



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique  
Université El-wancharissi de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Sciences et de la Technologie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
de Master académique en

Filière : **Electronique**

Spécialité : **Instrumentation**

Présentée par : **LABBOUNE Chahrazad**

**LANTRI Rekia**

*Thème*

---

## **Simulation et réalisation d'un récepteur IR par un microcontrôleur**

---

Soutenu le : .../.../....

**Devant le Jury :**

MARICH Mohamed	Président	M.C.B	Univ-Tissemsilt
BERBARA Djilali	Encadreur	M.C.B	Univ-Tissemsilt
DJOUDI Lakhdar	Examineur	Prof	Univ-Tissemsilt

**Année universitaire : 2020-2021**

# Remerciement

## Remerciement

---

### **Remerciement :**

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 : BERBARA Djilali 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 : MARICH Mohamed qui préside le jury de ce projet.

On est très honoré de la participation de Monsieur DJOUDI Lakhdar au membre de jury

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

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

*Mes sœurs : Bouchra, Roumaïssa*

*Mes frères : Oussama, Abderrahmane, Zakaria, Othmen*

*Mes nièces, mes neveux.*

*A toute la famille **LABBOUNE***

*A tous mes **cousins** et **cousines**.*

*A tous mes **amies***

LABBOUNE Shahrazade

*Je dédie ce modeste travail à :*

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

*Mes sœurs : Bakhta, khadidja,*

*Mon frère : Rabah*

*Mes nièces, mes neveux.*

*A toute la famille **LANTRI***

*A tous mes **cousins** et **cousines**.*

*A tous mes **amies***

*Une spéciale dédicace pour **LANTRI YOUCEF**.*

LANTRI Rekia

## Résumé

Les communications sans fil remplacent les communications filaires, qui sont coûteuses et nécessitent beaucoup d'entretien, en plus d'être difficiles à déplacer.

Parmi les technologies les plus utilisées dans le domaine de télécommande c'est l'infrarouge.

Au cours de ce travail nous avons étudié l'optoélectronique d'une manière générale. Par la suite dans le deuxième chapitre nous avons défini quelques protocoles de communication série filaire et sans fils en particulier le protocole infrarouge NEC. Et au troisième chapitre nous avons simulé et réalisé un système capable de recevoir des commandes du protocole NEC émet par une télécommande

## ملخص:

تحل الاتصالات اللاسلكية محل الاتصالات السلكية باهظة الثمن والتي تتطلب الكثير من الصيانة، بالإضافة إلى صعوبة نقلها. من بين التقنيات الأكثر استخدامًا في مجال التحكم عن بعد الأشعة تحت الحمراء.

خلال هذا العمل درسنا الإلكترونيات الضوئية بشكل عام. بعد ذلك في الفصل الثاني قمنا بتعريف بعض بروتوكولات الاتصال التسلسلي السلكية واللاسلكية على وجه الخصوص بروتوكول الأشعة تحت الحمراء NEC وفي الفصل الثالث قمنا بمحاكاة وتركيب نظام قادر على استقبال الأوامر من بروتوكول NEC المنبعثة من جهاز التحكم عن بعد.

## Abstract:

Wireless communications replace wired communications, which are expensive and require a lot of maintenance, in addition to being difficult to move.

Among the technologies most used in the field of remote control is infrared.

During this work, we have studied optoelectronics in a general. Subsequently in the second chapter, we have defined some wired and wireless serial communication protocols in particular the NEC infrared protocol.

And in the third chapter we simulated and realized a system capable of receiving commands from the NEC protocol emitted by a remote control

Introduction générale : .....1

## **CHAPITRE I: Généralités sur l'optoélectronique**

I.1 : Introduction .....2  
I.2 : Propriétés .....2  
I.3 : Spectre électromagnétique .....3  
I.4 : system de communication à infrarouge.....4  
I.4.1 : Historique ..... 4  
I.4.2 : description.....4  
I.4.3 : Conditions d'installation ..... 5  
I.4.4 : Applications .....5  
I.4.5 : Autre domaine d'application de l'infrarouge(Les détecteurs passifs) .....6  
I.4.5.Exploitation scientifique de l'infrarouge .....6  
I.5 : Les composants optoélectroniques .....6  
I.5.1 : définition ..... 6  
I.5.2 : Domaine spectral .....7  
I.5.3 Principaux composants optoélectroniques.....7  
I.5.3.1Diode électroluminescente .....7  
I.5.3.1.1 : structure et du principe de fonctionnement .....8  
I.5.3.1.2 : Jonction P.N.....8  
I.5.3.2 : Photodiode .....9  
I.5.3.3 : Photodiode PIN ..... 10  
I.5.3.4 : phototransistor .....10  
I.5.3.5 : Optocoupleur ..... 11  
I.5.3.6 : Récepteurs IR ..... 12  
I.6 : Conclusion .....13

## **CHAPITRE 2 : Les protocoles de communication série**

II.1 : Introduction .....14  
II.2 : Types de communication série .....14



## Table de matière :

---

II.2.1 : Transfert de données asynchrone .....	14
II.2.2 : Transfert de données synchrone .....	14
II.3 : Communication filaire .....	15
II.3 .1: Exemples de communication série filaire .....	15
II.4: Communication sans fil.....	16
II.4.1 : Transmission infrarouge .....	17
II.4.2 : La transmission par ondes radio .....	17
II.4.3 : Exemples d'utilisation .....	18
II.4.4 : Avantages de la communication sans fil .....	18
II.4.5 : Inconvénients de la communication sans fil .....	18
II.4.6 : Applications de la communication sans fil .....	19
II.5 : Protocole de communication .....	19
II.5.1 : Rôle d'un Protocole de communication .....	19
II.5.2 : Fonctionnement général .....	19
II.6 : Exemples de protocoles de télécommande infrarouge .....	20
II.7 : Protocoles de télécommande infrarouge .....	21
II.8 : Exemples de protocoles de télécommande infrarouge .....	22
II.8.1 : Le protocole manchester (RC5) .....	22
II.8.2 : Le protocole flash (ITT) .....	22
II.8.3 : Le protocole Association de données infrarouge (IrDA) .....	22
II.8.3 : Protocole de distance d'impulsion (NEC) .....	23
II.8.4 : Protocole NEC étendu .....	24
II.10 : Conclusion .....	25
Reference.....	25

## **CHAPITRE 3 : Simulation et réalisation d'un récepteur infra-rouge (protocole NEC)**

I.1 : Introduction .....	26
--------------------------	----

## Table de matière :

---

II. 2 : Cahier de charge .....	26
III.3 : Les composants utilisés .....	27
III.3.1 : le récepteur TSOP18xx .....	27
III.3.2 : les microcontrôleurs .....	28
III.3.2.1 : Les avantages des microcontrôleurs .....	28
III.3.2.2 : Les défauts des microcontrôleurs .....	28
III.3.3 : Composants intégrés dans un microcontrôleur .....	28
III.3.4 : Familles de microcontrôleurs .....	29
III.4 : Le PIC 12f675 .....	31
II.5 : Le logiciel de programmation des pics mikroC for PIC .....	32
II.6 : Le simulateur proteus .....	33
II.6.1 : Présentation générale .....	33
III.6.2: ISIS (schematic Capture) .....	33
III.6.3: ARES (PCB Layout) .....	33
III.7 : Simulation de circuit électrique .....	34
III.8 : Le programme du pic .....	36
III.9 : Le kit de programmation pickit2 .....	37
III.10 : Procédures de la méthode de la réalisation du circuit imprimé (PCB) .....	38
III.10.1 : Choisissez une méthode pour créer votre carte électronique .....	38
III.10.2 : Créez votre typon .....	39
III.10.3 : Réglez ses dimensions.....	39
III.10.4 : Imprimez .....	40
III.10.5 : Procéder à la finition de la carte .....	40
III.11 : Conclusion.....	46
Reference .....	46

Table de matière :

---

Conclusion generale.....	47
Annexe.....	48

2.1 Introduction .....	12
Émetteur .....	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.....	
2.2.2.1.3 Conditions de fonctionnement recommandées par le constructeur.....	19

## Table de matière :

---

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) .....	
442.3.1.5.3 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
<b>CHAPITRE 3: Réalisation pratique</b>	
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 .....	

## CHAPITRE I: Généralités sur l'optoélectronique

Figure I.1: <i>classement des ondes électromagnétiques par longueur d'onde, fréquence et énergie des photons</i>	3
Figure I.2 : <i>Schéma d'un émetteur-récepteur</i>	5
Figure I.3: <i>diode électroluminescente(LED)</i>	9
Figure. I.4 : <i>principe d transmission optique</i>	10
Figure. I.5 : <i>PIN photodiode</i>	10
Figure I.6 : <i>PIN photodiode</i>	11
Figure I.7: <i>Optocoupleur</i>	11
Figure I.8: <i>récepteur ir 38khz</i>	12

## CHAPITRE 2 : Les protocoles de communication série

FigureII.1 : <i>Communication série</i>	14
FigureII.2 : <i>Exemples d'utilisation de Communication sans fil</i>	18
FigureII.3 : <i>Connectons nécessaires pour une communication UART</i>	21
FigureII.4 <i>Chronogramme d'une communication UART</i>	21
FigureII.5 : <i>trame de données du protocole RC5</i>	22
FigureII.6 <i>codage du "0" et du "1" par le protocole ITT</i>	23
FigureII.7: <i>codage du "0" et du "1" par le protocole NEC</i>	23
FigureII.8: <i>trame de données du protocole NEC</i>	24
FigureII.9 <i>trame de données du protocole NEC avec code de répétition</i>	24

## CHAPITRE 3 : Simulation et réalisation d'un récepteur infra-rouge (protocole NEC)

Figure III. 1: <i>La télécommande utilisée et ces codes</i>	26
Figure III. 2 : <i>Le récepteur TSOP38</i>	27

Figure III. 3 : <i>Un microcontrôleur 24 PIN</i> .....	29
Figure III. 4 : <i>brochage du pic 12f675</i> .....	31
Figure III. 5 : <i>Schémas Blok du pic 12f675</i> .....	32
Figure III. 6: <i>Simulation du récepteur IR par ISIS (schematic Capture)</i> .....	34
Figure III. 7 : <i>circuit imprimé obtenu par ARES (PCB Layout)</i> .....	34
Figure III. 8 : <i>visualisation 3D du montage par 3D Visualizer (vue de dessus)</i> .....	35
Figure III. 9 : <i>visualisation 3D du montage par 3D Visualizer (vue de dessous)</i> .....	35
Figure III. 10: <i>Pickit2 (hardware)</i> .....	38
Figure III. 11: <i>PICkit2 (software)</i> .....	38
Figure III. 12 : <i>étape de création le typon</i> .....	40
Figure III. 13 : <i>étape deuxième</i> .....	41
Figure III. 14 : <i>étape de transfert du circuit</i> .....	42
Figure III. 15 : <i>étape de refroidir la carte</i> .....	42
Figure III. 16 : <i>Enlevez le typon</i> .....	43
Figure III. 17 : <i>l'opération d'éliminer le cuivre</i> .....	44
Figure III. 18: <i>enlever le reste du typon</i> .....	45
Figure III. 19: <i>Circuit imprimé</i> .....	45
Figure III. 20 : <i>l'opération de percer les trous</i> .....	46
Figure III. 21 : <i>plaque électronique du récepteur IR</i> .....	47

# **Introduction**

## **générale**



Un émetteur-récepteur à infrarouge est un dispositif électronique capable d'inter-changer 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 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 une carte électronique à base d'un microcontrôleur permettant la réception d'un signal infrarouge (code à partir d'une télécommande), et reprendre par une action (fermer ou ouvrir un interrupteur). Dans ce contexte, notre mémoire sera organisée de la manière suivante :

Chapitre 1 : Généralités sur l'optoélectronique

Chapitre 2 : Les protocoles de communication sériée

Chapitre 3 : Simulation et réalisation d'un récepteur infra-rouge (protocole NEC)

# **CHAPITRE I :**

## **Généralités sur**

### **l'optoélectronique**

## I.1 : Introduction

Un rayonnement électromagnétique désigne une perturbation des champs électrique et magnétique.

Le rayonnement électromagnétique a comme vecteur le photon, particule dépourvue de masse. Le photon est le boson associé à la force électromagnétique.

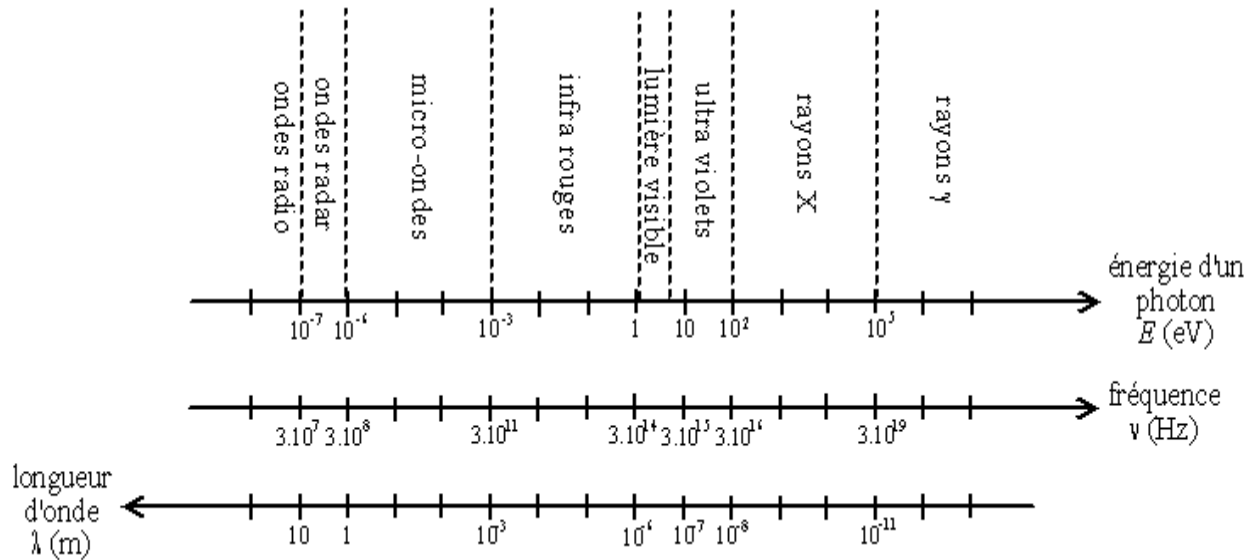
En physique classique, il est décrit sous la forme d'une onde électromagnétique correspondant à la propagation d'un champ magnétique et d'un champ électrique (l'un étant perpendiculaire à l'autre) en ligne droite à partir d'une source constituée par un mouvement alternatif de charges électriques.

