

M/ELE.MiC
2012/03

02/02



Université de Jijel M 1223

Faculté des Sciences et de la technologie
Département d'Electronique
Option Microélectronique



Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en
Electronique

THEME

Etude et réalisation d'un capteur de confort médical

Présenté par :

MR. BOUKHALFA Ali

Encadré par :

MR. MEDDOUR Fayçal

Promotion Juin 2012

Remerciements

Je tiens à présenter mes reconnaissances et mes remerciements à mon professeur encadrant Mr. F.MEDDOUR, pour le temps consacré à la lecture et aux réunions qui ont rythmées les différentes étapes de mon mémoire. Les discussions que nous avons partagées ont permis d'orienter mon travail d'une manière pertinente. Je le remercie aussi pour sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions d'amélioration.

Je remercie évidemment tous les membres du jury qui ont assuré un suivi régulier à ce travail.

Enfin je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, et dont les noms ne figurent pas dans ce document.

ALI

Dédicaces

**A mon père*

En témoignage de ma sincère gratitude pour ses sacrifices qu'il a consentis pour moi et pour toute la famille.

**A ma mère*

J'espère qu'elle le trouve récompensant de tous les sacrifices qu'elle a consentis pour moi.

**A mes frères et sœurs*

Leur trouve toute ma profonde affection et mes profondes considérations.

**A l'ensemble des enseignants*

Pour leurs sacrifices de temps qu'ils m'ont toujours offert et leur patience.

**A celle qui m'aime*

En témoignage de mon respect.

**A tous mes amis*

En témoignage de mon amitié et mon attachement.

ALI

Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I Les Capteurs

I.1 Introduction.....	2
I.2 Types de grandeur physique	2
I.3 Chaîne de mesure.....	2
I.4. Classification des capteurs.....	3
I.4.1.Type de sortie.....	3
I.4.2.Apport énergétique.....	4
I.4.2.1.Capteurs passifs	4
I.4.2.2.capteur actifs	5
I.5.caractéristiques d'un capteur.....	5
I.5.1.Performances d'un capteur : définition métrologique	5
I.5.1.1.A.Etendue de la mesure	5
I.5.1.2.Résolution	6
I.5.1.3.Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur	6
I.5.1.4.Sensibilité	6
I.5.1.5.Finesse.....	7
I.5.1.6.Linéarité	7
I.5.1.7.Caractéristiques statistiques d'un capteur	8
I.5.1.8. Rapidité	8
I.6. Les différents types des capteurs	8
I.6.1. Types de capteurs de température.....	8
I.6.1.1. Les thermocouples	9
I.6.1.2. Les sondes RTD (Resistance Temperature Detector	9
I.6.1.3. Les Thermistances	10
I.6.2. Types de capteurs de pression.....	10
I.6.2.1. Capteurs de pression capacitifs.....	10
I.6.2.2. Capteurs de pression piézorésistif.....	11
I.6.3. Types de capteurs d'humidité	11
I.6.3.1.Capteurs d'humidité capacitifs	11
I.6.3.2.Capteurs d'humidité résistifs	11
I.6.3.3.Capteurs d'humidité hygrométrique	12
I.6.3.4. Capteurs d'humidité gravimétriques.....	12
I.6.3.5. Capteurs d'humidité optiques	12
I.7. Les capteurs dans le domaine médical.....	12
I.7.1. Bloc opératoire.....	13
I.7.2. Incubateurs pour nouveau-nés (couveuse).....	14
I.7.3. Autoclaves.....	15
I.7.4. Pharmacies	16
I.8. Le choix des capteurs.....	16
I.9. Capteur de température LM335.....	16
I.9.1. Définition	16
I.9.2. Caractéristiques du capteur de température LM 335	17
I.10. Capteur de pression MPX4115	18

I.10.1. Définition de la pression	18
I.10.2. Définition	18
I.10.3. Caractéristiques du capteur de pression MPX4115	19
I.11. Capteur d'humidité HIH5030	20
I.11.1. Définition de l'humidité.....	20
I.11.2. Définition	20
I.11.3. Environnement d'exploitation	20
I.11.4. Caractéristiques du capteur HIH-5030.....	22
I.11.5. L'utilisation du HIH5030.....	22
I.11.5.1. Application médicaux	22
I.11.5.2. Application industriels.....	22
I.12. Conclusion	2

