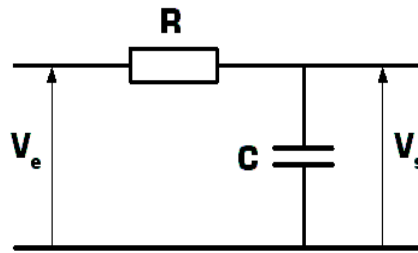


Figure 2.25: Réponse idéale d'un filtre

Un filtre est caractérisé par une fonction de transfert $T(j\omega)$ déterminant le rapport V_s / V_e , des tensions d'entrée et de sortie et sa fréquence de coupure. On définit la fréquence de coupure ω_c d'un système comme étant celle pour laquelle le gain maximum en tension est divisée par $\sqrt{2}$.

2.3.1.4.1 Filtre**Filtre passe-bas passif du premier ordre (ou cellule RC) :****Figure 2.26:** filtre passe bas

Nous supposons que le filtre est à vide. V_e est la tension sinusoïdale d'entrée, et V_s est la tension sinusoïdale de sortie.

La phase à l'origine de V_e est nulle, et son amplitude maximale est unitaire :

$$V_e = \sin(\omega \cdot t)$$

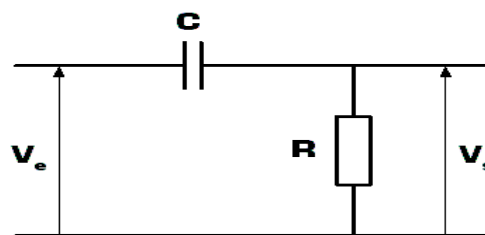
L'amplitude maximale de V_s est notée A , et sa phase à l'origine est notée φ :

$$V_s = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

Calcul de V_s en fonction de V_e :

Comme le filtre est à vide (le courant de sortie est nul), on peut appliquer le pont diviseur de tension pour calculer V_s en fonction de V_e . Le pont diviseur nous donne :

$$V_s = V_e \times \frac{Z_C}{Z_C + Z_R}$$

Filtre passe-haut passif du premier ordre (ou cellule CR) :**Figure 2.27:** filtre passe haut**Calcul de V_s en fonction de V_e :**

Comme le filtre est à vide (le courant de sortie est nul), on peut appliquer le pont diviseur de tension pour calculer V_s en fonction de V_e . Le pont diviseur nous donne :

$$V_s = V_e \times \frac{Z_R}{Z_R + Z_C}$$

La transmittance (notée T complexe) est le rapport V_s / V_e :

$$T = \frac{V_s}{V_e}$$

On déduit que :

$$T = \frac{Z_R}{Z_R + Z_C}$$

2.3.1.4.2 Diode détectrice [8]

Le circuit de la figure 2.29 représente un type de démodulation. Fondamentalement, c'est un détecteur de crête. Idéalement les crêtes du signal d'entrée sont détectées de sorte que la sortie soit l'enveloppe supérieure. C'est pour cela qu'on appelle ce circuit, un détecteur d'enveloppe.

Pendant chaque cycle de la porteuse, la diode conduit brièvement et charge le condensateur jusqu'à la tension de crête du cycle de la porteuse considéré. Entre les crêtes, le condensateur se décharge dans la résistance. En prenant une constante de temps RC beaucoup plus grande que la période de la porteuse, on n'obtient qu'une légère décharge entre les cycles, ce qui élimine la plus grande partie de la porteuse. La sortie ressemble alors à l'enveloppe supérieure avec une légère ondulation.

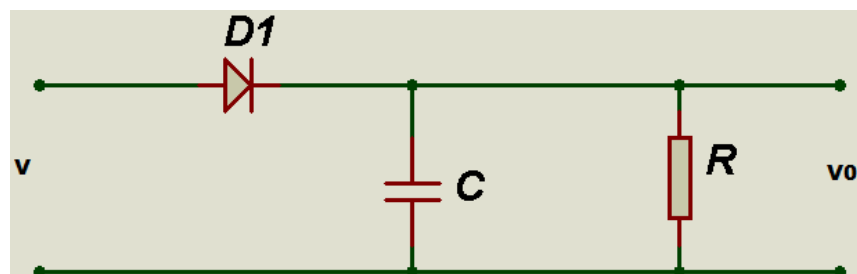


Figure 2.28: Détecteur de crête

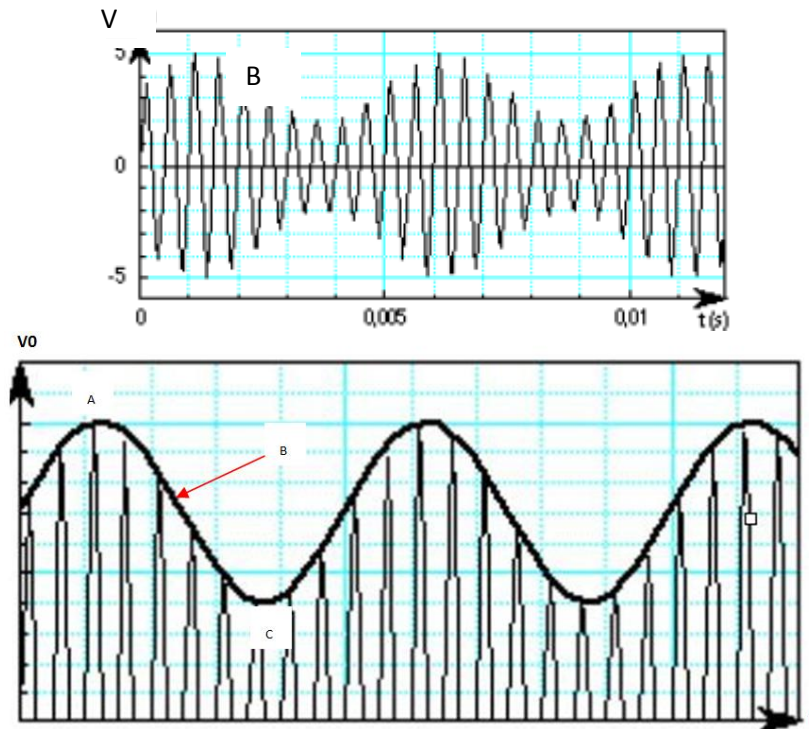


Figure 2.29: Détection d'enveloppe.

2.3.1.4.2.3 Constante de temps RC :

On a ici un concept essentiel. Entre les points A et C sur la figure 2.30, chaque crête de la porteuse est plus petite que la précédente. Si la constante de temps RC est trop grande, le circuit ne peut détecter la crête. La partie la plus difficile à suivre de l'enveloppe se place en B.

A ce point, la vitesse de décroissance de l'enveloppe passe par un maximum. Par le calcul infinitésimal, on peut mettre en équation la vitesse de variation de l'enveloppe et la décharge du condensateur pour prouver que :

$$F_{y(max)} = \frac{1}{2\pi RCm}$$

Où m est le facteur de modulation.

2.3.1.5 Transistor en commutation :

L'utilisation d'un transistor additionnel se justifie quand on veut commander une LED à partir d'un courant faible, insuffisant pour commander la LED directement. Il peut aussi être justifié quand la tension utilisée pour la LED est supérieure à la tension du circuit de commande. Le transistor est alors utilisé comme un interrupteur commandé, dont le courant de commande peut être 100 fois ou 10000 fois inférieur au courant requis pour une luminosité

normale de la LED. Ainsi, pour une LED classique consommant 20 mA, on peut se contenter d'un courant de commande de seulement quelques micro-ampères ou dizaines de micro-ampères.

Avec un transistor NPN, la LED s'allume pour une tension de commande positive, et elle s'éteint pour une tension de commande nulle. Avec un transistor PNP, la LED s'allume pour une tension de commande nulle, et elle s'éteint pour une tension de commande positive.

En **technologie électronique** on utilise le fonctionnement en commutation des transistors :

- pour la commande de puissance (moteurs).
- pour le traitement des signaux numériques.
- pour réaliser les opérateurs logiques : circuits intégrés.

La commutation électronique utilise également d'autres composants :

- diodes
- thyristors
- triacs
- transistors MOS, IGBT...

2.3.1.5.1 Transistor bipolaire

Un transistor bipolaire est constitué par un cristal semi-conducteur (*Le Germanium et le silicium sont les répandus*) comportant trois zones dopées différemment de façon à former :

- ❖ Soit de 2 zones dopées N (phosphore, arsenic, antimoine) séparées par une zone dopée P (bore, gallium, indium), c'est le transistor NPN.
- ❖ Soit de 2 zones dopées P séparées par une zone dopée N, c'est le transistor PNP.

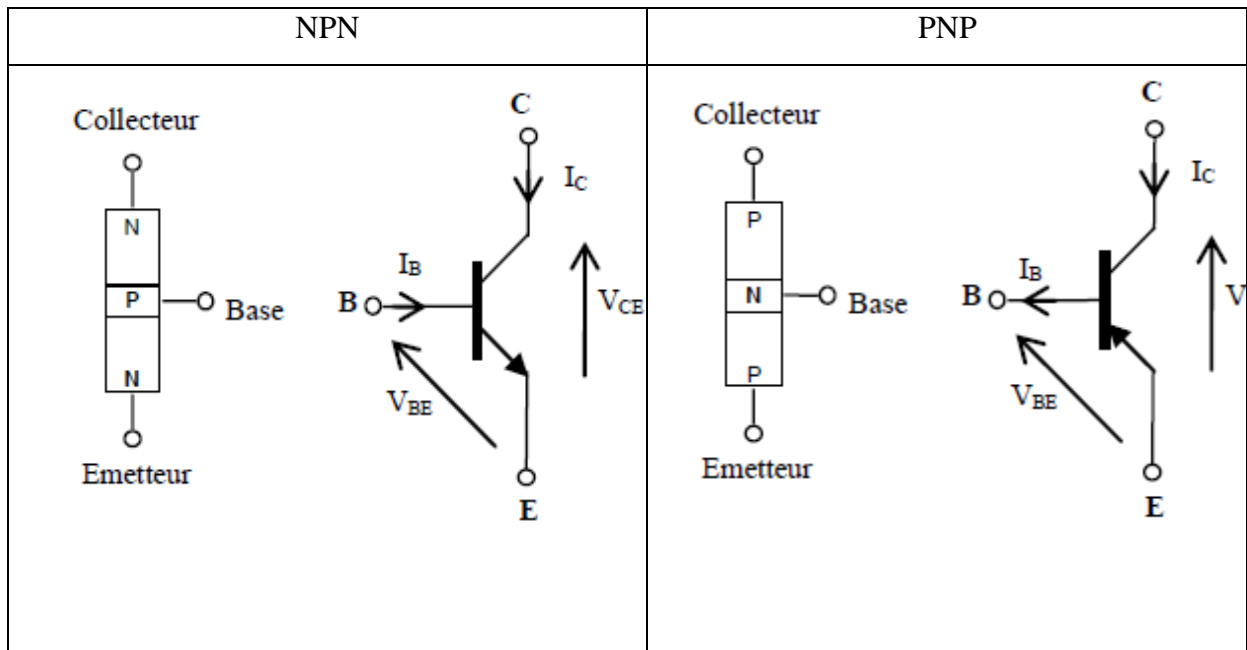


Figure 2.30: Types de transistors et symboles.