## I.2 : Propriétés

- Tout corps à une température supérieure à 0 kelvin (zéro absolu, soit  $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) émet un rayonnement électromagnétique appelé rayonnement thermique.
- Un corps qui reçoit un rayonnement électromagnétique peut en réfléchir une partie, réfracter une partie et absorber le reste. L'énergie absorbée est convertie en énergie thermique et contribue à l'augmentation de la température de ce corps.
- Une particule chargée de forte énergie émet un rayonnement électromagnétique :
- L'absorption d'un photon peut provoquer des transitions atomiques, c'est-à-dire d'exciter un atome dont l'énergie augmente par la modification de l'orbitale d'un de ses électrons.
- Lorsqu'un atome excité revient à son état d'énergie fondamental, il émet un photon dont l'énergie (et donc la fréquence) correspond à une différence entre deux états d'énergie de l'atome.
- Dans le même domaine du spectre électromagnétique, les photons sont capables de former des paires électron-trous dans les semi-conducteurs (principe des CCD Charge-Coupled Device, ou en français « dispositif à transfert de charges »). En se recombinant, l'électron et le trou émettent de la lumière (principe des diodes).
- Les réactions nucléaires, comme celles de fission, de fusion et de désintégration, s'accompagnent souvent d'une émission de photons de grande énergie appelés rayons  $\gamma$ .

## I.3 : Spectre électromagnétique

Un spectre électromagnétique est la décomposition d'un rayonnement électromagnétique en fonction de sa longueur d'onde, ou, de manière équivalente, de sa fréquence ou de l'énergie de ses photons.



**Figure I-1** : classement des ondes électromagnétiques par longueur d'onde, fréquence et énergie des photons

Pour des raisons historiques, les ondes électromagnétiques sont désignées par différents termes, en fonction des gammes de fréquence (ou de longueur d'ondes). Par longueur d'onde décroissante, ce sont :

- les ondes radio et les ondes radar sont produites par des courants électriques à haute fréquence ;
- les ondes infrarouges, la lumière visible et le rayonnement ultraviolet sont produits par des transitions électroniques dans les atomes, concernant les électrons périphériques, ainsi que par le rayonnement thermique ; les ondes ultraviolettes ont des effets sur la peau (bronzage, coups de soleil, cancer de la peau) ;
- les rayons X sont produits lors des transitions électroniques. Ils sont par exemple générés par radioactivité (photons de fluorescence émis lors de la réorganisation du cortège électronique d'un atome), par freinage d'électrons (tube à rayons X) ou par rayonnement synchrotron (par déviation de faisceau d'électrons relativistes). Du fait de leur faible longueur d'onde, ils diffractent sur les cristaux ; les rayons X *durs* correspondent à des photons de plus haute énergie, et les rayons X *mous* à des photons de plus faible énergie ;

le rayonnement  $\gamma$  est produit par la radioactivité lors de la désexcitation d'un noyau. Ils sont donc en particulier émis par les matériaux radioactifs et les réacteurs nucléaires. [1]

## **I.4 : system de communication à infrarouge**

### **I.4.1 : Historique**

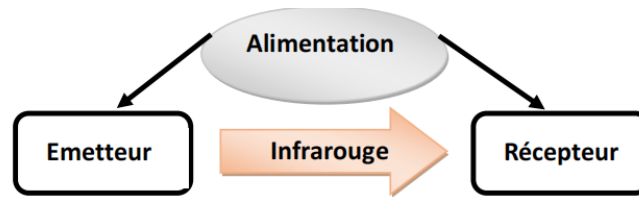
Le rayonnement infrarouge est intuitivement perceptible par la simple exposition de la peau à la chaleur émise par une source chaude dans le noir, mais il ne fut prouvé qu'en 1800 par William Herschel, un astronome anglais d'origine allemande, au moyen d'une expérience très simple : Herschel a eu l'idée de placer un thermomètre à mercure dans le spectre obtenu par un prisme de verre afin de mesurer la chaleur propre à chaque couleur. Le thermomètre indique que la chaleur reçue est la plus forte du côté rouge du spectre, y compris au-delà de la zone de lumière visible, là où il n'y avait plus de lumière. C'était la première expérience montrant que la chaleur pouvait se transmettre indépendamment d'une lumière visible (ce phénomène était parfois appelé à l'époque la chaleur obscure).

Il a au même temps montré qu'un prisme pouvait dévier un rayon calorique [2]

### **I.4.2 : description**

Le rayonnement infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible. L'émission d'un signal est réalisée à l'aide d'une diode infrarouge, petit composant électronique qui transforme un signal électrique en un signal lumineux. La réception est assurée par une cellule infrarouge. Les télécommandes des téléviseurs et autres équipements audiovisuels utilisent cette technique depuis des décennies. Elle est très bien adaptée à cet usage, car les vitesses nécessaires sont réduites et le volume d'informations à transmettre est limité à quelques caractères pour chaque commande. De plus, cette communication est unidirectionnelle (de la télécommande vers le récepteur). Enfin, l'infrarouge présente l'avantage par rapport aux radiofréquences de ne pas interférer avec les autres signaux électromagnétiques comme les signaux de télévision. [3]

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 I-2 : Schéma d'un émetteur-récepteur.*

### **I.4.3 : Conditions d'installation**

L'infrarouge est une technique fiable et bon marché. Un système de transmission se compose d'un émetteur et d'un ou plusieurs récepteurs intégrés ou installés à proximité des équipements à commander. Différents ordres de commande peuvent être émis par un même émetteur vers un ou plusieurs récepteurs grâce à un codage des signaux.

L'installation de ces dispositifs doit tenir compte des caractéristiques spécifiques au rayonnement infrarouge :

- Il ne traverse pas les cloisons. L'émetteur et le récepteur doivent donc se trouver dans la même pièce.
- Il est relativement directionnel. Il est donc préférable que l'émetteur et le récepteur soient en vue directe. Aucun obstacle ne doit figurer sur le trajet. Avec les télécommandes mobiles, il faut viser le récepteur pour ne pas avoir d'erreur de transmission.
- La portée est limitée à quelques mètres.
- Il possède une bonne immunité et ne crée pas de perturbations. Le signal peut cependant être perturbé par les tubes fluorescents et les lampes fluo-compactes «à économie d'énergie» ou une lumière trop vive.
- L'émetteur n'a pas besoin d'être raccordé au réseau 230 V. Du fait de sa faible consommation électrique, une alimentation par piles est suffisante. Grâce à cette autonomie, il offre une très grande flexibilité d'installation :
- L'émetteur peut être fixe (sur une cloison) ou mobile ;
- Son installation dans des locaux humides, à proximité d'une baignoire ou d'un bac à douche, est possible

### **I.4.4 : Applications**

La technologie infrarouge est principalement destinée à des applications de commande à distance et de détection. Elle est très utile pour piloter les équipements domestiques et en améliorer le confort d'utilisation en assurant la commande :

- de l'éclairage (allumage/extinction, variation, etc.) ;

- de volets roulants, de portails, de portes de garage (ouverture/fermeture) ;
- de thermostats ou de gestionnaires d'énergie ;
- de centrale d'alarme ;
- d'automatismes ;
- d'équipements audiovisuels.

#### **I.4.5 : Autre domaine d'application de l'infrarouge(Les détecteurs passifs)**

Une source de chaleur, la lumière, les humains et les animaux à sang chaud sont des émetteurs de rayonnement (chaleur) à des fréquences voisines de l'infrarouge. Ces éléments "perturbateurs" peuvent donc être détectés par une cellule infrarouge. Cette caractéristique permet de concevoir divers capteurs pour assurer une détection de présence ou de chaleur. Les détecteurs passifs sont utilisés, par exemple, pour l'allumage automatique de l'éclairage (en remplacement de l'interrupteur), la détection de passage (barrière infrarouge), la détection d'intrusion, et la détection d'incendie. [4]

#### **I.4.6. Exploitation scientifique de l'infrarouge**

L'infrarouge a trouvé ces applications dans l'appareillage scientifique tel que :

- La spectroscopie.
- La thermographie.
- L'astronomie.
- Photographie infrarouge.
- La réflectographie infrarouge.

### **I.5 : Les composants optoélectroniques**

#### **I.5.1 : définition**

L'optoélectronique est à la fois une branche de l'électronique et de la photonique. Elle concerne l'étude des composants électroniques, appelés aussi composants photoniques, qui émettent de la lumière ou interagissent avec elle. Parmi eux, se trouvent les capteurs ou les diodes permettant la conversion de photons en charge électrique ou réciproquement, les systèmes permettant la gestion d'un signal optique dans les télécommunications par fibre optique ou encore les systèmes d'optique intégrée.

#### **I.5.2 : Domaine spectral**

Les composants optoélectroniques sont conçues pour une gamme de longueurs d'onde. Ils sont souvent monochromatiques (ou quasi-monochromatiques). Dans le domaine

des télécommunications, les composants utilisés comme relais travaillent dans le proche infra-rouge. Il est toutefois possible de parler d'optoélectronique pour des composants fonctionnant dans le domaine Téra hertz.

### **I.5.3 : Principaux composants optoélectroniques**

Il existe plusieurs composants optoélectroniques dont les plus importants sont :

- Capteur CCD
- Photodiode
- Optotriac
- Tube photomultiplicateur
- Photorésistance
- phototransistor
- capteur de photoscope
- Cellule photoélectrique
- Diode laser
- Diode électroluminescente (DEL)
- Optocoupleur
- Interféromètre de Mach-Zehnder [5]

#### **I.5.3.1 : Diode électroluminescente**

Les diodes électroluminescentes, aussi appelées DEL ou en anglais LED (pour Light Emitting Diode), sont des composants électroniques qui émettent de la lumière souvent rouge, verte, de temps en temps jaune quand un courant électrique les traverse. C'est en 1962 que la première diode faisant de la lumière visible (rouge) fut inventée par Nick Holonyak Jr. et S. Bevacqua.

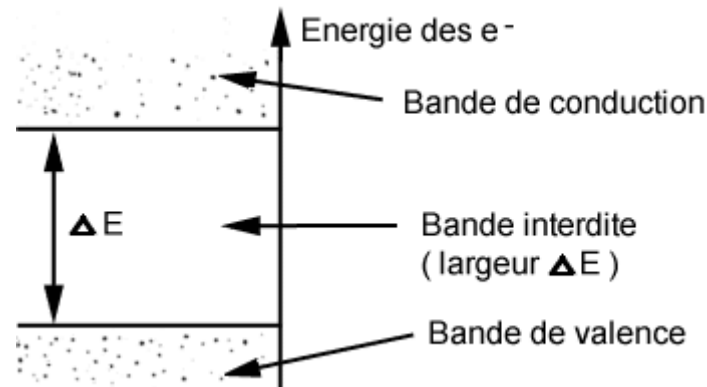
En tant que diodes, les diodes électroluminescentes ne laissent passer le courant que dans un sens.

La diode électroluminescente peut être abimée quand un courant électrique trop fort la traverse. C'est pourquoi elle peut être utilisée avec une résistance qui réduit la tension ou l'intensité du courant électrique.

##### **I.5.3.1.1 : structure et principe de fonctionnement**



La physique des semi-conducteurs nous enseigne que les électrons dans les solides cristallins se situent à des niveaux d'énergie spécifiques. Ces niveaux très proches les uns des autres, sont regroupés en "bandes d'énergie".



*Figure I-3 : bande d'énergie.*

Un électron de la bande de valence peut passer dans la bande de conduction à condition d'acquérir une énergie supplémentaire au moins égale à  $\Delta E$ . C'est l'effet photoélectrique.

Un électron de la bande de conduction peut passer dans une bande de valence. Dans ce cas il libère une énergie au moins égale à  $\Delta E$ .

Cette énergie peut être :

- Dissipée sous forme de chaleur (phonons),
- émise sous forme de lumière (photons). C'est l'**effet électroluminescence** (visible ou non).

#### **I.5.3.1.2 : Jonction PN**

Ce phénomène d'électroluminescence sera obtenu à la condition de créer une forte quantité d'électrons dans la bande de conduction. On l'obtient par injection de porteurs en polarisant dans le sens direct, une jonction PN à semi-conducteur. Le même résultat aurait pu être obtenu en irradiant le cristal avec une source lumineuse d'énergie importante (photoluminescence) ou par bombardement électronique (cathodoluminescence).

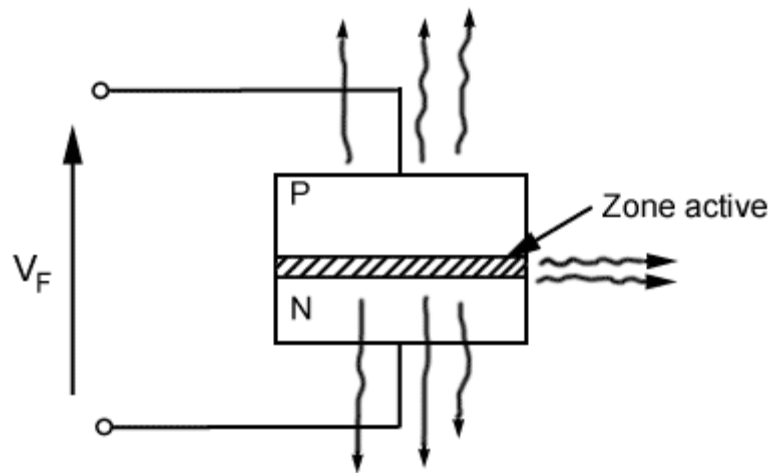


Figure I-4 : structure d'une diode électroluminescente.

Selon la fabrication, la lumière peut être émise soit latéralement, soit perpendiculairement à travers la mince couche N ou P.

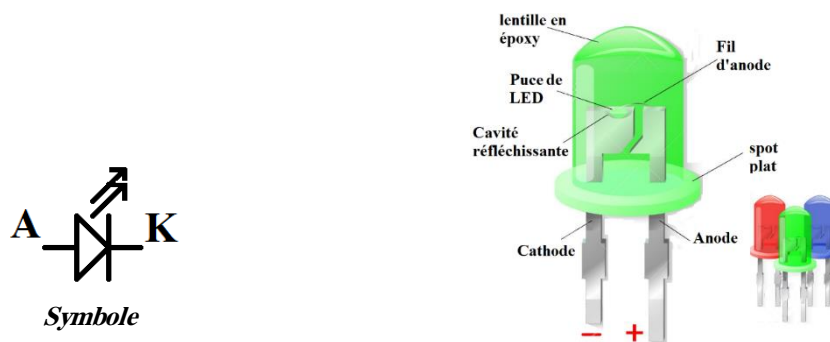


Figure I-5 : diode électroluminescente(LED) [6]

### I.5.3.2 : Photodiode

Les photodiodes sont des diodes qui entrent en conduction -en polarisation inverse- seulement lorsqu'elles sont frappées par une source lumineuse. Dans les schémas électriques, ce composant, qui vu de l'extérieur a l'apparence d'une diode, est représenté comme une diode normale à laquelle on ajoute des flèches *Figure. I.4.a*, de façon à pouvoir la distinguer des diodes non sensibles à la lumière. Si la diode est émettrice (LED). Les flèches sont tournées vers l'extérieur. Si elle est réceptrice, Elles sont alors tournées vers le composant. Pour la faire fonctionner (réceptrice), il faut relier la cathode(k) au positif de l'alimentation à travers une résistance, et l'anode(A) au négatif *Figure. I.4.b*

La résistance qui sert à limiter le courant, peut aussi être reliée à l'anode. Il existe des photodiodes sensibles uniquement à la lumière solaire et d'autres sensibles aux rayons infrarouges, qui comme nous le savons son invisibles à notre œil ; ces derniers sont généralement utilisées pour les systèmes de communication IR la réceptrice a généralement un filtre optique qui ne laisse passer que la lumière infrarouge.