Chapitre II Les Microcontrôleurs

II.1 Introduction	24
II.2. Les avantages des microcontrôleurs	24
II.3 Les inconvénients des microcontrôleurs.....	25
II.4 structure d'un microcontrôleur	25
II.5 les PICs de Microchip.....	26
II.6 structure minimale d'un PIC.....	26
II.7 les familles de PICs	27
II.8 identification d'un PIC	28
II.9 le choix de PIC	28
II.10 le PIC 16F877	29
II.10.1 Caractéristiques générales	29
II.10.1.A Brochage du 16F877	29
II.10.1.B. Architecture interne du PIC16F877	30
II.10.1.C particularités électriques	32
II.11 conclusion.....	34

Chapitre III Conception et réalisation pratique

III.1 Introduction	35
III.2 partie software	35
III.2.1 introduction	35
III.2.2 langage de programmation mikroC pro for PIC.....	35
III.2.3 compilateur de PIC.....	36
III.2.4 organigramme de programme utilisé.....	37
III.2.5 simulation	39
III.2.6 chargement de PIC	40
III.3 partie Hardware	42
III.3.1 introduction	42
III.3.2 schéma synoptique	42
III.3.3 Alimentation.....	43
III.3.4. capteur de température LM335	44
III.3.4.1 brochage.	44
III.3.4.2 fonction de transfert	45
III.3.5. capteur de pression MPX4115	46

III.3.5.1 brochage.....	47
III.3.5.2 fonction de transfert	47
III.3.6 capteur d'humidité HIH5030	48
III.3.6.1. brochage	49
III.3.6.2 fonction de transfert	49
III.3.7 bloc de traitement de données	50
III.3.8. afficheur LCD	51
III.3.8.1 présentation	51
III.3.8.2 principe de fonctionnement.....	51
III.3.8.3 présentation d'un écran LCD	51
III.3.8.4 brochage afficheur LCD.....	52
III.3.9 clavier 16 touches.....	53
III.3.9.1 présentation	53
III.3.9.2.principe de fonctionnement.....	54
III.3.9.3 connexion du clavier sur le capteur de confort	55
III.3.10 commande d'un relais par un signal logique.....	56
III.3.10.1 les données	57
III.3.10.2.résolution du probleme.....	54
III.3.10.3.calcul de R pour $V_e=5V$	55
III.3.11 réalisation pratique	60
III.3.11.1 essaisur la plaque de Kirchman.....	60
III.4.conclusion.....	60
Conclusion générale	65

Liste des figures

FIG.I.1 : constitution d'une chaîne de mesure classique.....	3
FIG.I.2: Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif.	6
FIG.I.3: Exemple de linéarisation de caractéristiques d'un capteur.	7
FIG.I.4: Principe d'un thermocouple	9
FIG.I.5: capteur de pression capacitif en repos.....	10
FIG.I.6: Incubateur pour nouveau-nés	15
FIG.I.7: autoclave.....	4
FIG.I.8: montage du LM335	17
FIG.I.9 : montage du MPX4115.....	18
FIG.I.10 : la relation entre P mesurée et la tension de sortie	19
FIG.I.11 : les zones de fonctionnement pour HIH-5030.....	20
FIG.I.12 : la relation entre H mesurée et la tension de sortie (a 25°C).....	21
FIG.I.13: la relation entre H mesurée et la tension de sortie (a 0°C et 70°C).....	21
FIG.II.1: structure d'un microcontrôleur	25
FIG.II.2: brochage de PIC16F877	30
FIG.II.3 : Architecture interne du PIC 16F877	31
FIG.III.1: Langage de programmation mikroC PRO for PIC	36
FIG.III.2 compilateur PIC C copmiler	36
FIG.III.3organigramme principal.....	38
FIG.III.4.simulateur proteuse ISIS	40
FIG.III.5. programmeur de PIC leaper-48 universal	40
FIG.III.6.logiciel de programmation de PIC IC-PROG.....	41
FIG.III.7. schéma synoptique de capteur de confort médical	42
FIG.III.8.schéma électrique de l'alimentation stabilisée (5V, 1A).....	44
FIG.III 9: capteur de température LM335.....	44
FIG.III. 10: Schéma de capteur LM335	45
FIG.III. 11: Photo de LM335	46
FIG.III 12: capteur de pression MPX4115.....	46
FIG.III. 13: Schéma de capteur MPX4115	47
FIG.III. 14: Photo de MPX4115.....	48
FIG.III. 15: capteur d'humidité HIH-5030.....	48
FIG.III.16: bloc diagramme de HIH-5030	49
FIG.III.17: Photo de HIH-5030.....	49
FIG.III 18: PIC 16F877.....	50
FIG.III.19: Photo de PIC16F877.....	50
FIG.III .20: photo dun afficheur LCD.....	51
FIG.III .21: Brochage de l'afficheur LCD	52
FIG.III .22: connexion d'afficheur LCD sur le capteur de confort médical	53
FIG.III.23: Architecture interne du clavier 16touches	54
FIG.III .24: connexion de clavier 16touches sur le capteur	55
FIG.III .25: photo de clavier utilisé dans le capteur de confort	55
FIG.III.26: Commande d'un relais (Schéma Orcad)	56