2.3.1.5.2 Les trois montages fondamentaux à transistors :

Pour un montage amplificateur à transistor, l'électrode reliée à la borne commune donne le nom au montage. Nous parlons d'un montage émetteur commun EC, base commune BC ou collecteur commun CC. Chacun de ces montages à ses caractéristiques propres.

Pour reconnaître le nom du montage dans un schéma, il faut repérer de quelle manière le signal est appliqué et quelle est l'électrode reliée, directement ou par découplage, à la masse. Le schéma équivalent AC confirme à l'évidence le type de montage utilisé.

L'émetteur est commun à l'entrée et à la sortie	Le collecteur est commun à l'entrée et à la sortie	La base est commune à l'entrée et à la sortie
<p>Montage EC</p>	<p>Montage CC</p>	<p>Montage BC</p>

Table 2.5: Les trois montages fondamentaux à transistor

2.3.1.5.2.1 Montage émetteur commun (EC) :

✓ Schéma équivalent au transistor NPN(ou PNP) :

Si l'amplitude de la tension d'entrée v_{be} est suffisamment petite (petites variations), le transistor NPN (ou PNP) peut être simulé par le schéma équivalent linéaire suivant :

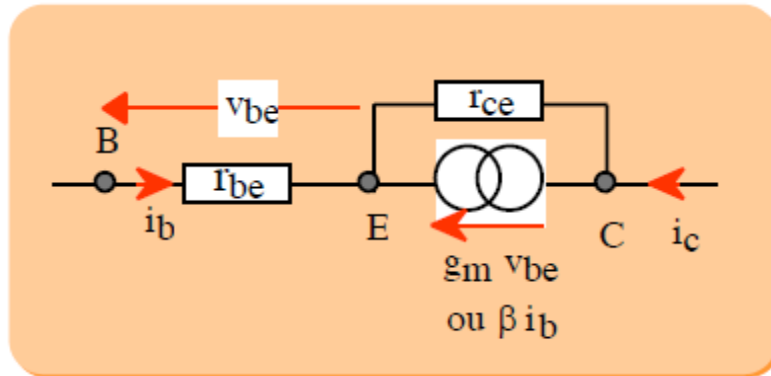


Figure 2.31: schéma équivalent au transistor NPN (ou PNP)

Figure : La jonction BE passante, est représentée par sa résistance dynamique r_{be}

- Entre collecteur et émetteur, l'effet transistor est représenté par un générateur de courant

dépendant de v_{be} ou de i_b à savoir : $[g_m.v_{be}]$ ou $[\beta.i_b]$.

- La résistance r_{ce} représente la résistance interne du générateur de courant dépendant.

✓ Principe de fonctionnement :

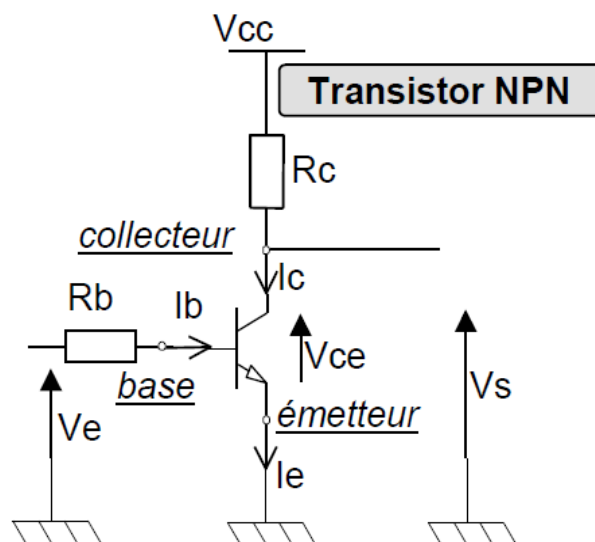


Figure 2.32 : Transistor monté en émetteur commun

Un courant de base I_b provoque la conduction du transistor (donc la présence de I_c et I_e).

$$I_b + I_c = I_e$$

$$V_{cc} = V_{ce} + R_c \cdot I_c$$

$$V_e = V_{be} + R_b \cdot I_b$$

$$P_{dissipée} = V_{ce} \cdot I_c$$

Selon la valeur de I_b , on distingue trois régimes de conduction :

- ✓ Blocage
- ✓ Linéaire
- ✓ Saturation

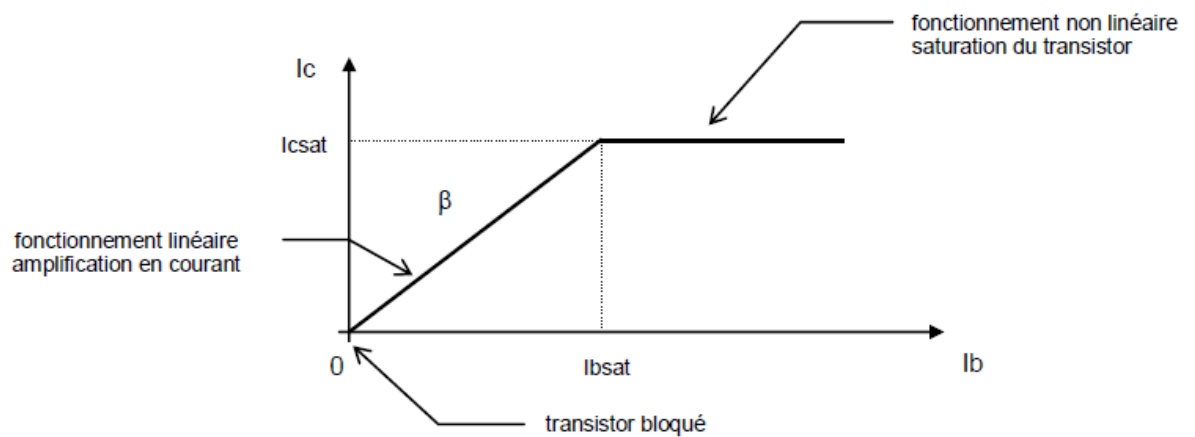


Figure 2.33: la droite de charge statique

C'est le montage le plus universel car il permet un bon gain en tension et en courant avec des impédances d'entrée et de sortie moyennes.

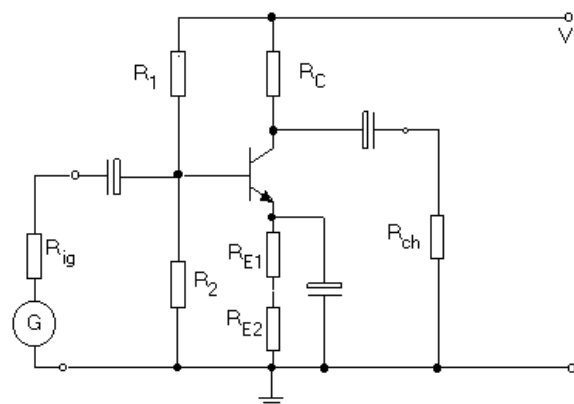


Figure 2. 34: émetteur commun

2.3.1.5.2.1 Montage base commune (BC)

Ce montage possède une faible impédance d'entrée et peut travailler assez haut en fréquences. Nous le rencontrons souvent en premier étage amplificateur des récepteurs radios FM.

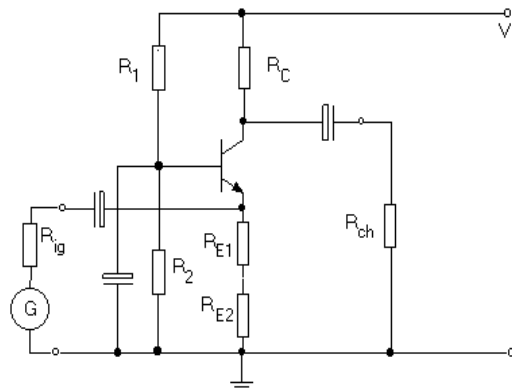


Figure 2.35: base commune

2.3.1.5.2.3 Montage collecteur commun (CC)

Ce montage est également appelé émetteur suiveur car son gain en tension est voisin de 1 ($U_S = U_E$). Par contre, il est utilisé comme abaisseur d'impédance ou comme amplificateur de courant.

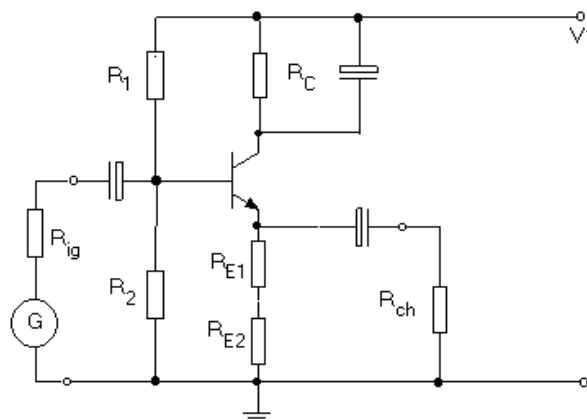


Figure 2.36: collecteur commun

L'analyse en courants continus de ces trois montages permet de mettre en évidence qu'il s'agit de la même polarisation appelée polarisation classique ou par diviseur de tension de base.

L'analyse en courants alternatifs met en évidence le rôle des condensateurs de liaisons et de découplage.

2.3.1.5.3 Le transistor en commutation (interrupteur statique)

En régime de commutation, passage de l'état bloqué à l'état saturé et inversement, le transistor joue le rôle d'un interrupteur électronique unidirectionnel commandé par le courant de base I_b si l'on considère parfait. De ce fait, on a :

- Chute de tension négligeable à l'état passant ($V = 0$)
- Courant négligeable à l'état bloqué ($I = 0$)

Le transistor est équivalent donc, entre ses bornes collecteur et émetteur, à un interrupteur dont la commutation est commandée par le courant de base I_b . Le transistor n'utilise que les deux régimes qui dissipent peu d'énergie.

Dans notre application le transistor est utilisé en mode amplification pour augmenter le courant de sortie du microprocesseur afin d'alimenter la LED.

L'assimilation de la commande d'une grande tension par une petite tension va grandement faciliter l'étude du transistor en commutation. En effet il est demandé de contrôler un grand courant (I_C) par un petit courant (I_B) de manière rapide et efficace.

On donne la relation $I_C = \beta \cdot I_B$, la valeur $V_{BE\text{Sat}}$ et on considère que $V_{CE\text{Sat}} = 0$ lors de la saturation du transistor et $I_C = 0$ lors du blocage.