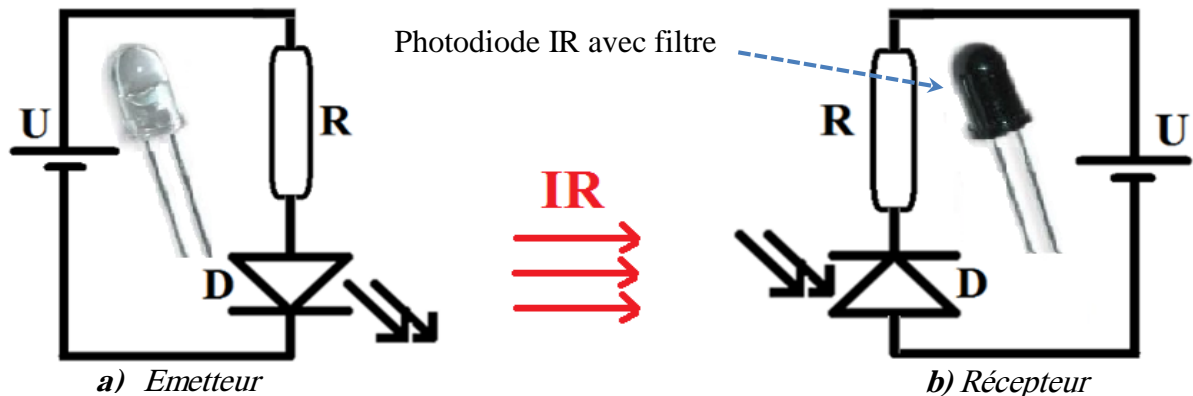


Figure I-6 : principe d transmission optique[7]

### I.5.3.3 : Photodiode PIN

La photodiode PIN est un composant semi-conducteur de l'optoélectronique. Elle est utilisée comme photodétecteur dans de nombreuses applications industrielles. Sa particularité vient de sa jonction composée d'une zone intrinsèque intercalée entre une région fortement dopée P et une autre fortement dopée N.

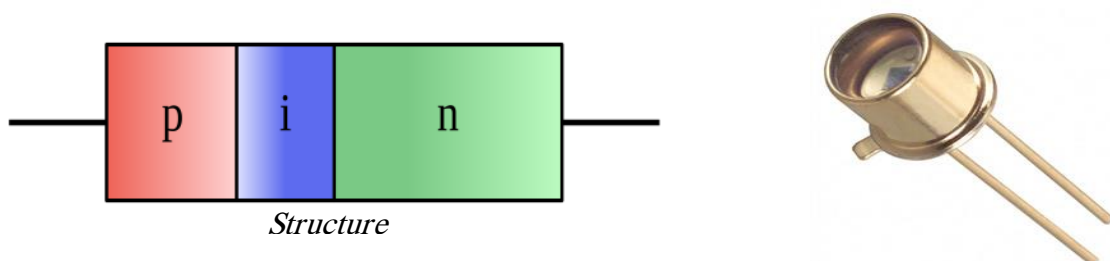


Figure I-7 : PIN photodiode.

### I.5.3.4 : phototransistor

Un phototransistor est un transistor bipolaire dont la base est sensible au rayonnement lumineux ; la base est alors dite flottante puisqu'elle est dépourvue de connexion. Lorsque la base n'est pas éclairée, le transistor est parcouru par le courant de fuite  $I_{CE0}$ . L'éclairage de

la base conduit à un photocourant  $I_{ph}$  que l'on peut le nommer courant de commande du transistor. Celui-ci apparaît dans la jonction collecteur-base sous la forme :  $I_c = \beta I_{ph} + I_{CEO}$ .

Le courant d'éclairement du phototransistor est donc le photocourant de la photodiode collecteur-base multiplié par le gain  $\beta$  du transistor. Sa réaction photosensible est donc nettement plus élevée que celle d'une photodiode (de 100 à 400 fois plus). Par contre le courant d'obscurité est plus important.

On observe une autre différence entre phototransistor et photodiode : la base du phototransistor est plus épaisse, ce qui entraîne une constante de temps plus importante et, donc une fréquence de coupure plus basse que celle des photodiodes. On peut éventuellement augmenter la fréquence de coupure en diminuant la photosensibilité en connectant la base à l'émetteur.

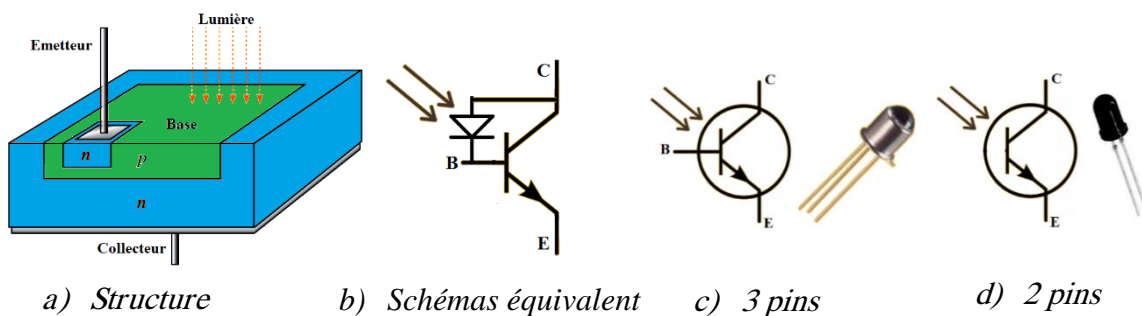


Figure I-8 : PIN photodiode. [8]

**I.5.3.5 : Optocoupleur**

Optocoupleur est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode. L'optocoupleur assure une liaison entre la LED et le phototransistor tout en assurant une isolation électrique entre les deux. Il est souvent utilisé dans la conception des alimentations à découpage (contreréaction).

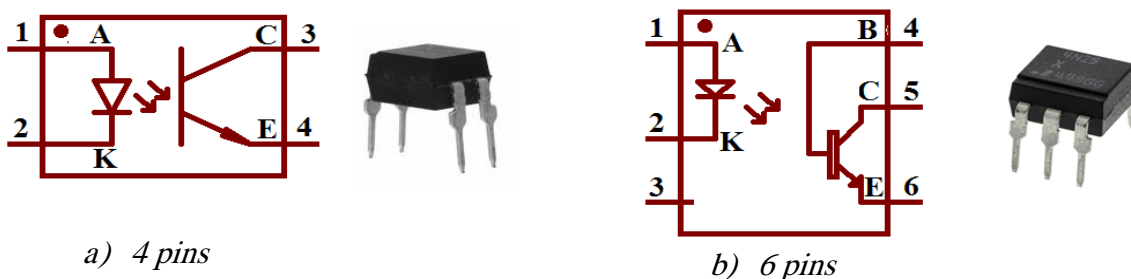


Figure I-9 : Optocoupleur

### I.5.3.6 : Récepteurs IR

Les récepteurs IR (récepteurs infrarouges) sont des dispositifs conçus pour recevoir un signal infrarouge codé et envoyer d'un autre appareil. L'émetteur transmette le code d'identifiant unique que l'autre récepteur peut décoder, comprendre et transformer en l'action souhaitée. Le signal infrarouge est invisible à l'œil humain. Pour une utilisation correcte, l'émetteur et le récepteur doivent se voir physiquement. Idéalement, ils doivent être placés sur une ligne droite mais, de la même manière que les ondes lumineuses, les ondes infrarouges peuvent être réfléchies contre les murs ou le verre.

De nombreux types de récepteurs IR sont disponibles sur le marché mais généralement, ils peuvent être classés par leurs caractéristiques, telles que :

- La tension d'alimentation
- La fréquence porteuse
- La distance de transmission
- La puissance dissipée
- Le type de boîtier

Pour choisir le récepteur adapté, il faut prendre en compte les exigences du projet. Pour certains utilisateurs, la distance de transmission n'est pas aussi importante que la consommation d'énergie, par exemple. Parmi la large gamme de récepteurs IR disponibles sur le marché, l'utilisateur doit trouver celui qui répond à tous ses besoins.



*Figure I-10 : récepteur ir 38khz*

## I.6 : Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons discuté du rayonnement électromagnétique, du concept de rayonnement infrarouge et de ses applications et son exploitation dans la vie, et décrivons certains composants de l'optoélectronique.

Ces derniers peuvent être utilisés pour générer un faisceau infrarouge d'une part et capter ce faisceau

D'autre part, la lumière doit être traduite en un signal électrique. Parce que ce signal nécessite un traitement par des circuits électroniques.

**Référence :**

[1] <https://www.techno-science.net/definition/3300.html>

[2] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Infrarouge.html>

[3] <https://www.memoireonline.com/11/13/7808/Recepteur-irpc-16-canaux.html>

[4] <https://www.memoireonline.com/11/13/7808/Recepteur-irpc-16-canaux.html>

[5] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Opto-%C3%A9lectronique>

[6] [https://fr.vikidia.org/wiki/Diode\\_%C3%A9lectroluminescente](https://fr.vikidia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente)

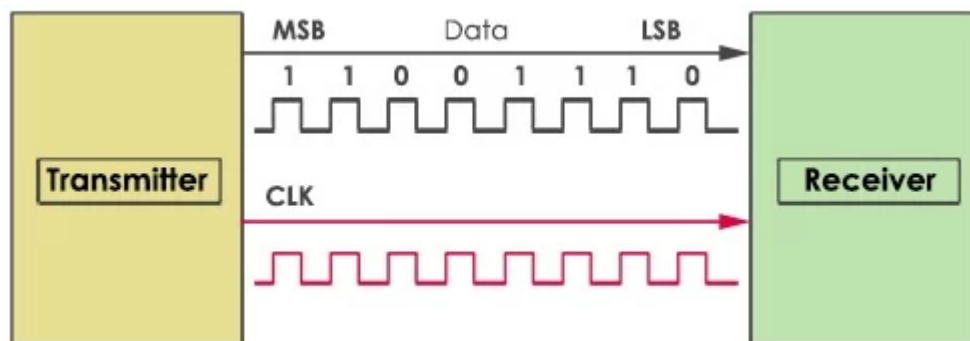
[7] <https://www.memoireonline.com/02/13/6984/Etude-et-realisation-d-un-emetteur--infrarouge.html>

[8] <https://www.techno-science.net/definition/3713.html>

**CHAPITRE II :**  
Protocoles de  
communication s rie e

## II.1 : Introduction

La communication série est une méthode couramment utilisée pour échanger des données entre des ordinateurs et des périphériques. Les transmissions séries entre l'émetteur et le récepteur sont soumises à des protocoles stricts assurant leur sécurité et leur fiabilité, ce qui explique leur longévité. De nombreux périphériques allant d'ordinateurs personnels à des appareils mobiles utilisent la communication série. Nous allons nous intéresser aux bases de ce type de communication.



*Figure II-1 : Communication série*

## II.2 : Types de communication série

La communication série est généralement réalisée à l'aide de l'un des deux principaux protocoles série. Ces protocoles supportent les transferts de données synchrone et asynchrone.

### II.2.1 : Transfert de données asynchrone

En utilisant un protocole série asynchrone, l'émetteur doit fournir un signal de synchronisation avant de pouvoir transférer des données, et ce avant chaque message à transmettre. Les caractéristiques d'un protocole asynchrone sont les suivantes :

- Aucun signal d'horloge n'est nécessaire entre l'émetteur et le récepteur du message.
- Une distance de transmission de données plus importante est supportée.
- La fiabilité est accrue avec la transmission de données asynchrone.

### II.2.2 : Transfert de données synchrone

Lorsque le protocole série synchrone est utilisé, l'émetteur et le récepteur doivent utiliser le même signal d'horloge durant le transfert de données. Parmi les autres caractéristiques de la transmission série, nous pouvons notamment noter que :



- Les protocoles synchrones supportent des débits de transfert de données plus importants.
- Le signal d'horloge doit être envoyé entre l'émetteur et le récepteur.

Une configuration maître/esclave est requise pour réaliser un transfert de données synchrone.

### II.3 : Communication filaire

Les communications filaires font référence à la transmission de données basées sur une technologie de communication filaire. On peut par exemple citer la télévision par le câble ou l'accès internet et la fibre optique.

Au contraire les technologies qui ne se reposent pas sur des câbles pour transmettre l'information (voix ou donnée) sont considérées sans fil. [9]

#### II.3.1 : Exemples de communication série filaire [10]

##### - Liaison point à point :

- **AES/EBU** : est un standard définissant une interface de transmission audio numérique
- **CoaXPress** : est un Protocole de communication asymétrique rapide. Il a été développé afin d'interfacer simplement des capteurs vidéo
- **Fibre optique** : est un fil dont l'âme, très fine, en verre ou en plastique, à la propriété de conduire la lumière et sert pour la fibroscopie, l'éclairage ou la transmission de données numériques.
- **RS-232** : est une norme standardisant une voie de communication de type série. Disponible sur presque tous les PC depuis 1981 jusqu'au milieu des années 2000, il est communément appelé le « port série »
- **Serial ATA (SATA)** : permet de connecter à une carte mère tout périphérique compatible avec cette norme (disque dur, lecteur de DVD, etc.).
- **Serial digital interface (SDI)** : est un protocole de transport ou de diffusion de différents formats de vidéo numérique.
- **UART** : pour Universal Asynchronous Receiver Transmitter, est un émetteur-récepteur asynchrone universel.

##### - Liaisons multipoints bas débit:

- **Controller Area Network(CAN)** : est un bus système série très répandu dans beaucoup d'industries, notamment l'automobile

- **PC ou IIC** : (Inter-Integrated Circuits) est un bus informatique qui a émergé de la « guerre des standards » Conçu par Philips pour les applications de domotique et d'électronique domestique, il permet de relier facilement un microprocesseur et différents circuits,
  - **RS-485** : est une norme qui définit les caractéristiques électriques de la couche physique d'une interface numérique série.
- **Liaison multipoints haut débit** :
- **Ethernet** : est un protocole de réseau local à commutation de paquets.
  - **PCI** :(Peripheral Component Interconnect) est un standard de bus local (interne) permettant de connecter des cartes d'extension sur la carte mère d'un ordinateur.
  - **Serial Peripheral Interface (SPI)** : est un bus de données série synchrone baptisé ainsi par Motorola
  - **USB** : (Universal Serial Bus ) est une norme de bus informatique en série qui sert à connecter des périphériques informatiques à un ordinateur ou à tout type d'appareil prévu à cet effet (tablette, smartphone, etc.). Le bus USB permet de connecter des périphériques " à chaud" (quand l'ordinateur est en marche) et en bénéficiant du plug and play qui reconnaît automatiquement le périphérique. Il peut alimenter les périphériques peu gourmands en énergie (clé USB, disques SSD)

#### II.4 : Communication sans fil

Mode de transmission par ondes radio des données ou des informations sur la base de moyens électroniques et informatiques entre plusieurs appareils informatiques (ordinateur, téléphone, routeur, smartphone, imprimantes...). A l'inverse, la transmission filaire et la transmission par fibre optique nécessitent un câblage, respectivement par câbles coaxiaux, ou par connexion de fibres optiques entre elles.

Trois modes de transmission sans fil sont répertoriés actuellement :

- Le mode WiFi,
- La technologie Bluetooth,
- La technologie par infra-rouge

La transmission filaire des informations en (serie) est universelle, mais elle souffre d'une contrainte parfois rédhibitoire : la présence des câbles de liaison, leur pose peut nécessiter des travaux.

Parfois lourds, et il est alors heureux de pouvoir faire appel à des solutions "sans fil", beaucoup plus souples d'utilisation.