FIG.III.27: Schéma électrique du capteur de confort.....	59
FIG.III.28: réalisation de circuit sur la plaque d'essai	60
FIG.III.29: Circuit d'implantation des composants de capteur	61
FIG.III.30: Circuit d'implantation des composants de bloc d'alimentation	61
FIG.III.31: tracé du circuit imprimé.....	62
FIG.III.32: tracé du circuit imprimé de bloc d'alimentation.....	62
FIG.III.33: l'insolleuse UV	63

Liste des Tableaux

TABLE.I.1 : les effets utilisés pour réaliser la mesure en fonction du mesurande.....	04
TABLE.I.2 : Les principes physiques mis en jeu.....	05
TABLE.I.3: Différents différents secteur d'un bloc opératoire	13
TABLE.I.4 : Intervalles des différents paramètres a mesurer dans bloc opératoire	14
TABLE.I.5 : quelques caractéristiques du capteur LM335.....	17
TABLE.I.6 : quelques caractéristiques du capteur MPX4115.....	19
TABLE.I.7 : quelques caractéristiques du capteur HIH-5030	22
TABLE.III.1: Caractéristiques électriques des composants utilisés	43
TABLE.III.2: description de brochage.....	52

Introduction générale

Dans le cadre d'améliorer les conditions de repos d'un patient dans un hôpital ou dans les différents cabines médicaux ou dans un bloc opératoire pour que l'opération puisse avoir lieu dans les meilleures conditions, on doit surveiller plusieurs variables notamment en matière de température, pression, humidité.

L'évolution de l'électronique, a permis l'amélioration de la qualité de l'appareillage sur les deux plans, précision et fiabilité, et sur ce qu'on appelle la technologie des circuits intégrés et microprocesseurs. La fertilité et la diversité de ce domaine nous a conduit vers la conception et la réalisation d'un capteur de confort médical, un appareil regroupant les trois critères précédents facilitant ainsi la surveillance et le contrôle de ces derniers.

L'objectif de ce projet est consacré à la conception et la réalisation d'un capteur électronique de confort médical capable d'effectuer des mesures de température, de pression et d'humidité avec affichage sur un écran LCD.

Après une introduction générale le premier chapitre, nous procédons à une étude sur les capteurs de trois paramètres et le choix de ces capteurs parmi plusieurs capteurs disponibles sur le marché.

Le deuxième chapitre, nous présentons les microcontrôleurs et leurs avantages dans l'électronique moderne, aussi une étude détaillée sur l'élément le très important dans notre appareil le PIC 16F877.

Le dernier chapitre concerné à la description des blocs de l'appareil. Ce chapitre est divisé à deux parties : La première c'est la partie software qui a comme but la programmation, la compilation et la simulation de circuit de notre appareil, la deuxième partie (hardware) présente les différents blocs et les dispositifs électroniques utilisés dans ce projet.

Enfin, une conclusion ponctue ce document mettant en œuvre les différents résultats trouvés, suivie des annexes techniques.

Chapitre I



Les
capteurs

I.1. Introduction

Ce chapitre se présente la définition, la classification, les types et l'utilisation des capteurs dans le domaine médical [1] [2]. tout d'abord Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique (mesurande) observée en une grandeur utilisable, exemple : une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, etc... Son rôle est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste.

I.2. Types de grandeur physique

On peut classer les grandeurs physiques en 6 familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces 6 familles :

- Mécanique : déplacement, force, masse, débit ...
- Thermique : température, capacité thermique, flux thermique ...
- Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique ...
- Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique ...
- Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes ...
- (Bio) Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone ...