2.3.1.5.3 Les régimes de fonctionnement :

❖ Régime de blocage (état bloqué):

condition : $I_b = 0$ Très grande résistance (quelques $M\Omega$) entre Emetteur et Collecteur

Le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert.

d'où : $I_c = 0$ $V_{ce} = V_{cc}$

Puissance dissipée par le transistor = $V_{cc} \times I_c = 0$

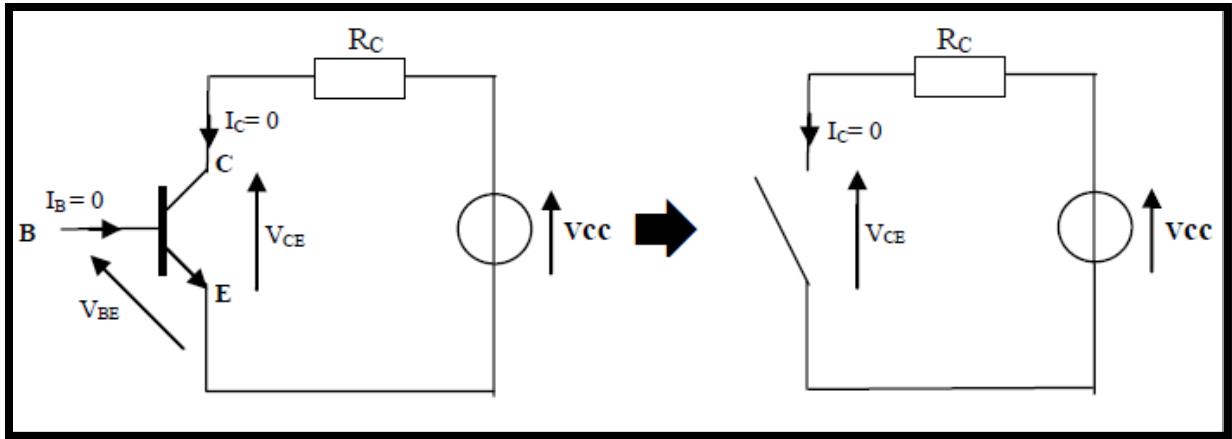


Figure 2.37: Construction électrique

❖ Régime linéaire (amplificateur)

condition : $0 < I_b < I_{b\text{ sat}}$

Le transistor se comporte comme une source de courant I_c proportionnelle à I_b .

d'où : $I_c = \beta \times I_b$ $0 < V_{ce} < V_{cc}$

➤ Puissance dissipée par le transistor = $V_{ce} \times I_c = V_{ce} \times \beta \times I_b$ (importante)

β est le gain en courant du transistor. Les constructeurs indiquent les valeurs extrêmes β_{min} et β_{max} (dispersion de fabrication). Le coefficient d'amplification β est aussi désigné par hFE

Réseau de caractéristiques du transistor :

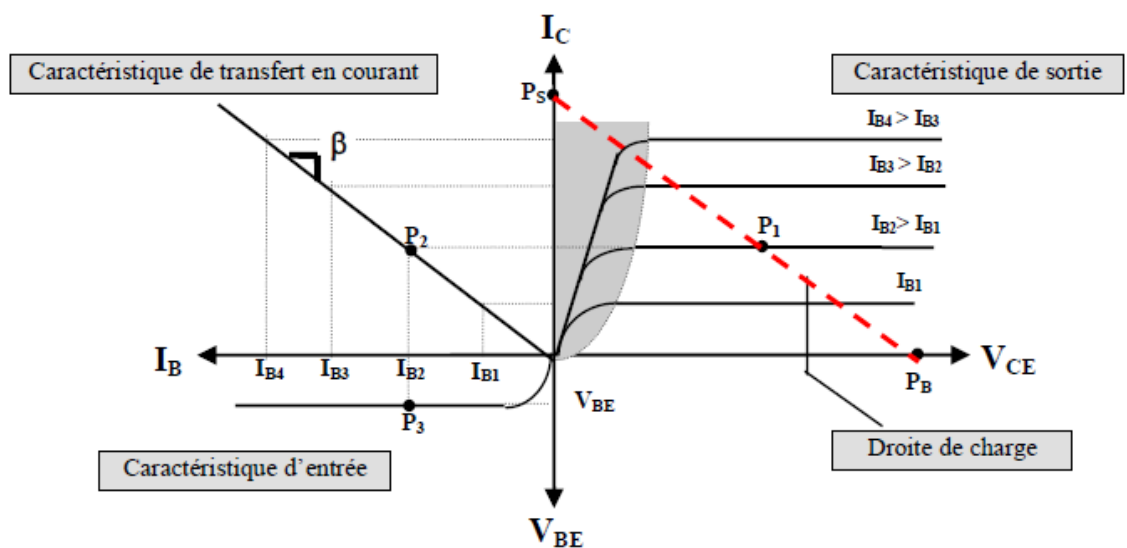


Figure 2.38: caractéristiques du transistor

❖ Régime de saturation (état passant)

Condition : $I_b > I_{b\text{ sat}}$ (important)

Très faible résistance (quelques Ω) entre Emetteur et Collecteur Le transistor est équivalent à un interrupteur fermé d'où :

$$I_c = I_{c\text{ max}} = I_{c\text{ sat}} \quad (\text{limité par } R_c \text{ et } V_{cc}) \quad V_{ce} = V_{ce\text{ sat}} \approx 0$$

$$I_{c\text{ sat}} = \frac{V_{ce} - V_{ce\text{ sat}}}{R_c}$$

⚡ Puissance dissipée par le transistor = $V_{ce\text{ sat}} \times I_{c\text{ sat}} \approx 0$

calcul de $I_{b\text{ sat}}$: $I_{b\text{ satmin}} = \frac{I_{c\text{ sat}}}{\beta_{\text{min}}}$ dans la pratique choisi une valeur 2 à 3 fois supérieure.

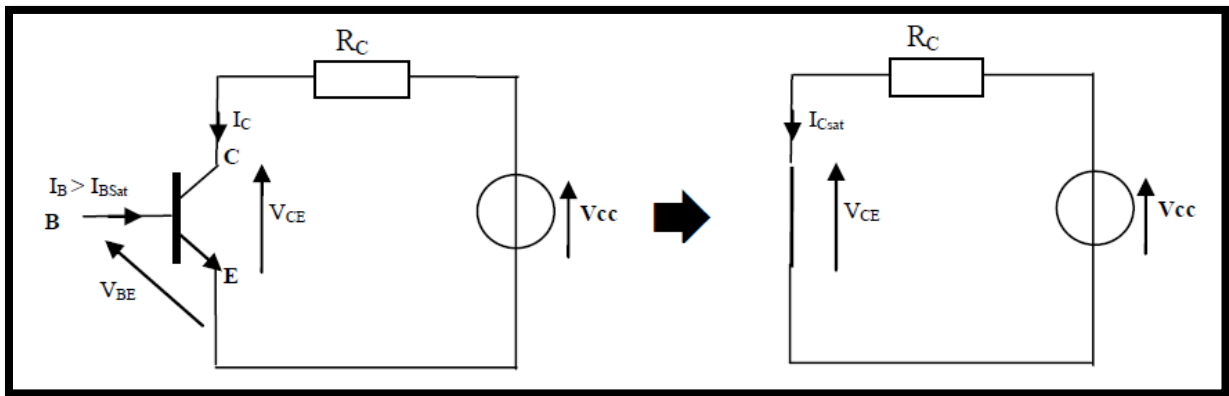


Figure 2.39: Construction électrique

2.3.1.5.4 Grandeurs caractéristiques :

	Valeur maximum	Valeur typique
Courant collecteur	$I_{C\text{ max}}$	
Tension collecteur -émetteur	$V_{CE\text{ max}}$	$V_{CE\text{ sat}}$
Tension base - émetteur		$V_{BE\text{ sat}}$
Puissance dissipée	$P_{\text{ max}}$	
gain		β

Table 2.6: grandeurs caractéristiques

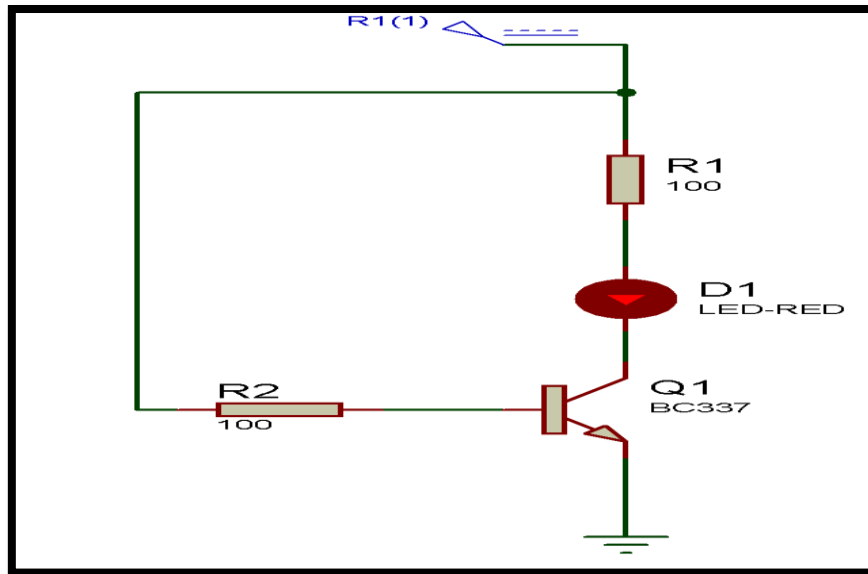


Figure 2.40: Schématisation d'un transistor monté en commutation

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé le circuit électronique qui permet la transmission et la réception des rayons infrarouges, à travers les différents schémas blocs.

Ces schémas blocs permettent d'avoir une idée sur le principe de fonctionnement de l'émetteur (CD4011, Darlington, diode infrarouge...etc.) et du récepteur (photodiode, amplificateur, LED...etc.).

3.1 Introduction :

Nous avons vu à travers les deux chapitres précédents l'ensemble des composants et des montages électroniques constituant le circuit émetteur et le circuit détecteur d'infrarouge ; Ceci nous permet enfin d'aboutir à notre objectif qui est la réalisation pratique du montage en question : émetteur-récepteur d'infrarouge.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le circuit électrique du montage, le circuit imprimé de sa réalisation et les mesures pratiques en différents points, notamment les entrées et les sorties de tous les étages. Le prélèvement des signaux est effectué à l'aide d'un oscilloscope à mémoire.