#### **II.4.1 : Transmission infrarouge**

Nous sommes ici dans le domaine réservé des télécommandes de tous poils ! Télécommandes d'appareils audiovisuels grand public en premier lieu (télévision, chaîne hifi, DVD...)

On peut aussi y trouve des télécommandes à usage domotique (porte de garage , éclairage .....), ou encore pour véhiculer un son dans les casques infrarouges, L'infrarouge (fabriqué) est émis par une diode infrarouge ,composant électronique acceptant une tension d'environ 1.5 V à ses bornes , et qui transforme un signal électrique en une lumière ayant un spectre de longueur d'onde invisible à l'œil nu et situant au-dessus du rouge , dit infrarouge (800\_1000nm ). L'inconvénient de l'infrarouge est sa propagation :

Si en intérieur le rayon peut se réfléchir sur les murs, en extérieur il faut viser le récepteur pour ne pas avoir d'erreur de transmission de l'ordre. Bien que modulé entre 30 et 40 kHz, celui-ci peut être perturbé par les néons, les lampes à économie d'énergie ou les rayons du soleil, et ne fonctionne que sur quelques mètres (une dizaine tout au plus).Aucun obstacle ne doit figurer alors sur le trajet.

#### **II.4.2 : La transmission par ondes radio**

La transmission par ondes radio ne diffère guère de la transmission infra-rouge, à ce détail près que ce n'est plus un clignotement de lumière qui est émis, mais la modulation d'une onde dite " porteuse " par le signal à émettre.

Ce mode de transmission permet de s'affranchir de la directivité de l'émission infrarouge : Il n'est plus nécessaire de (viser) le récepteur ; De même, les distances couvertes sont nettement plus grandes avec une transmission radio (parfois plusieurs centaines de mètres), et les obstacles, s'ils atténuent le signal plus ou moins selon leur Nature, ne le suppriment pas totalement !

**II.4.3 : Exemples d'utilisation :**

Centrale domotique GSM



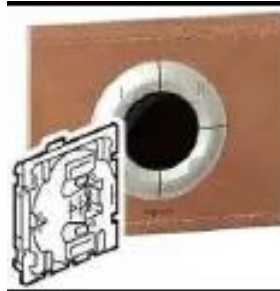
Modem Wifi industrie



Adaptateur USB / Bluetooth



Module Zigbee



Interrupteur sans fil Zigbee

*FigureII-2 : Exemples d'utilisation de Communication sans fil***II.4.4 : Avantages de la communication sans fil**

- Toutes les données ou informations peuvent être transmises plus rapidement et à grande vitesse
- La maintenance et l'installation sont moins coûteuses pour ces réseaux.
- Internet est accessible sans fil depuis n'importe où
- C'est très utile pour les travailleurs, les médecins travaillant dans des régions éloignées car ils peuvent être en contact avec des centres médicaux.

**II.4.5 : Inconvénients de la communication sans fil**

- Une personne non autorisée peut facilement capturer les signaux sans fil qui se propagent dans l'air.
- Il est très important de sécuriser le réseau sans fil afin que les informations ne puissent pas être utilisées à mauvais escient par des utilisateurs non autorisés

**II.4.6 : Applications de la communication sans fil :**

Les applications de la communication sans fil comprennent les systèmes de sécurité, la télécommande de la télévision, le Wi-Fi, les téléphones portables, le transfert d'alimentation

sans fil, les dispositifs d'interface informatique et divers projets basés sur la communication sans fil.

## **II.5 : Protocole de communication**

Un protocole de communication est un ensemble de règles et de codes de langage qui définissent comment se déroule la communication entre un émetteur et un récepteur.

### **II.5.1 : Rôle d'un Protocole de communication**

Pour qu'un bâtiment intelligent puisse fonctionner, il faut que tous les sous-systèmes puissent communiquer entre eux et se comprennent. Pour se faire, il faut un réseau physique (des câbles) ou sans fil (émetteur, ondes, récepteur) pour acheminer l'information mais il faut aussi que ces informations soient émises dans un langage bien codifié pour qu'elles puissent être reçues et interprétées par les autres appareils du réseau.

Le rôle du protocole est donc de régir la manière dont l'émetteur et le récepteur vont échanger des informations et donner une signification commune aux données brutes qu'ils s'échangent.

### **II.5.2 : Fonctionnement général**

Les systèmes doivent donc parler un langage commun mais aussi connaître quelques codes simples d'émission et de réception des données. C'est par l'utilisation d'un protocole que l'on cadre et définit cela. En plus d'un langage commun, le protocole fixe notamment :

- La manière d'indiquer qu'un appareil est prêt à recevoir de l'information,
- Le contexte de la communication (update, action à réaliser, demande d'un état, ...)
- La façon de s'assurer que le message a bien été reçu et compris,
- Les procédures en cas d'anomalies ou de ruptures de la communication,
- La procédure de fin de communication.

Pour expliquer le fonctionnement, l'analogie de l'appel téléphonique est souvent utilisée car là aussi, un protocole codifie la communication et permet la compréhension mutuelle :

- Le récepteur indique qu'il est prêt à recevoir (le récepteur décroche et dit " Allô " ) ;
- L'émetteur situe la communication dans son contexte (" Je suis Sergio. Je t'appelle pour la raison suivante ... " ) ;
- Par exemple, l'émetteur commande une action et identifie un éventuel destinataire final (" Peux-tu prévenir la Reine Mathilde que ... " ) ;

- Le récepteur s'assure d'avoir bien compris le message ("Peux-tu me répéter le nom ? ") ;
- Les procédures en cas d'erreur sont mises en place ("Je te rappelle si je n'arrive pas à la joindre.") ;
- Les parties se mettent d'accord sur la fin de la communication ("Au revoir.").

Mais la communication ci-dessus a aussi implicitement enclenché d'autres actions avec d'autres protocoles : une autre couche de communication :

- Quand l'interlocuteur de Sergio prévient la Reine Mathilde, celui-ci utilisera un autre protocole de communication, adapté à sa réceptrice couronnée.
- Aussi, avant même de dire "Allô", les téléphones ont dû communiquer entre eux (tonalité, sonnerie, ...) pour ouvrir la ligne selon un protocole qui leur est propre.

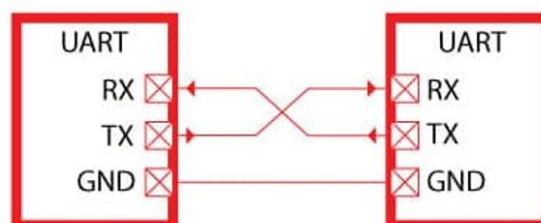
Au final, ce sont autant de protocoles, parfois différents, superposés ou en chaînes qui peuvent être utilisés dans la cadre d'une simple requête.

Pour faire le lien entre deux protocoles différents, l'utilisation de ponts ou passerelles est nécessaire. [11]

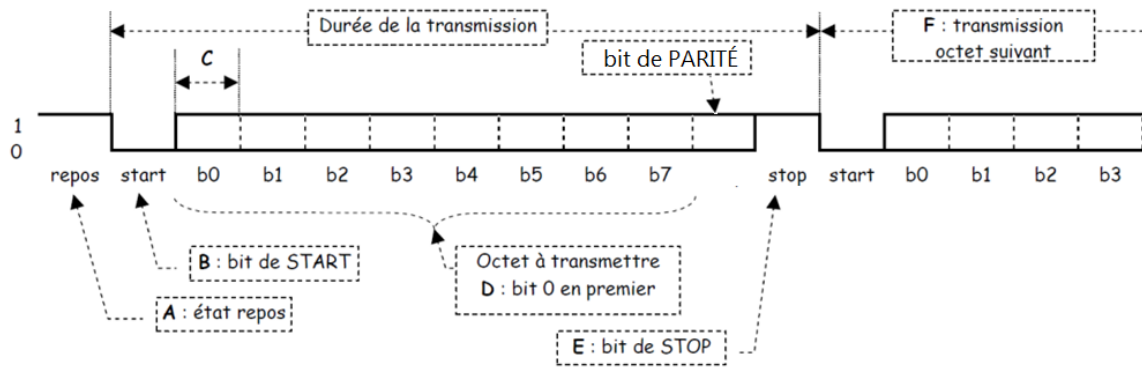
## II.6 : Exemple de protocoles de communication série filaire (Le protocole UART)

Un **UART**, pour *Universal Asynchronous Receiver Transmitter*, est un émetteur-récepteur asynchrone universel. Il a aussi été parfois désigné sous le nom de ACIA, pour Asynchronous Communication Interface Adapter (ce nom étant à présent tombé en désuétude).

En langage courant, c'est le composant utilisé pour faire la liaison entre l'ordinateur et le port série (ancien ordinateur). L'ordinateur (ancien ordinateur) envoie les données en parallèle (autant de fils que de bits de données). Il faut donc transformer ces données pour les faire passer à travers une liaison série qui utilise un seul fil pour faire passer tous les bits de données.



**Figure II-3 :** Connectons nécessaires pour une communication UART



*Figure II-4 : Chronogramme d'une communication UART*

**Bit de START :** le front descendant indique le début de la trame ce qui doit permettre au récepteur de se synchroniser

**Bits de DONNÉES** dont le nombre varie normalement entre 5 et 8, en fonction du codage du caractère (ASCII, ...)

**Bit de PARITÉ (facultatif) :** bit généré lors de l'émission et testé lors de la réception pour détecter une erreur de transmission. La parité est paire (even) lorsque le nombre de bits (donnée + parité) est pair. La parité est impaire (odd) lorsque le nombre de bits (donnée + parité) est impair

**Bit(s) de STOP :** durée (1, 1.5 ou 2 bit-time) inter-trame pour dissocier la fin d'émission du caractère courant du début du caractère suivant (bit de start).

## II.7 : Protocoles de télécommande infrarouge

La technologie infrarouge utilise un protocole de transmission de données sans fil pour contrôler et faire fonctionner de nombreux appareils. Cependant, les dispositifs infrarouges compatibles, tels que les téléphones ou les ordinateurs portables, ne peuvent pas échanger des données s'il y a un obstacle entre les deux. Par contraste avec le protocole de fréquence radio, les technologies infrarouges sont mieux adaptées pour des canaux de communication à courte portée. Le protocole infrarouge est basé sur la diode émettrice de lumière qui produit une lumière invisible à l'œil humain. Parce que la communication infrarouge nécessite la ligne de mire, le risque que quelqu'un intentionnellement peut obtenir l'information transmise est réduit.

## II.8 : Exemples de protocoles de télécommande infrarouge

Il existe des centaines de protocoles infrarouges dans le monde, mais la plupart d'entre eux ne sont que des variantes de fréquence ou légèrement de format. (Aiwa, Bose Wave, Deno,

Plat, JVC, Lego, LG, Magi Quest, Mitsubishi, NEC, Panasonic, Philips RC5, Philips RC6, Samsung, Sanyo, Pointu, Sony, Whynter,...)

### II.8.1 : Le protocole Manchester (RC5)

Code infrarouge RC5 est couramment utilisé protocole de communication de données. RC5 dispose de 32 adresses différentes avec 64 instructions sur chaque adresse pour un total de 2048 instructions différentes. Chaque appareil utilise sa propre adresse qui permet de contrôler plusieurs appareils avec une seule télécommande, par exemple, vous pouvez modifier le volume du téléviseur sans modifier le volume de votre Salut-Fi. Le code infrarouge, envoyé au récepteur, se compose de 14 bits.

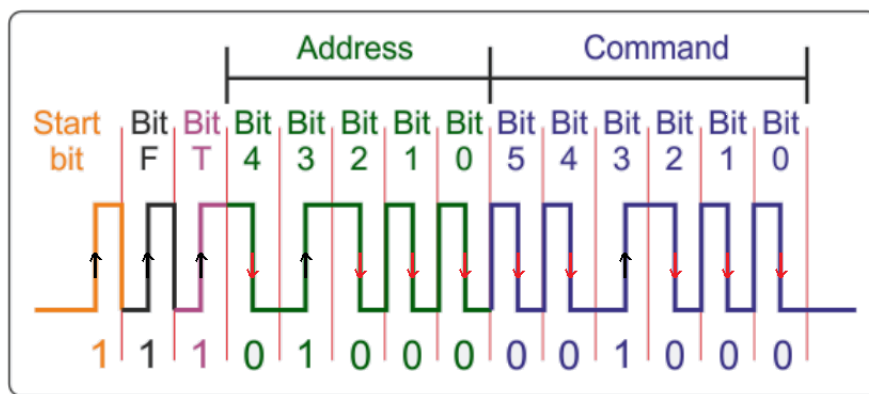


Figure II-5 : trame de données du protocole RC5

### II.8.2 : Le protocole flash (ITT)

Le protocole infrarouge ITT n'utilise une fréquence porteuse modulée pour transmettre des commandes. Ce protocole est un ancien protocole qui envoie des messages avec 14 impulsions. L'avantage de ce protocole est la fiabilité et le fait qu'elle consomme peu d'énergie. Cependant, ITT peut déclencher de fausses commandes. Le code infrarouge à l'adresse de 4 bits et la longueur de commande de 6 bits.

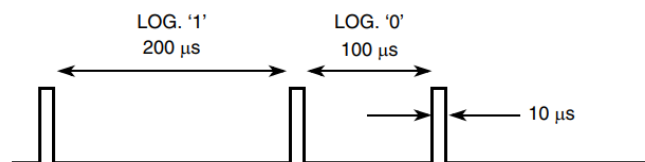


Figure II-6 : codage du "0" et du "1" par le protocole ITT

### II.8.3 : Le protocole Association de données infrarouge (IrDA)

Infrared Data Association est le protocole infrarouge le plus répandu. Il est construit dans les téléphones mobiles, ordinateurs portables, imprimantes et assistants numériques personnels.



IrDA se compose de trois protocoles obligatoires : IrPHY (physiques), IrLAP (lien d'accès) et IrLMP (Link Management). Il existe quatre types de liaisons infrarouges pour soutenir différentes vitesses de transmission de données : Serial Infrared prend en charge la transmission jusqu'à 115,2 Kbps, moyen infrarouge prend en charge 0.576 Mbps, infrarouge rapide prend en charge 4,0 Mbps et très rapide infrarouge envoie des données jusqu'à 14,0 Mbps.

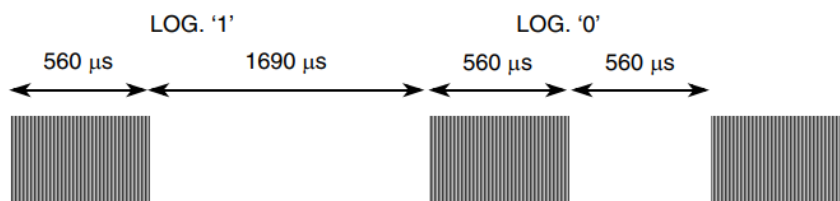
**II.8.4 : Protocole de distance d'impulsion (NEC)**

Le protocole de distance d'impulsion est souvent utilisé par les entreprises japonaises (NEC et autres). Il utilise un codage de distance d'impulsion et une modulation d'amplitude. La partie utile des données se compose d'une adresse de 8 bits et d'une commande de 8 bits, les deux sont envoyées deux fois pour plus de fiabilité. La deuxième transmission d'adresse et de commande est complémentaire, donc la longueur totale de la trame est constante. Les données sont précédées d'une impulsion de train, d'une largeur de 9 ms et d'un espace de 4,5 ms. Les données sont finalisées par une impulsion de fin de 560 us,

Le "1" logique est indiqué par une période de signal de 560 us suivie d'une période d'espace de 1690 us (durée de 2.25ms)

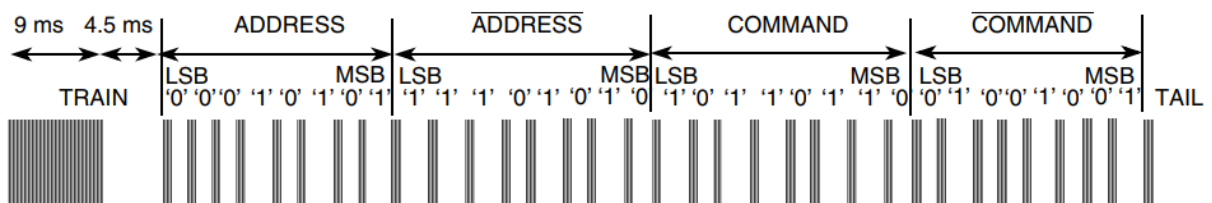
Le "0" logique est indiqué comme une période de signal de 560 s suivie d'une période d'espace de 560 us (durée de 1.125ms)

La fréquence porteuse est de 38 kHz.



*Figure II-7 : codage du "0" et du "1" par le protocole NEC*

Une structure globale de la trame de données est illustrée à la FigureII-8



*Figure II-8 : trame de données du protocole NEC*

Cette trame est constituée ainsi de :

- Un code de démarrage, composé d'une impulsion de 9 ms suivie d'une pause de 4,5 ms  
(Cette longue impulsion permettait aux anciens récepteurs IR de régler leur gain)

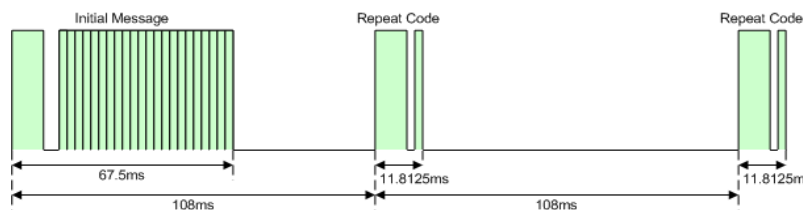
- Les octets d'adresse et de commande dont les bits sont codés par distance d'impulsion  
Les octets sont transmis en mode LSB First : bit de poids faible en premier.

- Chaque octet (l'adresse et la commande) est transmis deux fois (on parle de redondance) : une fois " normalement ", et une fois avec tous les bits inversés. (cette technique permet d'augmenter la fiabilité de la transmission)

**Répétition de commande NEC**

Une commande n'est transmise qu'une seule fois, même si la touche de la télécommande reste enfoncée.

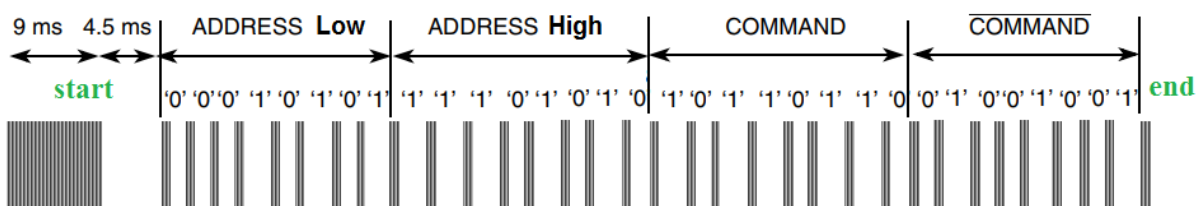
Toutes les 110 ms, un code de répétition est transmis tant que la touche reste enfoncée. Ce code de répétition est simplement une impulsion de 9 ms suivie d'un espace de 2,25 ms et d'une nouvelle impulsion de 560 µs.



*Figure II-9 : trame de données du protocole NEC avec code de répétition*

**II.9.4 : Protocole NEC étendu**

Le protocole NEC est si largement utilisé que toutes les adresses possibles ont rapidement été épuisées. En sacrifiant la redondance des adresses, la plage d'adresses a été étendue de 256 valeurs possibles (8 bits) à environ 65 000 valeurs différentes (16 bits)



*Figure II-10 : trame de données du protocole NEC étendu*

**II.10 : Conclusion**

La communication série est un concept essentiel s'appliquant à de nombreux domaines pour les systèmes électroniques et intégrés. Un protocole série adapté doit être sélectionné pour les applications afin d'assurer un débit adéquat lorsque deux appareils partagent le même bus.

Nous avons illustré dans ce chapitre quelques protocoles de communication série, dans le chapitre suivant nous allons réaliser un système à microcontrôleur capable de lire le trame de données émis par une télécommande IR qui utilise le protocole NEC. [12]

**Référence :**

[9] <https://pixees.fr/communication-filaire/>

[10] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_s%C3%A9rie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transmission_s%C3%A9rie)

[11] <https://energieplus-lesite.be/techniques/numerique/protocole-de-communication/>

[12] <https://www.wjhsathletics.com/protocoles-de-telecommande-infrarouge.html>

**Chapitre III :**  
Simulation et  
réalisation d'un  
récepteur infra-rouge  
(protocole NEC)

### I.1 : Introduction

Notre objectif dans ce chapitre est la simulation et la réalisation d'un récepteur à base d'un microcontrôleur pic 12f675 capable de décoder le signale infrarouge émet par une télécommande "Condor" qui utilise le protocole NEC détaillé au 2eme chapitre, et de faire une action lie à la commande contenue dans se signale (allumage d'une certaine LED).



Bouton	Adresse1	Adresse2	Commande	commande
0	064	064	000	255
1	064	064	001	254
2	064	064	002	253
3	064	064	003	252
4	064	064	004	251
5	064	064	005	250
6	064	064	006	249
7	064	064	007	248
8	064	064	008	247
9	064	064	009	246
power	064	064	010	245
Mut	064	064	012	243
tv-stb	064	064	015	240
vol +	064	064	021	234
vol -	064	064	028	227
ch +	064	064	031	224
ch -	064	064	030	225
Ok	064	064	013	242
->	064	064	017	238
<-	064	064	016	239
Up	064	064	011	244
Dow	064	064	014	241
Roug	064	064	022	233
Vers	064	064	023	232
Jaune	064	064	026	231
Bleu	064	064	025	230

Figure III-1 : La télécommande utilisée et ces codes.

Donc dans ce chapitre, nous allons représenter les différents composants (pic 12f675, TSOP18xx...), le logiciel de simulation (proteus), le logiciel de programmation du pic (mikrC for PIC), le kit de programmation (PICKit2), et la méthode de réalisation du PCB.

### II. 2 : Cahier de charge

Allumer/étendre la led<sub>1</sub> si le bouton "1" de la télécommande est enfoncé

Allumer/étendre la led<sub>2</sub> si le bouton "2" de la télécommande est enfoncé

Allumer/éteindre la led<sub>3</sub> si le bouton "3" de la télécommande est enfoncé

Allumer/éteindre la led<sub>4</sub> si le bouton "4" de la télécommande est enfoncé

Allumer/éteindre la led<sub>5</sub> si le bouton "5" de la télécommande est enfoncé

### III.3 : Les composants utilisés

#### III.3.1 : le récepteur TSOP18xx

Les séries TSOP18... – sont des récepteurs miniaturisés pour systèmes de télécommande infrarouge. Diode PIN, préamplificateur filtre (38khz, 36khz...) sont assemblés sur cadre de plomb, l'époxy le paquet est conçu comme filtre IR.

Le signal de sortie démodulé peut être directement décodé par un microcontrôleur. Le principal avantage est la fonction fiable même dans un environnement perturbé et la protection contre les impulsions de sortie incontrôlées.

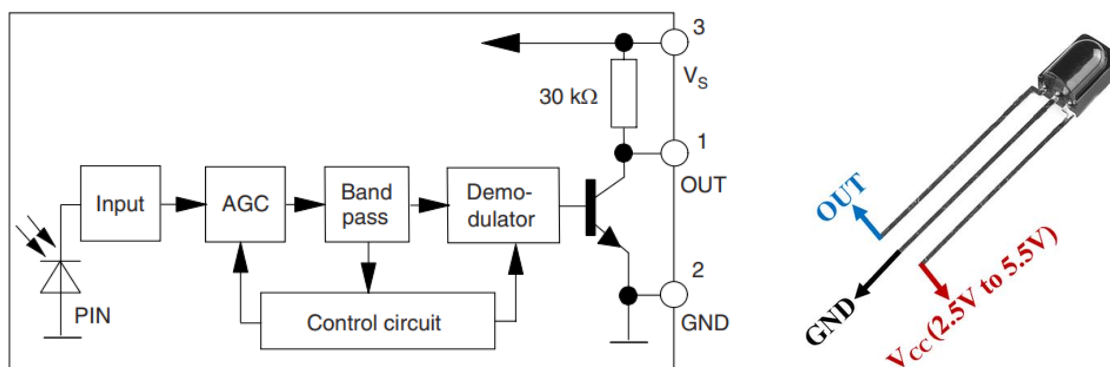


Figure III-2 : Le récepteur TSOP38.

#### III.3.2 : les microcontrôleurs

Le *Microcontrôleur* (en notation abrégée  $\mu\text{c}$ ) est un Circuit programmable capable d'exécuter un programme et qui possède des circuits d'interface intégrés avec le monde extérieur.

Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, les jouets, la téléphonie mobile, etc.

##### III.3.2.1 : Les avantages des microcontrôleurs

- Diminution de l'encombrement du matériel et du circuit imprimé.
- Simplification du tracé du circuit imprimé (plus besoin de tracer de bus !).
- Augmentation de la fiabilité du système

- Intégration en technologie MOS, CMOS, ou HCMOS.
- diminution de la consommation.
- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux:
  - moins cher que les composants qu'il remplace.
  - Diminution des coûts de main d'œuvre (conception et montage).
- Environnement de programmation et de simulation évolués.

### **III.2.2.2 : Les défauts des microcontrôleurs**

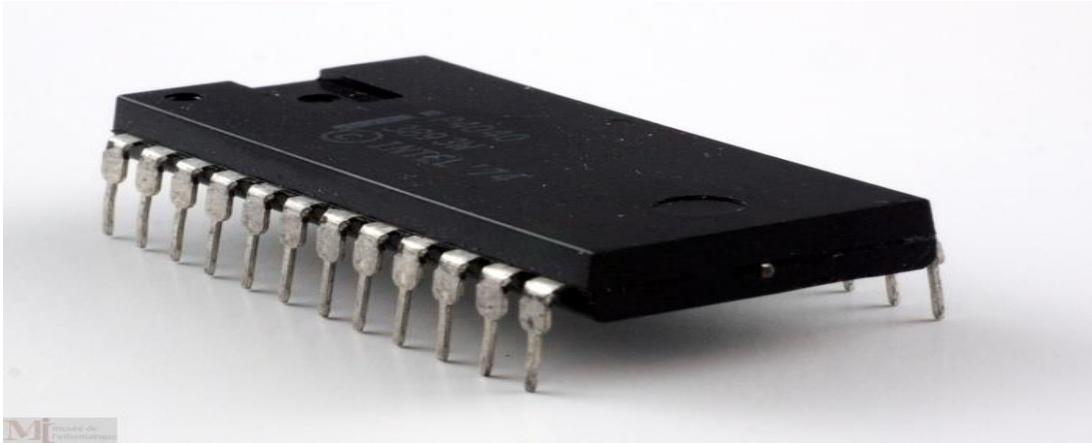
- le microcontrôleur est souvent surdimensionné devant les besoins de l'application.
- Investissement dans les outils de développement.
- Écrire les programmes, les tester et tester leur mise en place sur le matériel qui entoure le microcontrôleur.
- Incompatibilité possible des outils de développement pour des microcontrôleurs de même marque.
- Les microcontrôleurs les plus intégrés et les moins coûteux sont ceux disposant de ROM programmables par masque.

### **III.3.3 : Composants intégrés dans un microcontrôleur**

Un microcontrôleur intègre sur un unique die :

- un processeur (CPU), avec une largeur du chemin de données allant de 4 bits pour les modèles les plus basiques à 32 ou 64 bits pour les modèles les plus évolués ;
- de la mémoire vive (RAM) pour stocker les données et variables ;
- de la mémoire morte (ROM) pour stocker le programme. Différentes technologies peuvent être employées : EPROM, EEPROM, mémoire flash (la plus récente) ;
- souvent un oscillateur pour le cadencement. Il peut être réalisé avec un quartz, un circuit LC ou encore une PLL ;
- des périphériques, capables d'effectuer des tâches spécifiques. On peut mentionner entre autres :
- les convertisseurs analogiques-numériques (CAN) (donnent un nombre binaire à partir d'une tension électrique),
- les convertisseurs numériques-analogiques (CNA) (effectuent l'opération inverse),

- les générateurs de signaux à modulation de largeur d'impulsion (MLI, ou en anglais, PWM pour *Pulse Width Modulation*),
- les timers/compteurs (compteurs d'impulsions d'horloge interne ou d'événements externes),
- les chiens de garde (watchdog),
- les comparateurs (comparent deux tensions électriques),
- les contrôleurs de bus de communication (UART, I<sup>2</sup>C, SSP, CAN, FlexRay, USB, etc.).



**Figure III-3 :** *Un microcontrôleur 24 PIN.*

### **III.3.4 : Familles de microcontrôleurs**

- la famille Atmel AT91 ;
- les familles ARM Cortex-M et ARM Cortex-R
- la famille Atmel AVR (utilisée par des cartes Wiring et Arduino) ;
- le C167 de Siemens/Infineon ;
- la famille des Infineon AURIX TC3x, Infineon AURIX TC2x, Infineon TriCore TC1x, Infineon XMC, XC2000 de Infineon Technologies ;
- la famille Hitachi H8 ;
- la famille Intel 8051, qui ne cesse de grandir ; de plus, certains processeurs récents utilisent un cœur 8051, qui est complété par divers périphériques (ports d'E/S, compteurs/temporisateurs, convertisseurs A/N et N/A, chien de garde, superviseur de tension, etc.) ;
- l'Intel 8085, à l'origine conçu pour être un microprocesseur, a en pratique souvent été utilisé en tant que microcontrôleur ;



- le Freescale 68HC11 ;
- la famille Freescale 68HC08 ;
- la famille Freescale 68HC12 ;
- la famille Freescale Qorivva MPC5XXX ;
- la famille des PIC de Microchip ;
- la famille des dsPIC de Microchip ;
- la famille ADuC d'Analog Devices ;
- la famille PICBASIC de Comfile Technology;
- la famille MSP430 de Texas Instruments ;
- la famille 8080, dont les héritiers sont le microprocesseur Zilog Z80 (désormais utilisé en tant que contrôleur dans l'embarqué) et le microcontrôleur Rabbit ;
- la famille PSoC de Cypress Semiconductor ;
- la famille LPC21xx ARM7-TDMI de Philips ;
- la famille V800 de NEC ;
- la famille K0 de NEC;
- la famille des ST6, ST7, ST10, STR7, STR9, de STMicroelectronics ;
- la famille STM32 de STMicroelectronics;
- la famille STM8 de STMicroelectronics. [1]

#### **III.4 : Le PIC 12f675**

Le pic 12f675 est un pic de 8pins qui a les caractéristiques suivants:

- Mémoire de programme de 1,75
- Une mémoire de données RAM de 64 octets
- EEPROM de 128 octets.
- Oscillateur RC intégré (4Mhz) avec précision de  $\pm 1$  %.
- 35 instructions
- Oscillateur interne 4 MHz
- 6 broches d'E/S
- Un comparateur

- Un convertisseur analogique-numérique (ADC) 10 bits 4 canaux
- Un timer de 8 bits
- Un timer de 16 bits
- Programmation série intégrée (ICSP)

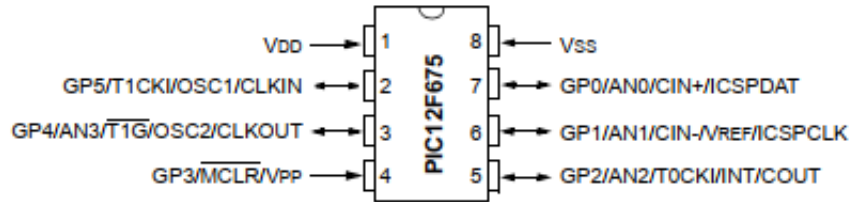


Figure III-4 : brochage du pic 12f675.