3.2 Emetteur

3.2.1 Circuit électrique de l'émetteur

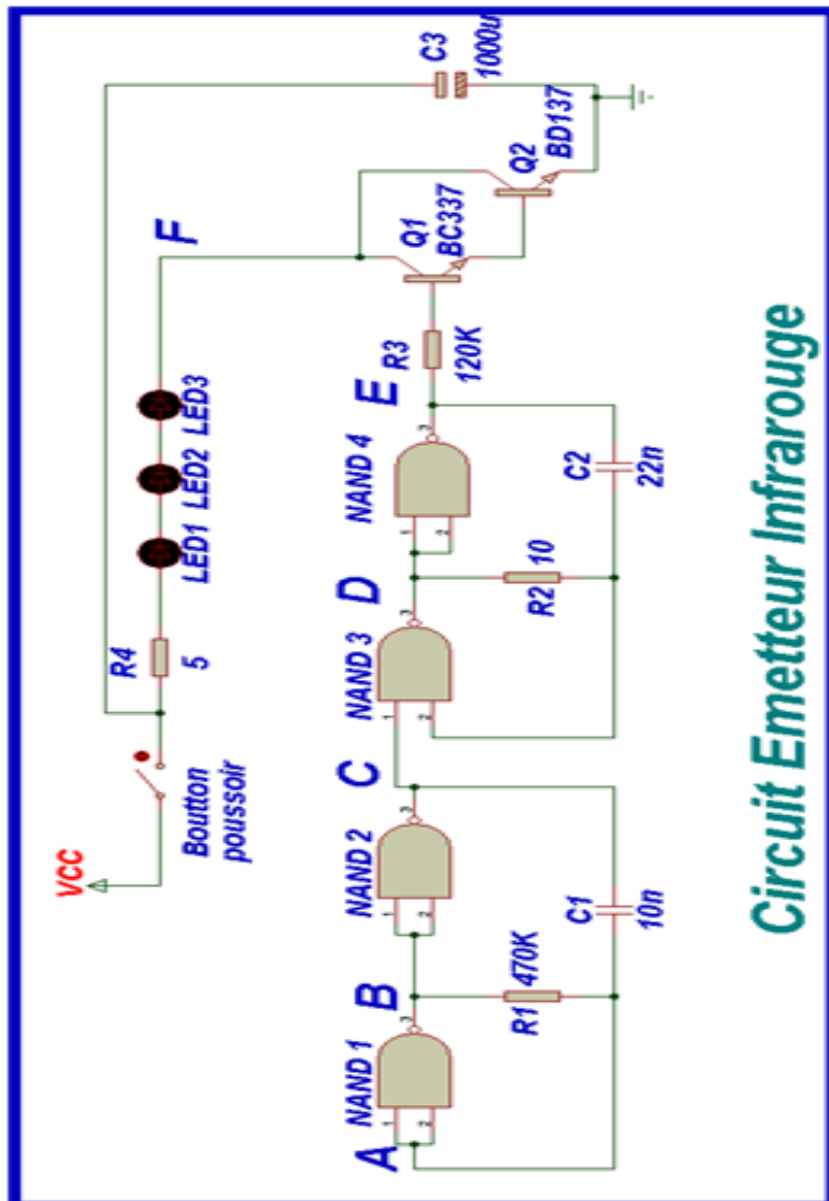


Figure 3.1 : schéma de circuit émetteur infrarouge

3.2.2 fonctionnement du montage émetteur

La lumière IR se propage comme la lumière visible, traverse la plupart des surfaces transparentes, peut se réfléchir dans un miroir et est capable de subir une modulation très rapide. Les caractéristiques optiques de ce rayonnement rendent ses applications totalement insensibles aux perturbations électromagnétiques ou sonores, A l'aide de lentilles et réflecteurs, il est possible d'atteindre des distances utiles de plusieurs dizaines de mètres, à la condition toutefois d'un alignement parfait entre la source et la cible visée.

Nous désirons émettre un seul ordre, et c'est donc un système monocanal qu'il faut construire, dont le schéma de détail est donné à la figure 3.1. Un premier oscillateur astable est formé par R1, C1 et les portes NAND1 et NAND2 du C/MOS4011. Il nous délivre une fréquence déterminée par R1 et C1.

Cet oscillateur module un second oscillateur de type commandé et formé par les portes NAND3 et NAND4 du même circuit intégré. Ce dernier admet une fréquence plus élevée, fixée par R2 et C2.

A sa sortie, on a donc une succession de salves d'un signal à haute fréquence ; ce signal composite est appliqué à travers R3 sur la base d'un montage Darlington constitué par les transistors T₁ et T₂ de type NPN. Ce dernier n'a nullement besoin d'être refroidi malgré les pointes d'intensité importantes traversant les 3 LEDs à infrarouge L₁, L₂ et L₃ montées en série. Seule la résistance R4 limite la consommation des LEDs lorsque le bouton poussoir de commande est actionné. Le condensateur C3 se décharge brutalement et périodiquement dans le circuit.

Le circuit imprimé de l'émetteur est donné par la figure 3.2.

Les deux diodes d'émission D₁ et D₃ doivent être orientées de biais vers celle du milieu pour réduire la directivité et accroître la puissance émise, donc la portée utile.

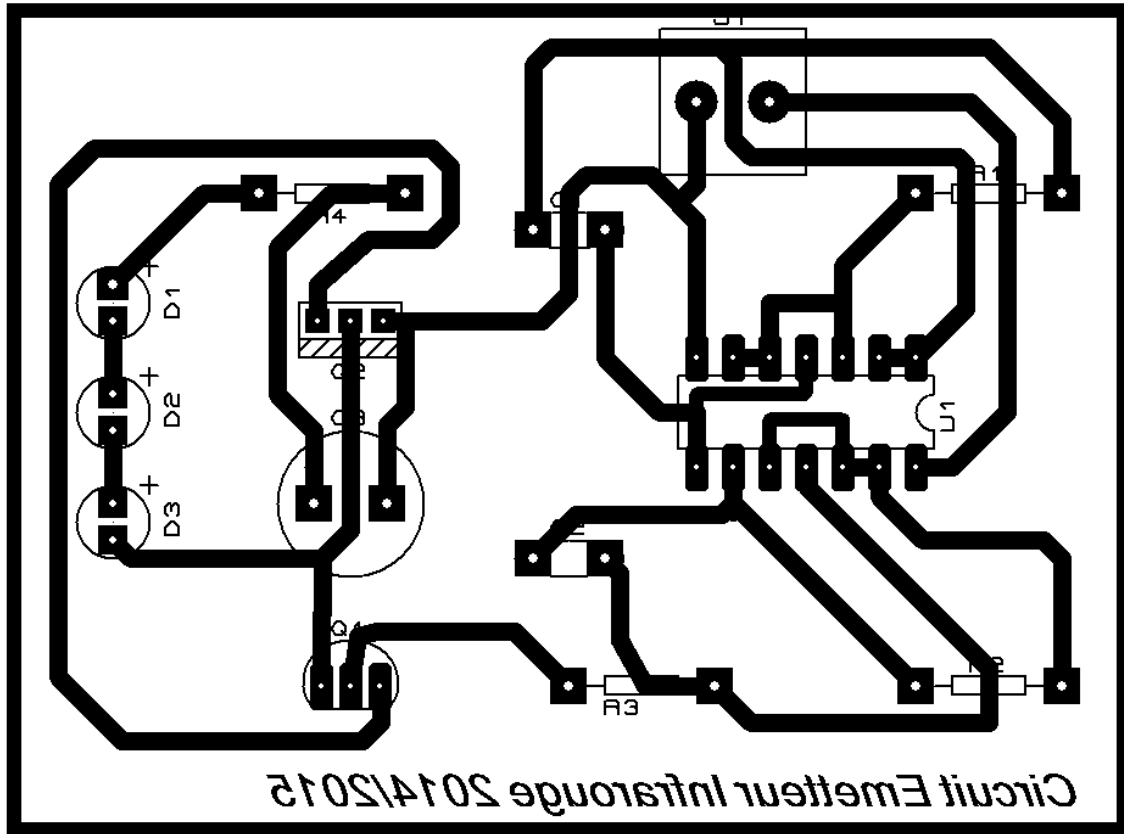


Figure 3.2: circuit imprimé d'émetteur

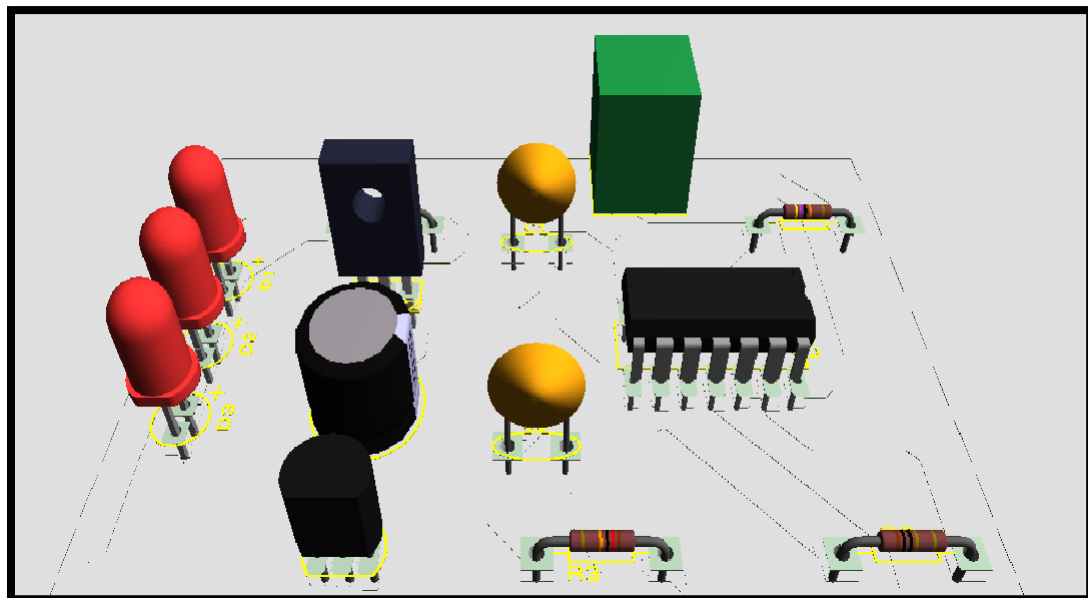
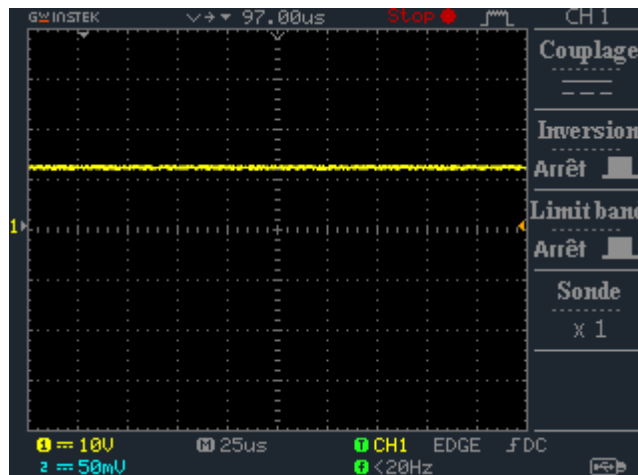
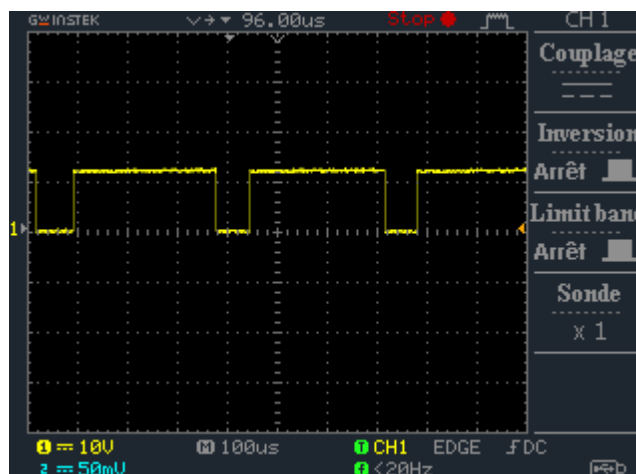


Figure 3.3: Vue 3D des composants implantés.

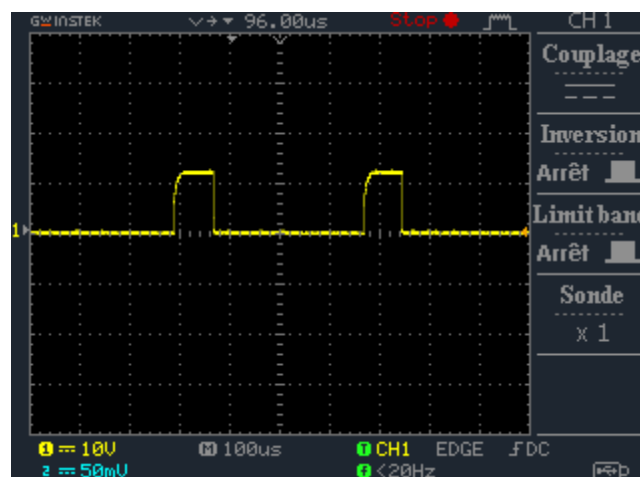
Dans les figures suivantes, nous donnons les différents signaux relevés.



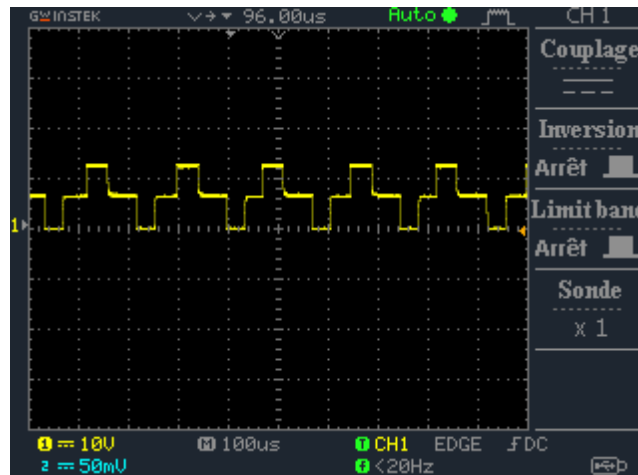
Point A : L'entrée de NAND1.



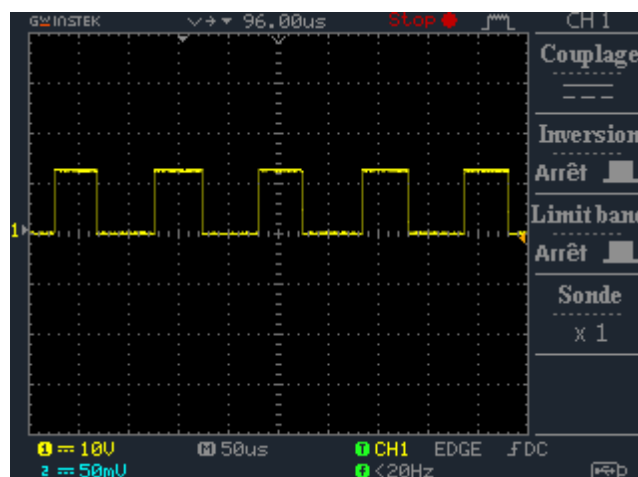
Point B : L'entrée de NAND2.



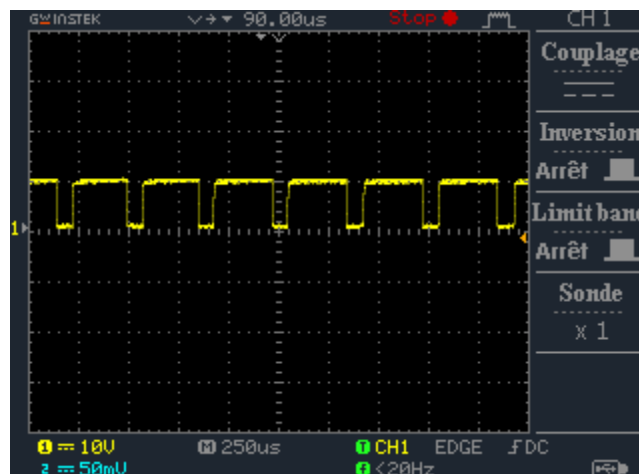
Point C : L'entrée de NAND3.



Point D : L'entrée de NAND4.



Point E : La sortie de NAND4.



Point F: au borne des LEDs

3.3 Récepteur

3.3.1 Circuit électrique du récepteur

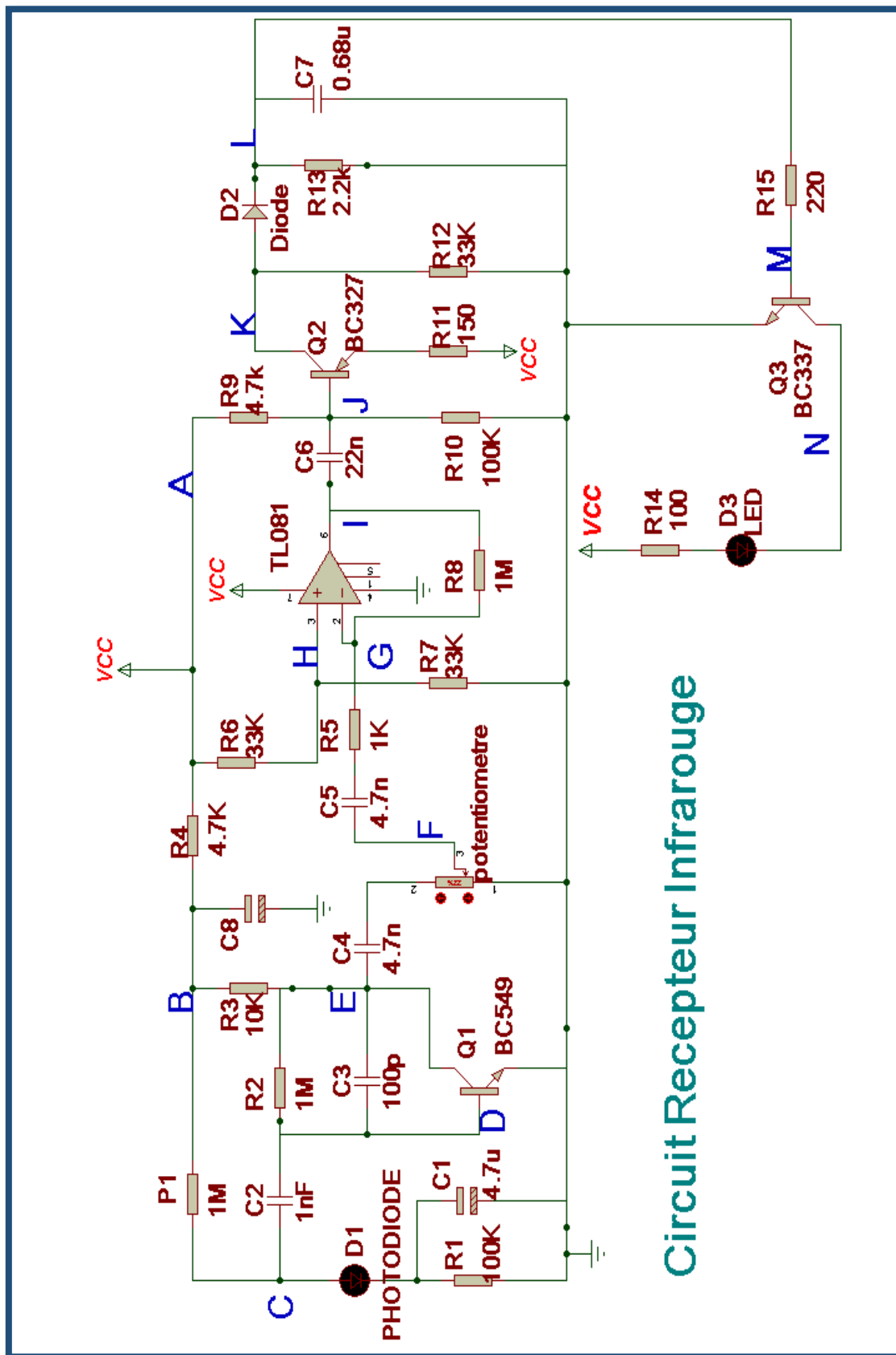


Figure 3.4 : Circuit électrique du récepteur infrarouge.

3.3.2 Fonctionnement du récepteur :

Pour capter le rayonnement infrarouge, nous utilisons une photodiode, ce composant est présenté dans un petit boîtier noir qui est en fait un filtre spécial réduisant l'influence néfaste des sources de lumière parasites.

Ce capteur délivre un très faible courant inverse en présence d'une impulsion infrarouge, image fidèle du signal pulsé de l'émetteur.

Un premier étage préamplificateur est réalisé à l'aide du transistor Q1, un modèle NPN à grand gain, cet étage est découplé à l'aide de la résistance R4 et du condensateur chimique C8. Les liaisons entre étages successifs sont assurées par des condensateurs de faible valeur. La présence de la résistance P₁ permet de doser précisément la polarisation de la photodiode, le signal capté est prélevé après amplification sur le curseur de l'ajustable P₂ qui agit ici comme un véritable régulateur de niveau.

L'étage suivant exploite les propriétés d'un amplificateur opérationnel dont le gain dépend du rapport des résistances R₅ et R₈, soit une valeur de 1000. La saturation est vite atteinte, mais l'écrêtage du signal n'a pas grande importance, puisque nous souhaitons simplement obtenir une impulsion. Le transistor Q2 assure l'adaptation vers l'intégrateur constitué par la diode D₁, le condensateur C₇ et la résistance R₁₃. Les impulsions prélevées et amplifiées sont transformées en un signal continu permanent, tant que dure l'émission ; cela est assuré par le transistor Q3 qui travaille en commutation.