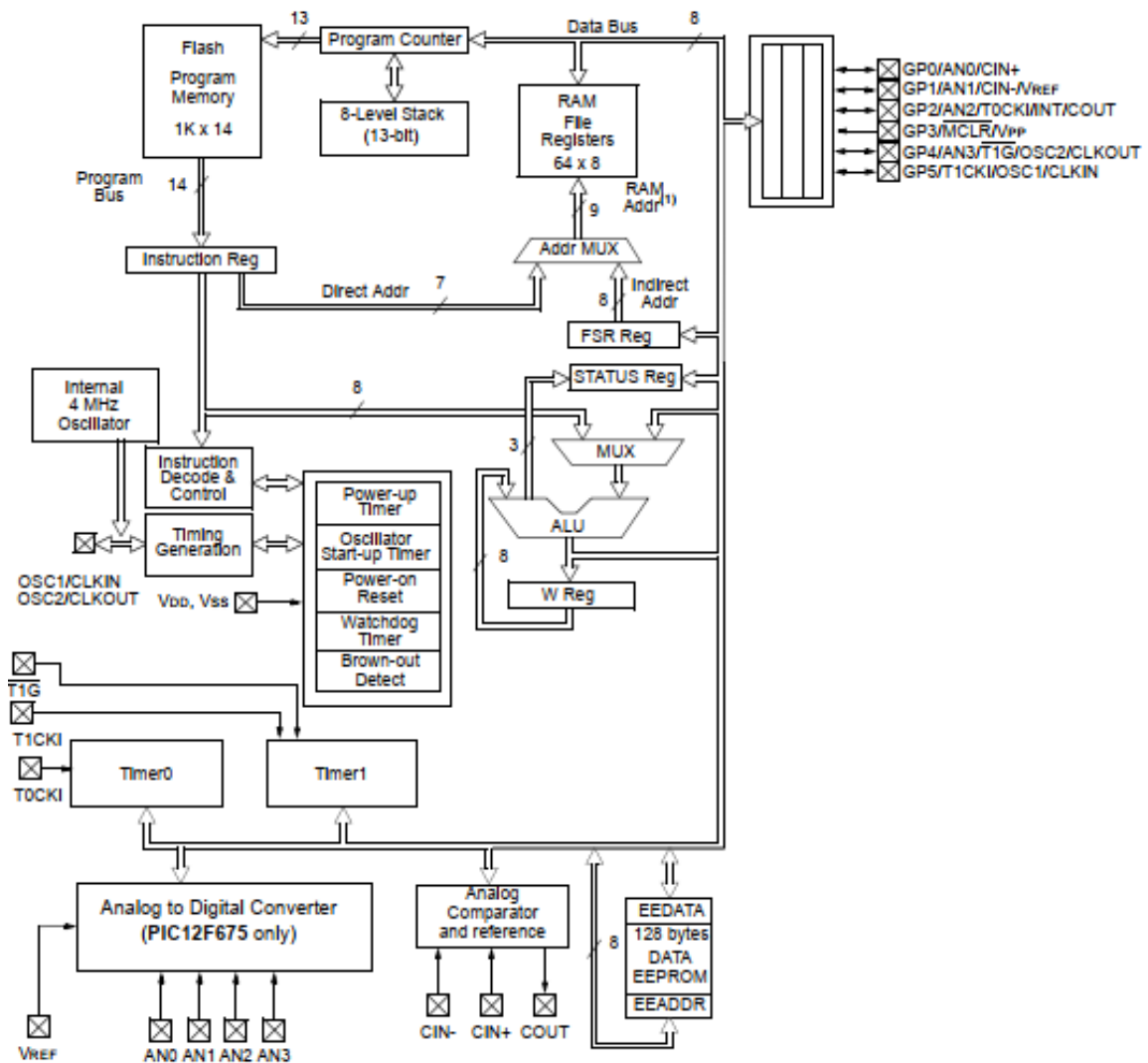


Figure III-5: Schémas Blok du pic 12f675.

## **II.5 : Le logiciel de programmation des pics mikroC for PIC**

LANGAGE ET COMPILATEUR mikroC POUR PIC Le langage mikroC pour PIC a trouvé une large application pour le développement de systèmes embarqués sur la base de microcontrôleur. Il assure une combinaison de l'environnement de programmation avancée IDE (Integrated Development Environment ) , et d'un vaste ensemble de bibliothèques pour le matériel, de la documentation complète et d'un grand nombre des exemples. Le compilateur mikroC pour PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie sans faille. Ses très nombreux outils intégrés (mode simulateur, terminal de communication Ethernet, terminal de communication USB, gestionnaire pour afficheurs 7 segments, analyseur statistique, correcteur d'erreur, explorateur de code, mode Débug ICD...) associé à sa capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie (Bus I2C, 1Wire, SPI, RS485, Bus CAN, USB, gestion de cartes compact Flash et SD/MMC, génération de signaux PWM, afficheurs LCD alphanumériques et graphiques, afficheurs LEDs à 7 segments, etc...) en font un outil de développement incontournable pour les systèmes embarqués, sans aucun compromis entre la performance et la facilité de débogage.

## **II.6 : Le simulateur proteus**

### **II.6.1 : Présentation générale**

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : ISIS, ARES, PROSPICE et VSM.

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

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

### **III.6.2 : ISIS (schematic Capture)**

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler

certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

### III.6.3 : ARES (PCB Layout)

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui fonctionne parfaitement avec ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. [2]

### III.7 : Simulation de circuit électrique

La figure suivante représente le schéma de simulation de notre projet.

Nous avons utilisé un microcontrôleur PIC16F628A afin de simuler la télécommande.

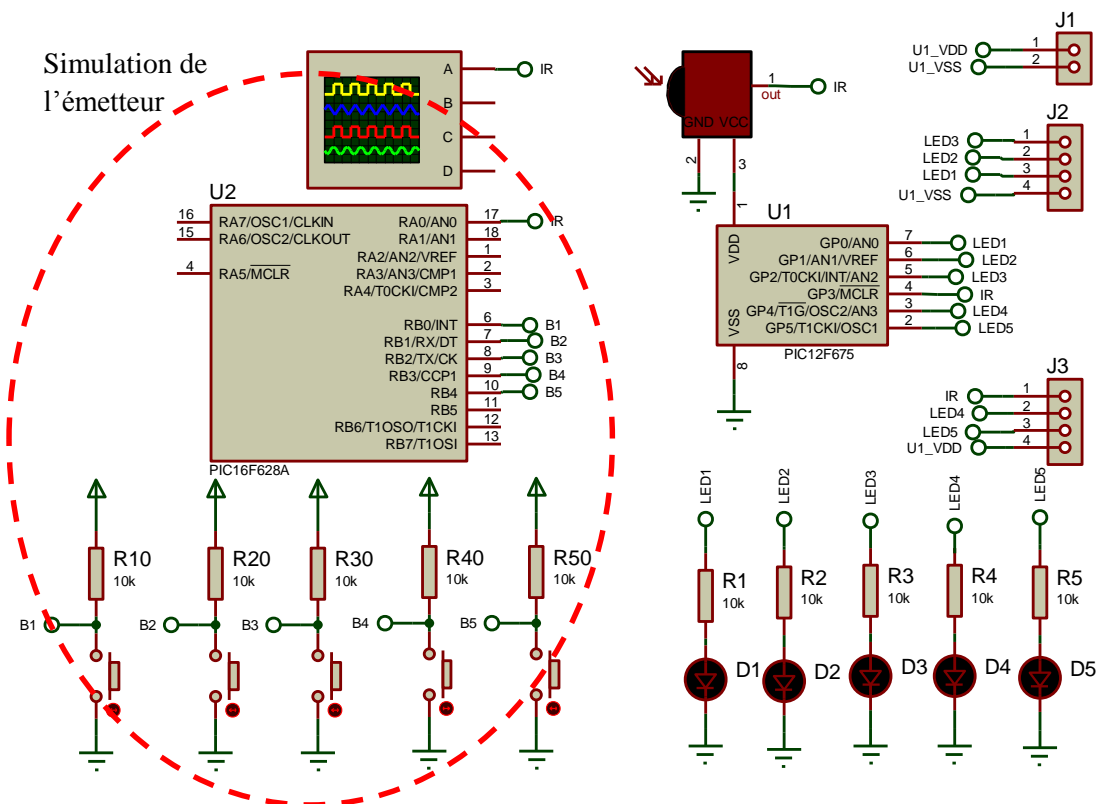


Figure III-6 : Simulation du récepteur IR par ISIS (schematic Capture).

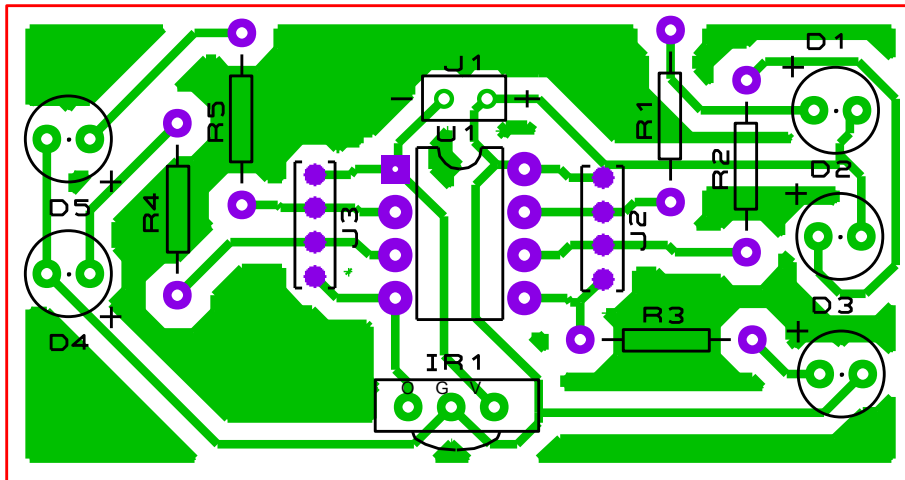


Figure III-7 : circuit imprimé obtenu par ARES (PCB Layout).

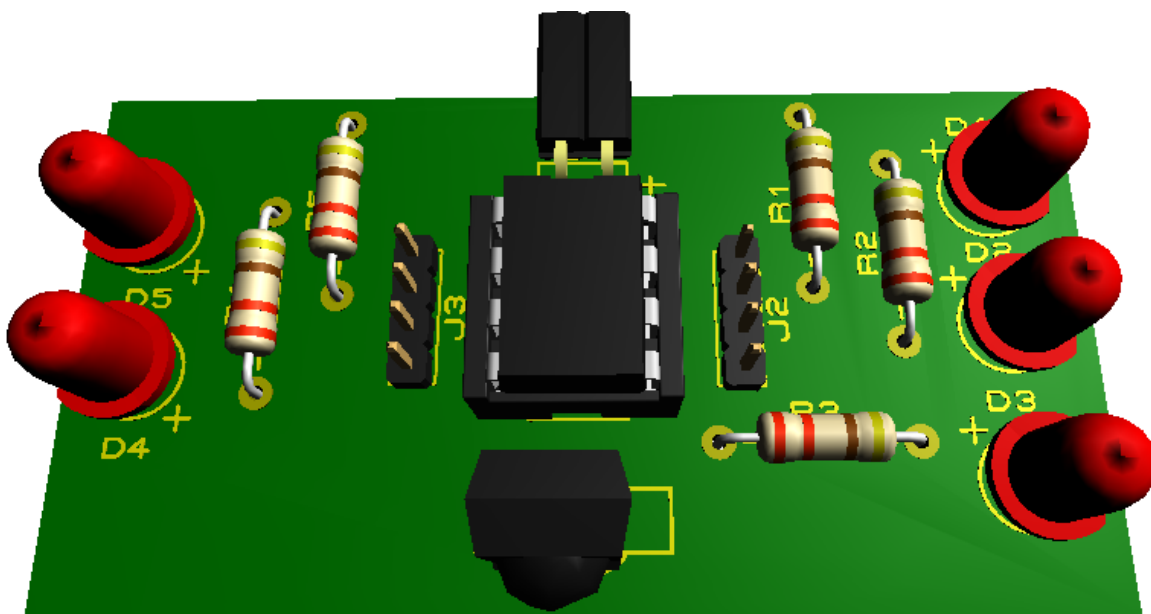


Figure III-8: visualisation 3D du montage par 3D Visualizer (vue de dessus).

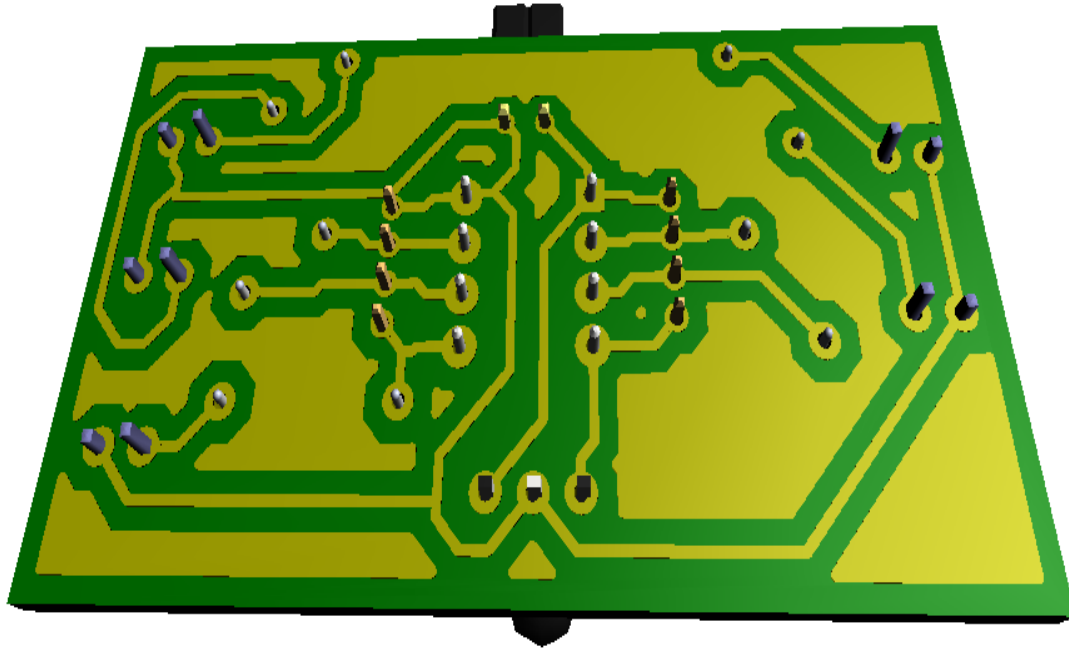


Figure III-9 : visualisation 3D du montage par 3D Visualizer (vue de dessous).