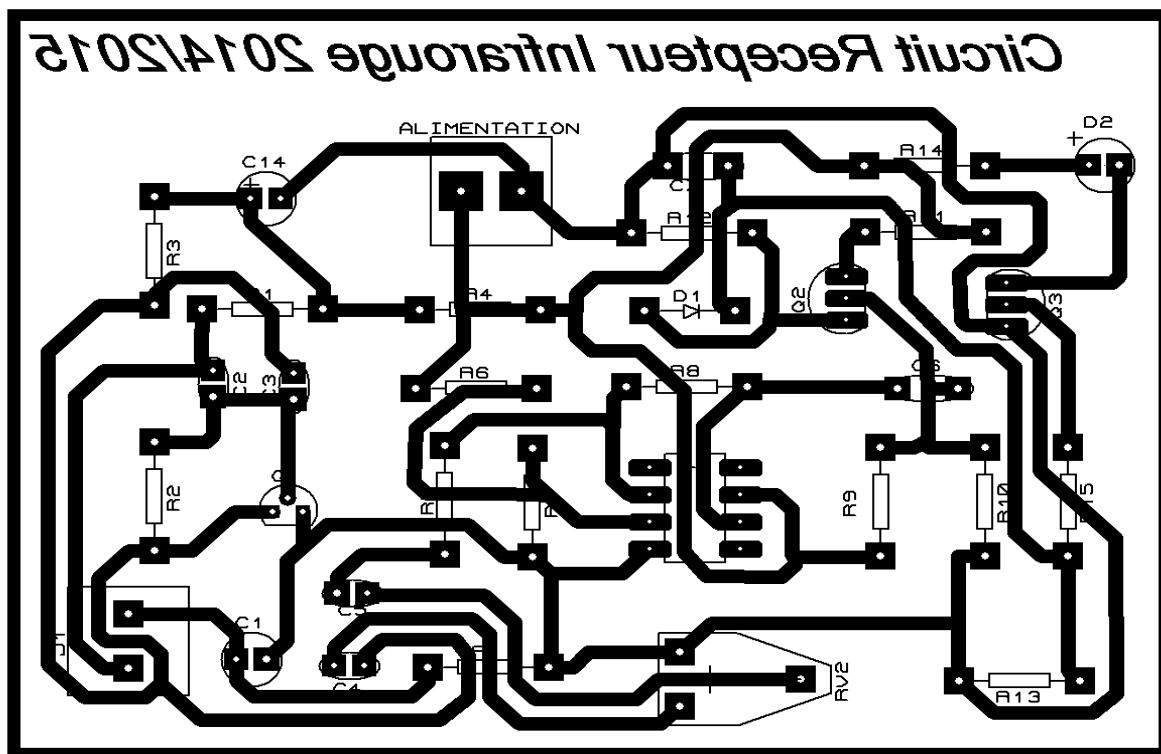


Figure 3.5: Circuit imprimé du récepteur

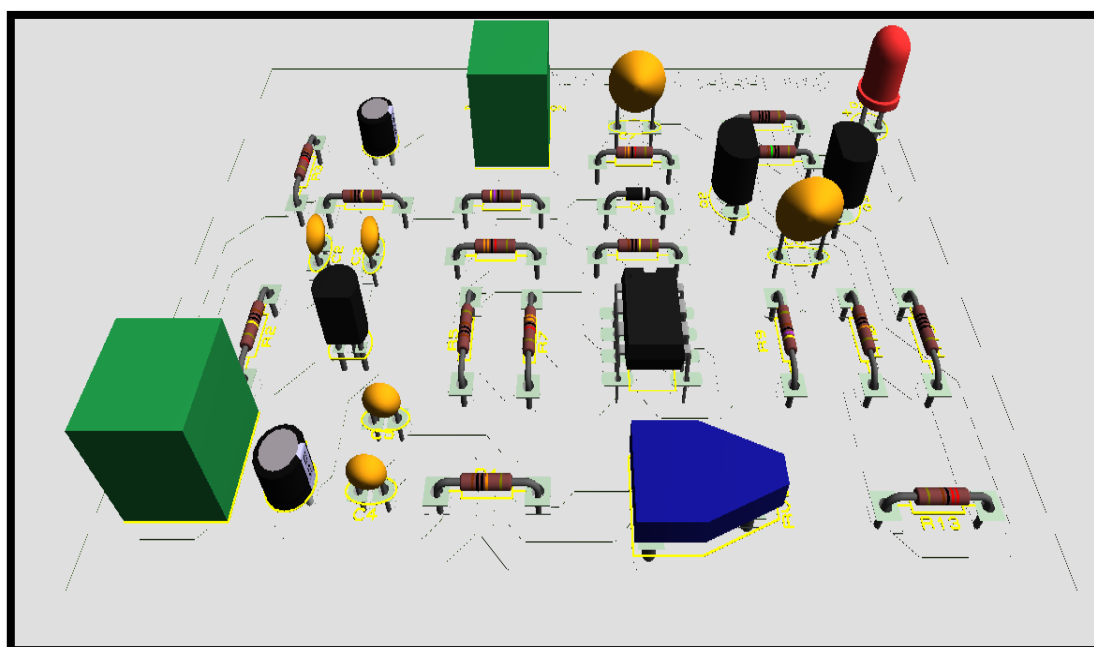
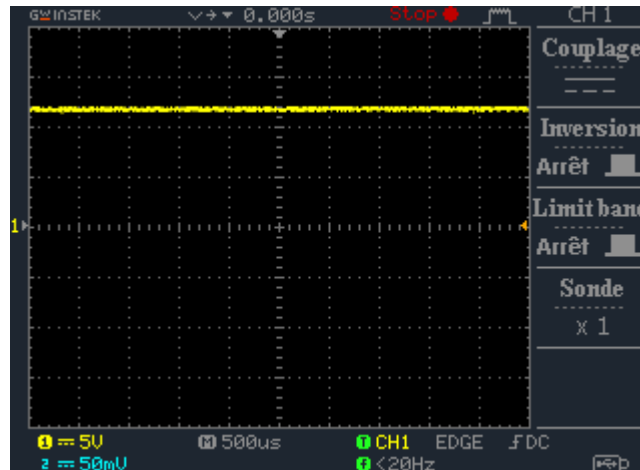


Figure 3.6: Vue 3D des composants implantés

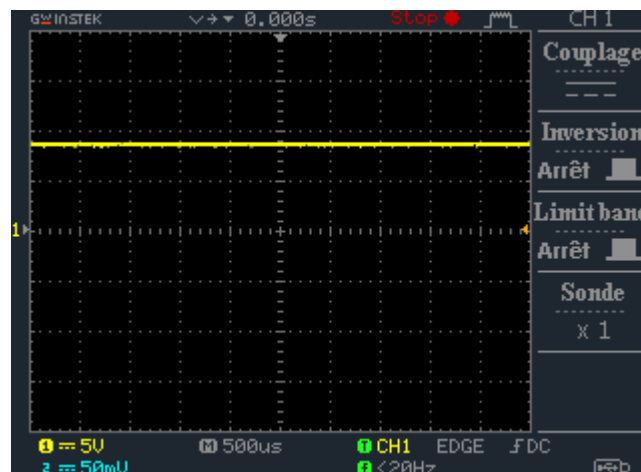
Dans ce qui suit nous donnons les différents signaux relevés du différent point de mesures pour le circuit de récepteur.

Comme premier étape et avant de commencer les mesures il est envisageable de vérifier l'alimentation de notre circuit afin d'assurer le bon fonctionnement du circuit, la figure ci-dessous nous montre le niveau de la tension continue qui est de 12volts



La tension d'alimentation au niveau du point A.

La résistance **R4** et **C8** permet le découplage de l'étage de l'amplification à base du transistor Q1. Il est bien claire que l'alimentations a subir une atténuation égale à 9 volts



Signal de l'alimentation après découplage.

Le capteur délivre un très faible courant inverse en présence du signal pulsé de l'émetteur. La résistance **P1** permet la polarisation de la photodiode.

La figure A ci-dessous illustre la tension au borne de la photodiode avec la présence du flux infrarouge tandis que la figure B sans infrarouge.

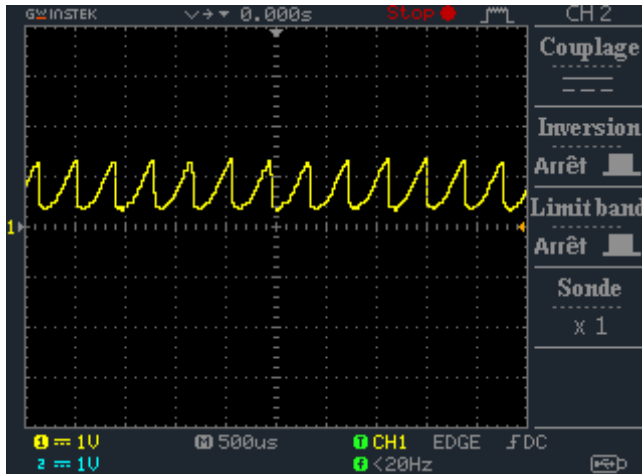


Figure A :

Après l'impulsion de l'infrarouge

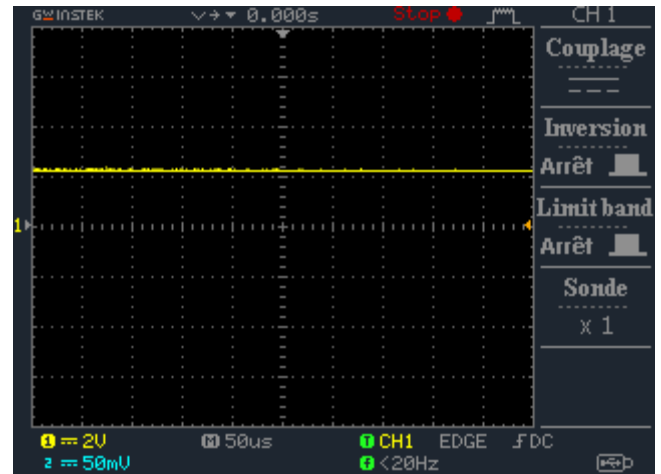


figure B :

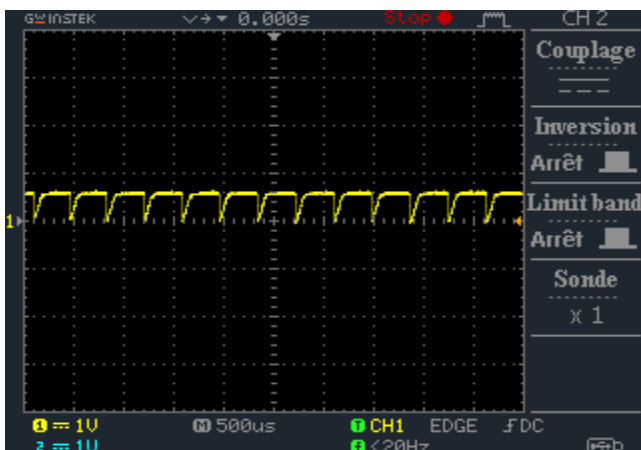
Avant l'impulsion de l'infrarouge

- ❖ Avant l'arrivée de l'impulsion, la tension au point C est de l'ordre de 2 V continue ; après on a une tension environ de 1 V qui possède une fréquence similaire à celle de l'émetteur.

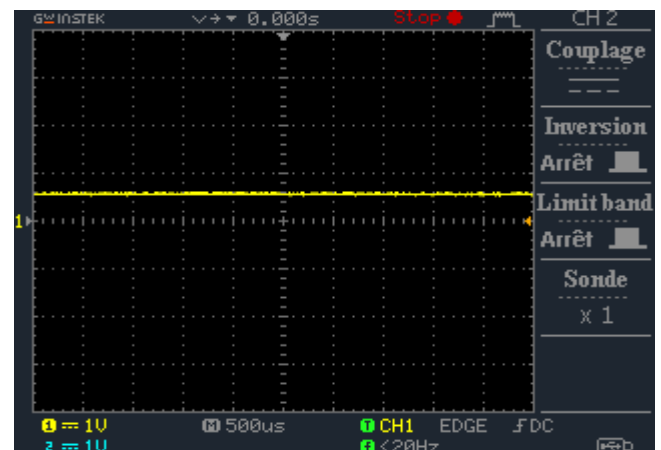
A ce niveau une mise en forme de notre signal est nécessaire, plusieurs étapes devraient être réalisées

- ❖ Une préamplification est réalisée à l'aide d'un transistor NPN.