### III.8 : Le programme du pic

```
#define ir GPIO.F3
#define led1 GPIO.F0
#define led2 GPIO.F1
#define led3 GPIO.F2
#define led4 GPIO.F4
#define led5 GPIO.F5
void main()
{
char i,j,res,add1,add2,com1,com2;
TRISIO=0B00000000;
GPIO =0B00000000;
ANSEL =0B00000000;
CMCON =0B11111111;
//=====
wite:
i=0;
while(ir==1){}
//=====
while(ir==0){delay_us(100);i++;}
if (i>70) {i=0;} else {goto wite;}
//=====
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>35) {i=0;} else {goto wite;}
//=====res=====
for(j=1;j<5;j++)
{
while(ir==0){}
```

```

while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B0=1;i=0;}else {res.B0=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B1=1;i=0;} else {res.B1=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B2=1;i=0;}else {res.B2=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B3=1;i=0;}else {res.B3=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B4=1;i=0;}else {res.B4=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B5=1;i=0;}else {res.B5=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B6=1;i=0;}else {res.B6=0;i=0;}

while(ir==0){ }
while(ir==1){delay_us(100);i++;}
if (i>10) {res.B7=1;i=0;}else {res.B7=0;i=0;}

switch (j)
{
  case 1:add1=res;break;
  case 2:add2=res;break;
  case 3:com1=res;break;
  case 4:com2=res;break;
}
}
//=====
if (add1==64&&add1==~add2&&com1==~com2)
{
  switch (com1)
  {
    case 1:led1=~led1;break;
    case 2:led2=~led2;break;
    case 3:led3=~led3;break;
    case 4:led4=~led4;break;
    case 5:led5=~led5;break;
  }
}

```

```
case 3:GPIO=255;break;
case 4:GPIO=2554;break;
case 5:GPIO=~GPIO;break;
}
}
goto wite;
}
```

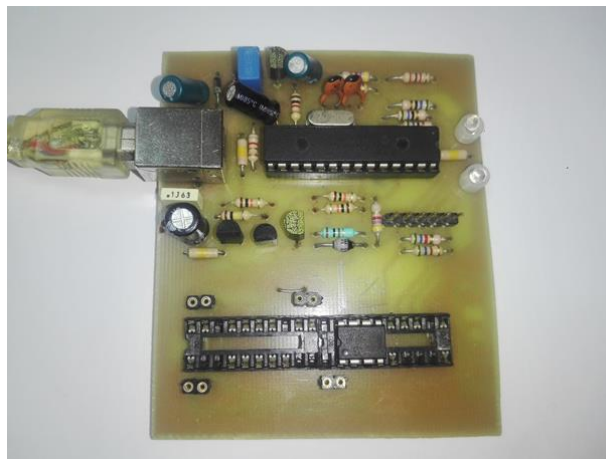
### III.9 : Le kit de programmation pickit2

#### Installation et utilisation de Pickit2 :

chercher Pickit2 sur le site de Microchip .

Trouver un Pickit 2 V2.50 download (ou version ultérieure). On trouve parfois le document word ci-dessous avec entre autre le lien vers le firmware .

A la fin de l'installation, le PC doit signaler qu'il a reconnu le PicKit2, s'il est connecté. Charger votre programme préparé avec le compilateur qui génère un format Hex compatible (Import). Avant de programmer avec la case « Write », vérifier que le code est apparemment aux bonnes adresses. [3]



*Figure III-10: Pickit2 (hardware)*



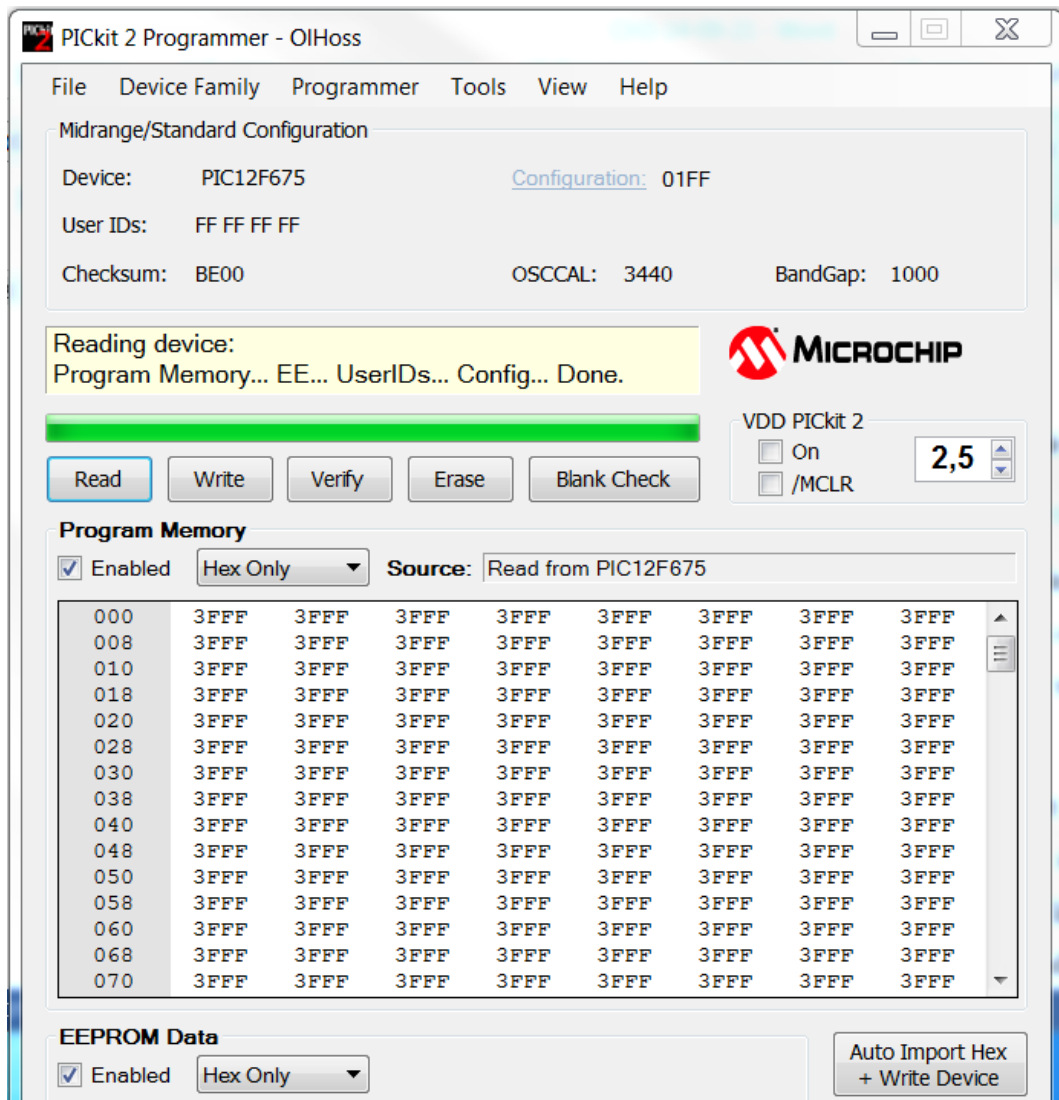


Figure III-11: PICkit2 (software)

### III.10 : Procédures de la méthode de la réalisation du circuit imprimé (PCB)

#### III.10.1 : Choisissez une méthode pour créer votre carte électronique

Généralement, vous prendrez votre décision en tenant compte de la disponibilité des matériaux requis par le procédé de fabrication, des difficultés techniques et de la qualité de la carte que vous souhaitez réaliser. Pour vous aider à faire votre choix, voici un résumé des différents procédés et de leurs caractéristiques principales.

- *La gravure chimique.* Cette méthode est relativement longue et demande la mise en œuvre de conditions rigoureuses de sécurité. De plus, vous devrez disposer des matériaux nécessaires comme le réactif d'attaque. La qualité de la carte obtenue varie selon les matériaux employés, mais généralement, cette méthode convient bien à la fabrication de circuits imprimés simples ou moyennement complexes. D'autres

méthodes sont utilisées pour la fabrication de cartes ayant des connexions rapprochées et fines.

- *La gravure par rayons ultraviolets.* Dans cette méthode, vous transposez votre circuit électronique sur une carte. Vous devrez avoir des matériaux appropriés, qui coutent assez cher et qui ne sont pas disponibles partout. Toutefois, les différentes étapes du procédé sont simples et permettent d'obtenir des circuits fins et complexes.
- *La gravure mécanique.* Parfois appelée « routage », cette technique nécessite l'emploi de machines spéciales qui enlèvent le cuivre inutile de la carte, ou créent des passages vides entre les connexions. Cette manière de procéder est couteuse, si vous êtes obligé d'acheter une machine à graver. Vous pourrez en louer une à condition d'en trouver à proximité de chez vous. Malgré cet inconvénient, la méthode convient bien pour la fabrication de plusieurs exemplaires d'un même circuit imprimé, et les cartes obtenues sont habituellement d'une bonne qualité.
- *La gravure au laser.* Habituellement, cette méthode est mise en œuvre par les grandes sociétés de production et parfois par certaines universités. Le principe est semblable à la gravure mécanique, sauf que le travail est réalisé par un rayon *laser*. Il n'est pas simple de trouver de telles machines, mais si votre université en possède une, vous pourrez demander l'autorisation de l'utiliser.

### **III.10.2 : Créez votre typon**

Il s'agit de tracer les pistes du circuit électronique. Si vous faites une gravure à l'aide d'un acide, vous devrez d'abord opérer en employant un matériau résistant à cette substance. Vous pouvez tracer manuellement votre typon à l'aide de marqueurs spéciaux que vous trouverez facilement dans le commerce, ou l'imprimer à l'aide d'une imprimante laser, auquel cas le circuit sera tracé avec l'encre de la machine. Cette méthode est attrayante, mais elle n'est pas appropriée aux circuits moyens ou étendus. Habituellement, pour convertir le schéma de principe de votre circuit en un schéma de circuit imprimé, vous devrez utiliser un logiciel spécial. Il y a de nombreux logiciels libres de droits pour la conception et la création des cartes électroniques. En voici quelques-uns qui pourront vous aider dans votre démarche.

- PCB
- Liquid PCB
- Shortcut

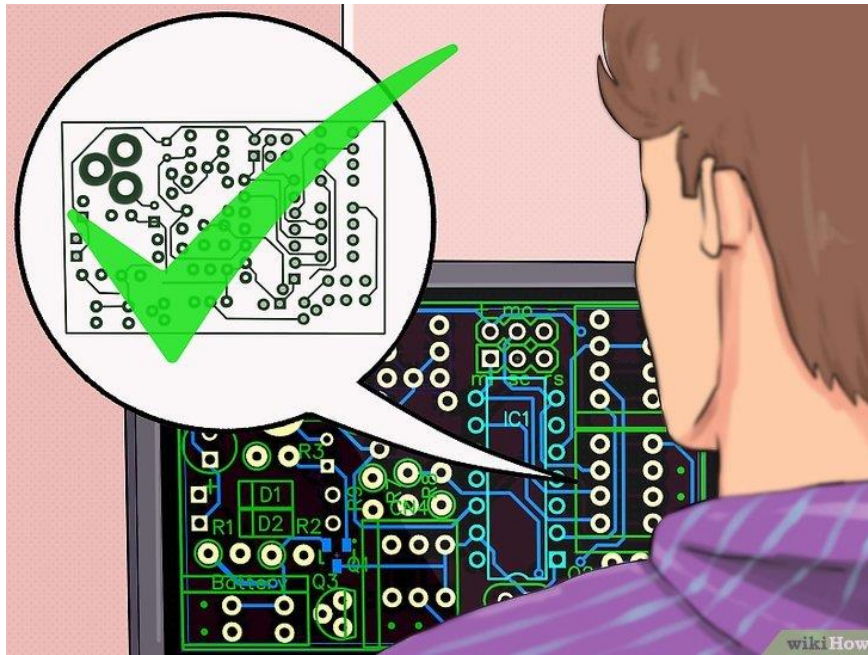


Figure III-12: étape de création le typon.

### III.10.3 : Réglez ses dimensions

Vous devrez d'abord le terminer sur votre ordinateur. Ensuite, il faudra ajuster ses dimensions à l'aide du logiciel pour les faire correspondre à celles du papier et de la carte.

### III.10.4 : Imprimez

Le logiciel permet cette opération. Utilisez du papier glacé, comme celui qui sert à la fabrication des magazines. Vous devez vous assurer que l'impression sera faite *en miroir*. La plupart des logiciels offrent cette fonction. Après l'impression, abstenez-vous de toucher à l'encre du typon pour ne pas l'effacer.

### III.10.5 : Passer aux étapes suivantes

Posez le recto du typon sur la face cuivrée de la carte en veillant à aligner les deux pièces. Mettez en route votre fer électrique, ensuite placez-le sur son support et attendez qu'il chauffe bien.

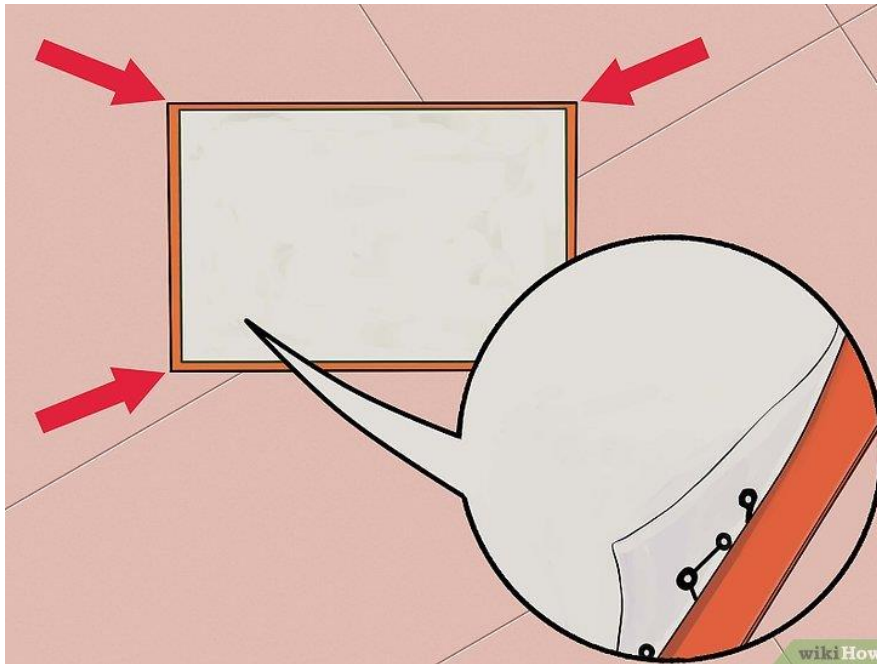


Figure III-13 : deuxième étape.