Les deux signaux représentent la tension au niveau du point D qui est la base du transistor Q1

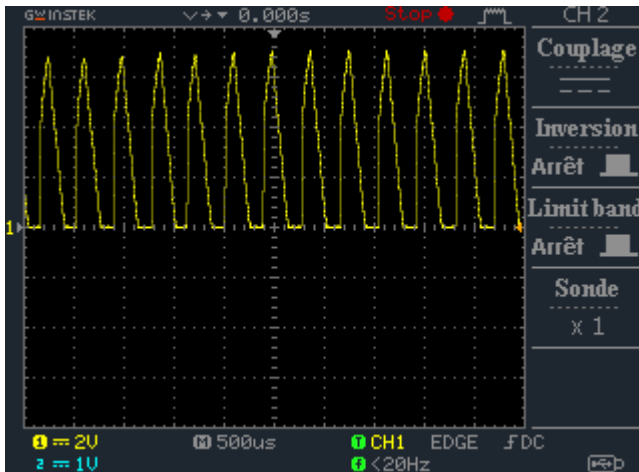


Point D: avec infrarouge

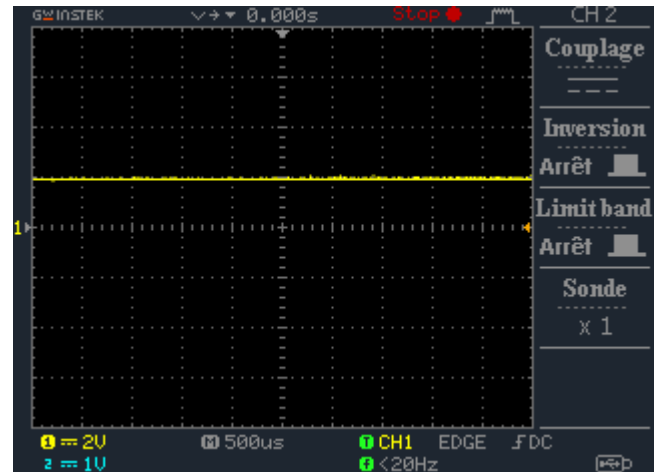


Point D: sans infrarouge

Pour le meme transistor on recupere la tension au borne du collecteur presenter dans les figure suivantes :



Point E: avec infrarouge



Point E: sans infrarouge

On peut distinguer d'après la figure ci-dessus qu'il y a une amplification avec un gain égal approximativement à 15

Dans le point F on récupère une tension variable en fonction de la valeur de l'ajustable c à d on peut régler le niveau de la tension. Les deux figure suivante, nous montre deux niveau de tension différente avec la même fréquence..

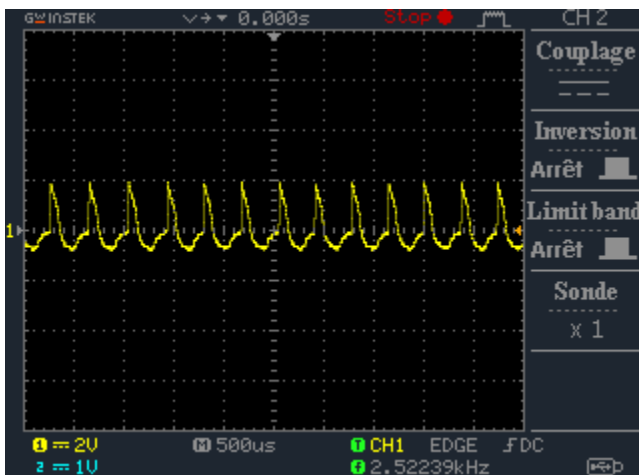


Figure A: position 1 de l'ajustable

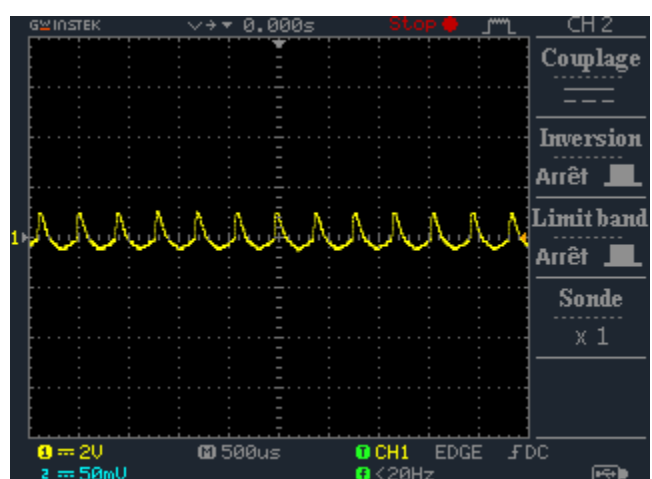
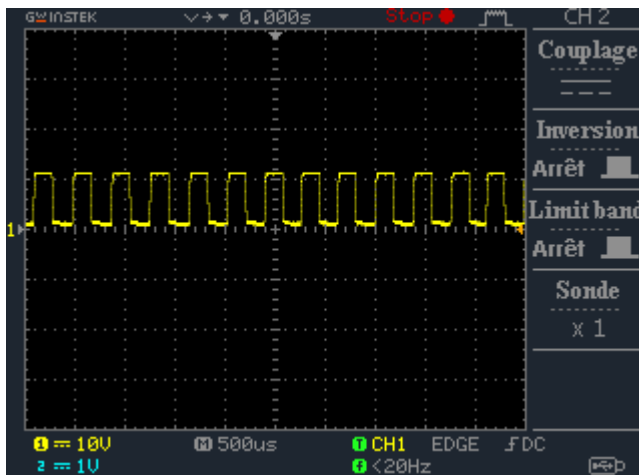


Figure B : position 2 de l'ajustable

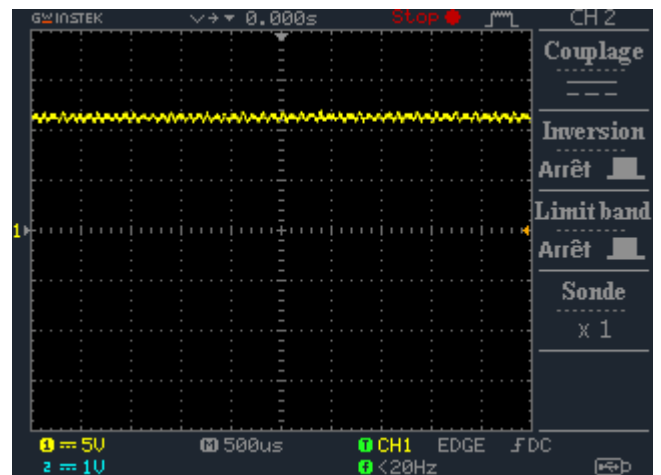
❖ Amplification :

Dans cette partie on peut remarquer que lors de la présence du faisceau infrarouge l'amplificateur opérationnel suit le basculement de notre signal infrarouge émis par les diodes

Le signal a la sortie du AOP possède la forme d'un signal carré à cause de son grand gain ou il va se saturer

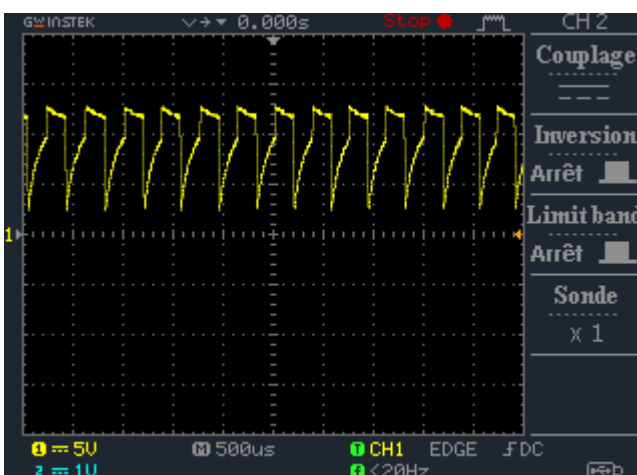


Point I : avec infrarouge

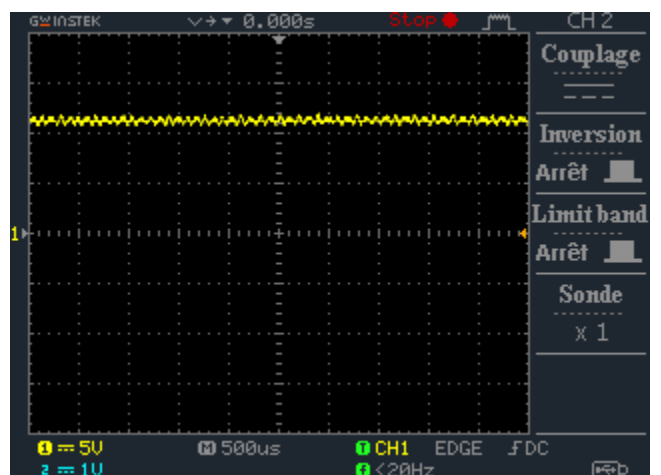


Point I: sans infrarouge

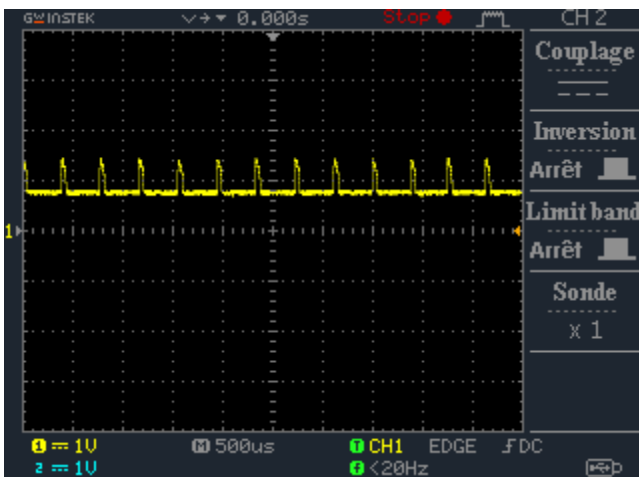
Maintenant le signal est injecter à un transistor Q2 afin d'avoir une bonne adaptation



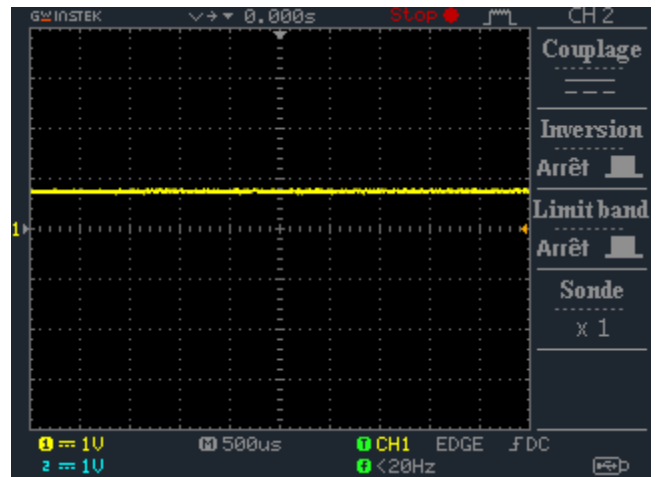
Point J : avec infrarouge



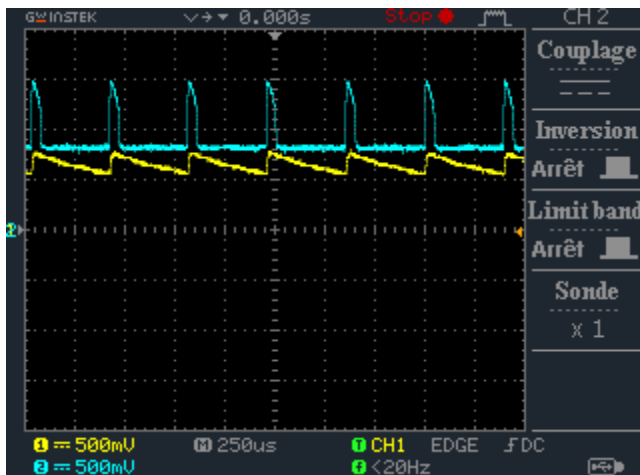
Point J : sans infrarouge



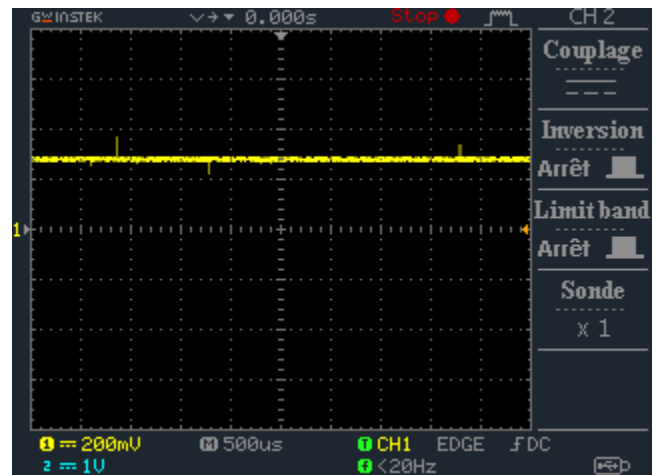
Point K : avec infrarouge



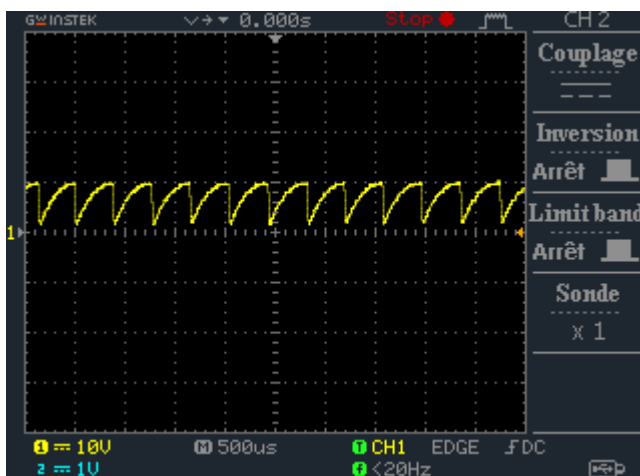
Point K : sans infrarouge



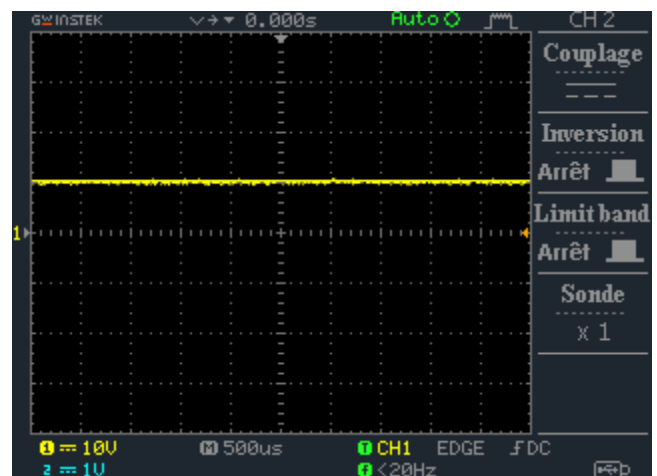
Point L : avec infrarouge



Point L : sans infrarouge



Point N : avec infrarouge



Point N : avec infrarouge

Le dernier étage permet l'identification et la présence de l'émission de l'infrarouge ; il est constitué par un transistor Q3 qui travaille en commutation.

En effet il est demandé de contrôler un grand courant (I_C) par un petit courant (I_B) de manière rapide et efficace. Le transistor est donc utilisé ici en interrupteur commandé.

- $V_{CE\text{ Sat}} = 0$ et $I_C = I_{C\text{ max}}$ lors de la saturation du transistor ; la LED s'allumerait.
- $I_C = 0$ $V_{CE\text{ bloc}} = V_{CC}$ lors du blocage ; la LED s'éteindrait.

3.4: Conclusion :

Dans ce chapitre ; nous avons donné le circuit électrique du montage composé d'un émetteur et d'un récepteur. Nous avons expliqué le fonctionnement détaillé des deux parties. Pour l'émetteur, depuis la génération de l'onde jusqu'à son émission ; et pour le récepteur, l'acheminement du signal depuis la photodiode jusqu'à la LED.

Nous avons donné également les mesures relevées aux différents points, montrant ainsi le bon fonctionnement du montage.

Conclusion :

Un émetteur-récepteur à infrarouge est un dispositif électronique capable de communiquer des données en utilisant la lumière infrarouge. Les unités émettrices-réceptrices de l'infrarouge (IR) peuvent à la fois transmettre et recevoir des informations.

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, émetteur et récepteur. Après ; nous avons présenté le circuit électrique du montage, nous avons expliqué en détail son fonctionnement, puis nous en avons fait la réalisation pratique et des mesures.

Sans aucun doute, notre montage est loin d'être parfait ; des améliorations seraient donc possibles pour réaliser un circuit plus performant. On pourrait augmenter la portée du signal IR. Certains émetteurs-récepteurs IR avancés utilisent des diodes laser infrarouges ; cela augmente la portée du signal IR, mais réduit la largeur du faisceau détectable.

Des critiques et commentaires des lecteurs apporteraient un plus.

Nomenclature

Liste des composants d'émetteur :

Semi-conducteurs

IC₁ : quadripôle NAND C/MOS 4011

T₁ : transistor NPN BC 337

T₂ : transistor NPN BD 135

D₁ ;D₂ ;D₃ :diodes émission infrarouge LD271

Résistances

R₁ :470 K Ω

R₂ :10 K Ω

R₃ :120 K Ω

R₄ :5 K Ω

Condensateur

C₁ : plastique 10 nF

C₂ :plastique 22 nF

C₃ : chimique horizontal 1000 à 2200 μ F/16V

Divers

Poussoir miniature

Support à souder 14 bronches

Liste des composants de récepteur :

Semi-conducteurs :

Ic₁: ampli-op 741 DIL8

T₁: transistor NPN à grand gain BC549C

T₂: transistor PNP BC 327

T₃: Transistor NPN BC 337

Photodiode à infrarouge

D₁: diode commutation 1N4148

L₁: diode LED

Résistances :

R₁, R₁₀: 100k Ω

R₂, R₈: 1M Ω

R₃: 10k Ω

R₄, R₉: 4.7k Ω

R₅: 1k Ω

R₆, R₇, R₁₂: 33k Ω

R₁₁: 150 Ω

R₁₃: 2.2k Ω

R₁₄: 22k Ω

R₁₅: 270k Ω

R₁₆: 56k Ω

R₁₇: 220 Ω

P₁: 1M Ω

P₂ : ajustable horizontal 10kΩ

Condensateurs :

C₁ : chimique vertical 4.7μF

C₂ : plastique 1Nf

C₃ : 100pF céramique

C₄, C₅ : 4.7nF plastique

C₆ : plastique 22NF

C₇ : 0.68μF

Divers :

2supports à souder 8broches

Picots à souder

Bibliographie :

[1] Mr.Belmir .M et Mr .Fellah. « A. étude et réalisation d'une Barrière infrarouge »

(PFE) Dirigé par : Mr. Kerai.S (2002/2003)

[2] Opto électronique - Académie de Nancy-Metz

http://www.ac-nancy-metz.fr/pres-etab/loritz/pre_bac/ssi/cours/electronique/Optoelec/optoelec.htm

[3] Yvan Radenac conception, réalisation maintenance d'une alimentation élaboratoire (juin2003)

[4] 1^{er} STI électronique (2004-2005)

[5] Belaid Asma « Etude et réalisation d'une centrale d'éclairage »

(PFE) dirigé par : Mr. HAMDOUNE.A (2013/2014)

[6] Manuel de génie électrique. DUNDO (2007)

[7] Belaid boumedyen « Etude et réalisation d'un Système d'Acquisition Temps Réel des Signaux EMG&EEG »

(PFE)Dirigé par :Melle. HABIBES.N (2013/2014)

[8] ALBERT PAUL MALVINO principes d'électronique (1979-1973)

Principe des Télécommandes Michelland Carole, Gardé Jean-philippe

Résumé

L'utilisation du rayonnement infrarouge s'est rapidement développée ces dernières années dans tous les domaines de la vie, de l'industrie et aux habitations. Dans la plupart des applications de l'infrarouge, on cherche à mesurer ou à détecter ce rayonnement. Ceci nous a amené à étudier dans le cadre de notre projet de fin d'études, un sujet qui consiste à la réalisation d'un système qui traite l'infrarouge. Ce système est composé de deux circuits, un émetteur pour la génération du faisceau infrarouge à travers trois LED et l'autre un récepteur qui reçoit le rayonnement. Le bon fonctionnement du récepteur est signalé par l'allumage d'une LED

Mots clés : Infrarouge, Emetteur, Récepteur, Photodiode, LED.

ملخص:

في السنوات الأخيرة تطورت استخدامات الموجات ما تحت الحمراء في جميع مجالات الحياة اليومية لا سيما الصناعية و المعمارية, معظم استعمالاتها تبحث عن قياس و التقاط هذه الموجات. في اطار دراسة مشروع نهاية الدراسة قمنا بتجسيد نظام يعالج هذا الموضوع.

هذا النظام مكون من دارتين كهربائيتين دائرة مرسله للحزمة الضوئية عن طريق ثلاث صمامات ضوئية و دائرة مستقبله لهذه الحزمة. العمل الجيد للمستقبل يجسد بتوهج الصمام .

كلمات مفتاحية : ما تحت الحمراء . مرسل. مستقبل. صمام ضوئي. صمام.

Abstract :

The use of infrared radiation has expanded during the last few years in every area of life, industry and home. In most infrared applications ,we try to measure or to detect this radiation. This led us to devote our end-of-studies project which includes the creation of a system dealing with infrared. The system comprises of two circuits, a transmitter, in order to generate the infrared beam through three LEDs and the other system is a receiver that receives radiation. The lighting of a LED indicates a proper functioning.

Keywords : infrared, emitter, receptor, photodiode, LED.