**Commencez le transfert du circuit :**

Une fois que le fer à repasser est chaud, posez-le sur le typon.

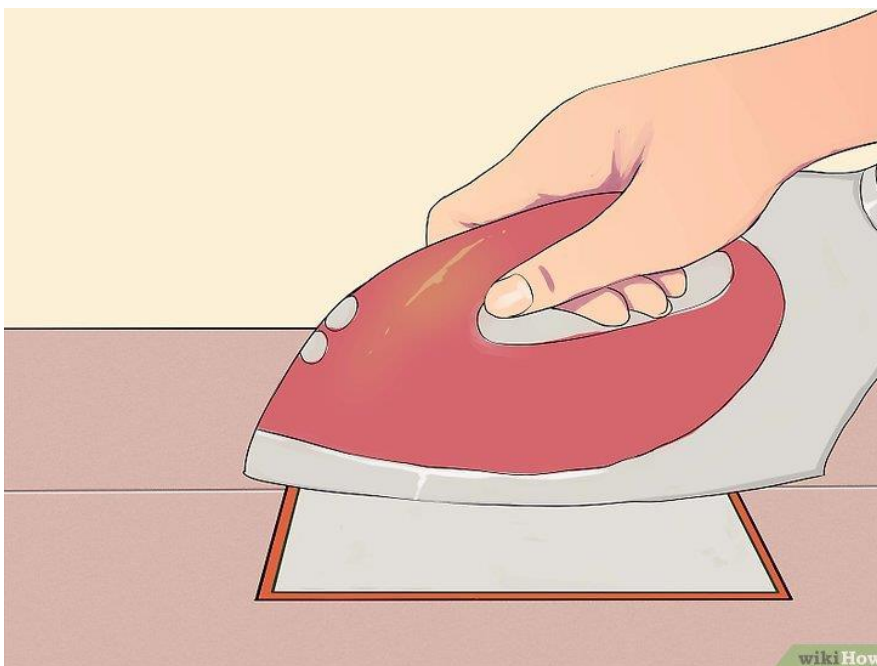


Figure III-14 : étape de transfert du circuit.

**Continuez l'opération :**

Laissez le fer en place pendant 30 à 45 secondes (en fonction du pouvoir chauffant du fer).

**Préparez-vous à refroidir la carte :**

Mettez soigneusement le fer de côté, ensuite prenez la carte et dirigez-vous vers le robinet le plus proche. Faites attention, car le papier sera chaud. En fait, il sera encore collé à la carte, et vous ne devrez pas l'enlever à ce stade.



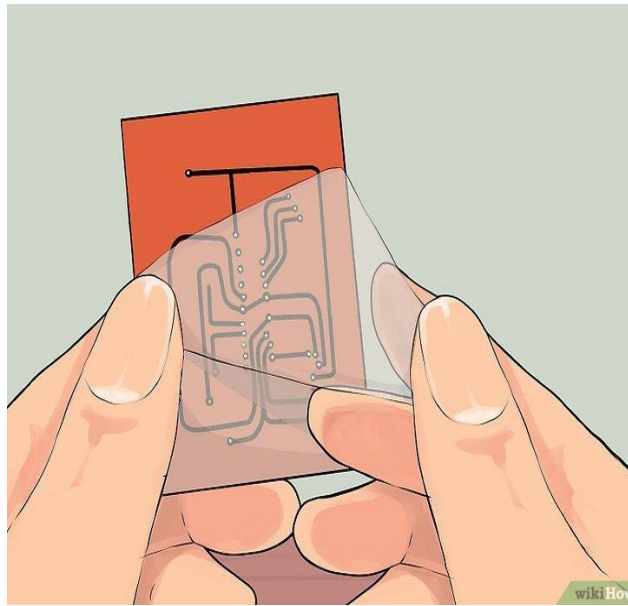
**Figure III-15** : étape de refroidir la carte.

**Refroidissez la carte :**

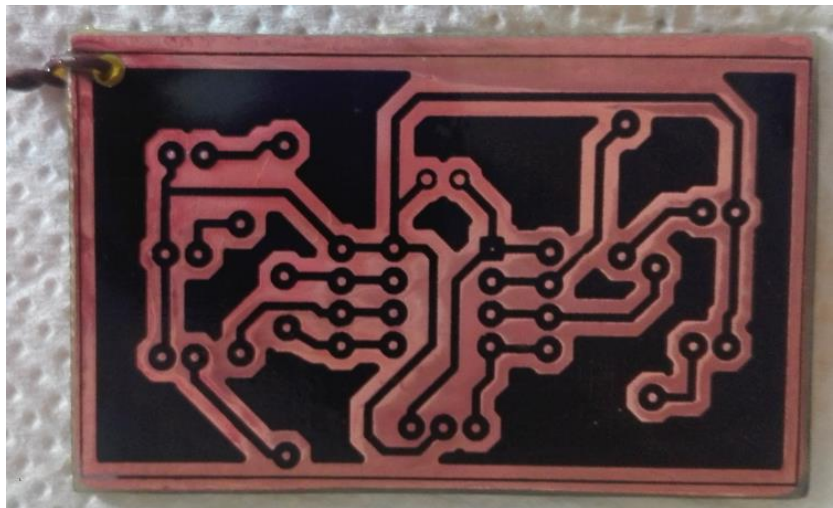
Ouvrez le robinet et mettez la carte sous le filet d'eau. Une autre méthode consiste à immerger la plaque et le papier dans un récipient rempli d'eau chaude pendant quelque temps, sans dépasser 10 minutes.

**Enlevez le typon :**

Il suffit de le décoller complètement. L'opération ne présente pas de difficulté, car l'eau aura largement fait son effet. Si certains endroits résistent, vous pourrez les tremper un peu plus longtemps. À la fin, en supposant que tout aille bien, vous obtiendrez une plaque en cuivre portant le circuit imprimé en noir.



**Figure III-16 :** *Enlèvements du typon.*



**Figure III- 17 :** *Notre circuit imprimé.*

### **Séchez la carte**

Essuyez-la doucement avec une serviette ou inclinez-la pour évacuer les gouttes d'eau. L'opération ne prendra pas plus d'une trentaine de secondes. Vous devrez opérer doucement pour ne pas effacer le circuit.

### **Procédez à la gravure :**

Vous pourrez choisir l'une des méthodes décrites dans les sections suivantes. Il s'agit d'éliminer le cuivre superflu de la carte et de ne laisser que les pistes de connexion dont vous aurez besoin.

**Graver avec de l'acide :**

**Choisissez votre réactif d'attaque :**

Le chlorure ferrique est couramment employé pour graver les cartes électroniques. Cependant, vous pouvez aussi employer des cristaux de persulfate d'ammonium ou d'autres substances chimiques. Quel que soit votre choix, un décapant reste toujours dangereux. Par conséquent, en plus des mesures de sécurité générales, vous devriez aussi lire et suivre toutes les instructions de sécurité particulières au produit que vous utilisez.

**Préparez le réactif :**

Selon le produit choisi, vous devrez peut-être tenir compte d'instructions supplémentaires. Par exemple, certains produits sont vendus prêts à être employés, tandis que d'autres, comme les acides cristallisés, doivent être dissouts dans de l'eau chaude.

**Remuez la solution toutes les 3 à 5 minutes.**

**Terminez l'immersion :**

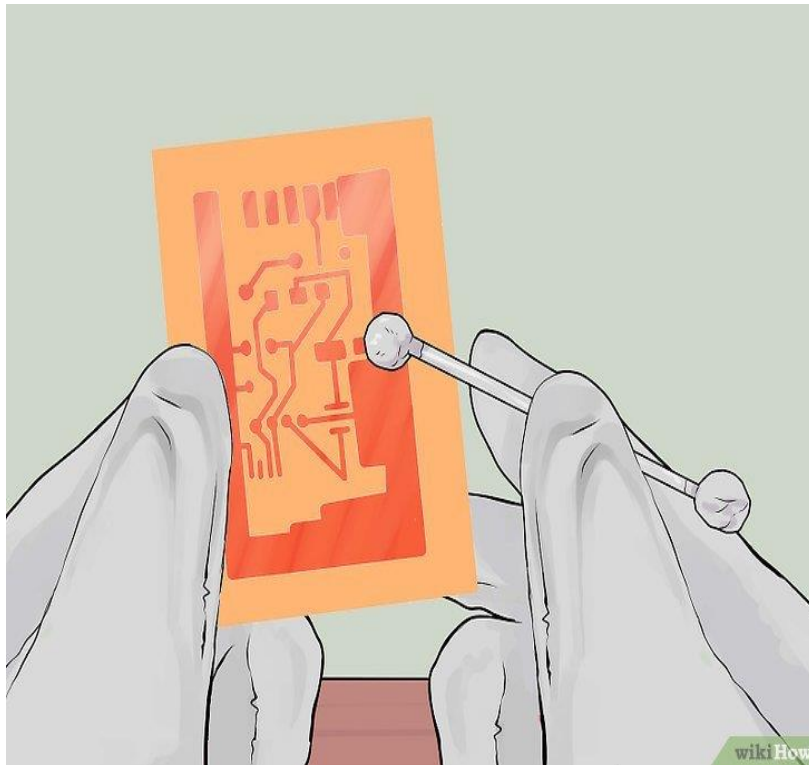
Sortez la carte et lavez-la quand tout le cuivre superflu aura disparu sous l'effet de l'acide.



*Figure III-18 : l'opération d'élimination de cuivre.*

**Enlevez ce qui reste du typon :**

Vous pouvez utiliser des dissolvants spéciaux pour retirer presque tous les matériaux qui servent à la préparation des typons. Cependant, si vous n'avez pas de dissolvant, prenez du papier de verre à grains fins.



**Figure III-19** : enlèvement du reste du typon.

### III.10.5 : Procéder à la finition de la carte

#### Percez les trous de montage :

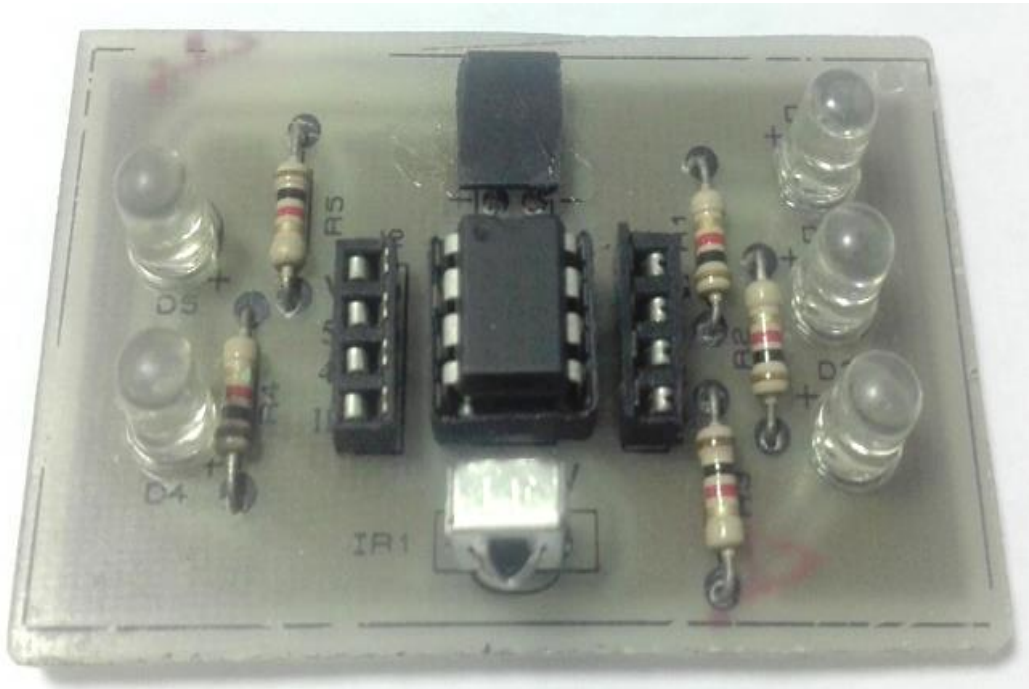
Les perceuses utilisées sont habituellement des machines conçues spécialement pour ce genre de travail. Cependant, moyennant quelques ajustements, une perceuse habituelle sera suffisante, si vous êtes à la maison.



**Figure III- 20** :l'opération de perçage des trous. . [4]



**Montez et soudez les composants électroniques sur la carte**



*Figure III- 21 : plaque électronique de notre récepteur IR.*

**III.11 : Conclusion**

Dans ce troisième chapitre, nous avons simulé notre system avec le simulateur proteus afin de vérifier leur bon fonctionnement, les résultats de simulation on montrée que notre système fonction exactement comme l'indique notre cahier de charge. Ensuite Le system est réalisé est fonction bien.

**Référence :**

[1] <http://for-ge.blogspot.com/2015/07/microcontroleur.html>

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

[3] <http://www.didel.com/Pickit2>

[4] <https://fr.wikihow.com/r%C3%A9aliser-des-circuits-imprim%C3%A9s>

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale :**

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

Nous avons étudié l'optoélectronique d'une manière générale ; puis nous avons donné le cahier de charge de notre projet. Après, nous avons présenté les composants électroniques du montage ainsi que le schéma de simulation, nous avons expliqué en détail le protocole NEC, puis nous avons fait la réalisation pratique du montage. Les résultats de simulation et la réalisation ont montré le bon fonctionnement de notre système

Des améliorations seraient possibles pour réaliser un système capable d'être programmé pour fonctionner avec n'importe quelle télécommande infrarouge

# Annexe

**Programme du pic 16628a pour la simulation de la télécommande :**

```
#define ir ra0_bit
#define b1 rb0_bit
#define b2 rb1_bit
#define b3 rb2_bit
#define b4 rb3_bit
#define b5 rb4_bit

void main()
{
char i;char send;
char comm;
char add=64;
char com1=1;
char com2=2;
char com3=3;
char com4=4;
char com5=5;
trisa=0;
trisb=0b00011111;
wite:
ir=1;
while(1){if(b1==0 || b2==0|| b3==0|| b4==0|| b5==0){break;} }
delay_ms(100);
if(b1==0 || b2==0|| b3==0|| b4==0|| b5==0){} else {goto wite;}
if(b1==0){comm=com1;}; if(b2==0){comm=com2;};if(b3==0){comm=com3;};
if(b4==0){comm=com4;}; if(b5==0){comm=com5;}

ir=0;delay_ms(9);ir=1;delay_us(4500);
```

```
for( i=1;i<5;i++)
{
  if(i==1){ send=add;}; if(i==2){ send=~add;}; if(i==3){ send=comm;};
if(i==4){ send=~comm;}

  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f0==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f1==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f2==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f3==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f4==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f5==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f6==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
  ir=0;delay_us(562);ir=1;if (send.f7==0) {delay_us(562);} else {delay_us(1675);}
}

  ir=0;delay_us(562);ir=1;

  delay_ms(100);

while(!b1||!b2||!b3||!b4){delay_ms(95);ir=0;delay_ms(9);ir=1;delay_us(2250);ir=0;delay_us(2
250);ir=1;}

goto wite;
}
```