I.3. Chaîne de mesure

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents. Par exemple : la mesure d'un débit peut se faire en plusieurs étapes :

- transformation du débit en une pression différentielle.
- transformation de la pression différentielle en la déformation mécanique d'une membrane.
- transformation de la déformation mécanique en une grandeur électrique (à l'aide D'un piézo-électrique) via un circuit électronique associé.

L'ensemble de ces étapes constitue la chaîne de mesure [3].

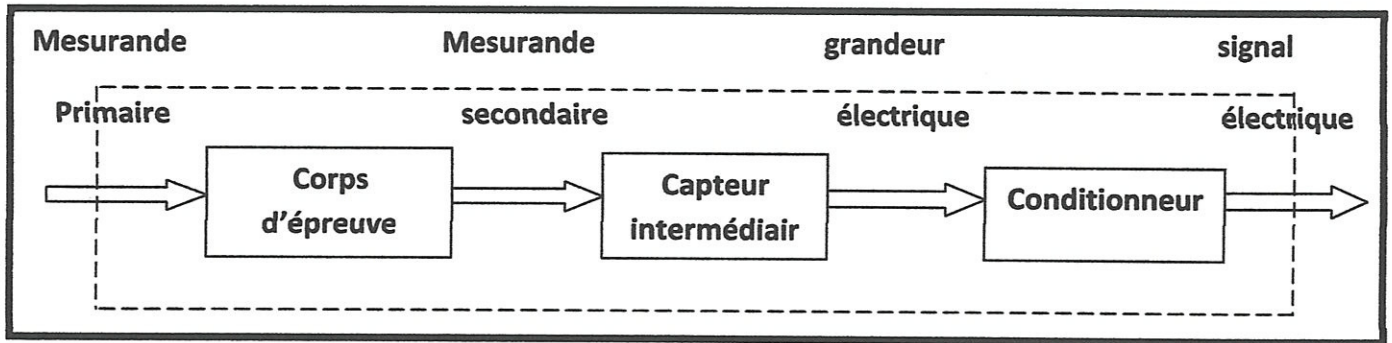


FIG.I.1 : constitution d'une chaîne de mesure classique

De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. Si la chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec le mesurande. Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable. Le choix de ce conditionneur est une étape importante dans le cadre de la chaîne de mesure car, il détermine la nature finale du signal.

I.4. Classification des capteurs

On classe les capteurs en deux grandes familles, en fonction de leur type de sortie ou leur apport énergétique [3].

I.4.1. Type de sortie

Les capteurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie.

➤ Capteurs analogiques

La sortie des capteurs analogique peut être du type :

- Sortie tension.
- Sortie courant.
- Règle graduée.

➤ Capteurs numériques

La sortie des capteurs numériques peut être du type :

- Train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise.
- Code numérique binaire.
- Bus de terrain (un système d'interconnexion d'appareils de mesure, de capteurs, d'actionneurs, etc).

I.4.2. Apport énergétique

I.4.2.1. Capteurs passifs

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif.

Le tableau ci-dessous résume, en fonction du mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.

MESURANDE	EFFET UTILISE (Grandeur de sortie)	MATERIAUX
-Température -Très basse température	-Résistivité -Constant diélectrique	-Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs -Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

TABLE.I.1 : les effets utilisés pour réaliser la mesure en fonction du mesurande [3].

I.4.2.2. Capteurs actifs

Dans ce cas, la sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension ou charge. Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci-dessous.

MESURANDE	EFFET UTILISE	GRANDEUR DE SORTIE
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	Tension
Flux optique	Photoémission Pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

TABLE.I.2 : Les principes physiques mis en jeu [3].

I.5. Caractéristiques D'un Capteur

Pour choisir un capteur on doit vérifier les caractéristiques suivantes :

I.5.1. Performances d'un capteur : définition métrologique

De manière à classer les capteurs en fonction de leurs performances, on doit définir les paramètres qui permettent de les sélectionner en fonction de l'application.

I.5.1.1. Etendue de la mesure

Elle définit la zone dans laquelle les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles :

I.5.1.1. A. Zone nominale d'emploi

Zone dans laquelle le mesurande peut évoluer sans modification des caractéristiques du capteur.

I.5.1.1. B. Zone de non-détérioration

Valeurs limites des grandeurs influençant le capteur (mesurande, température ambiante, etc...) sans que les caractéristiques du capteur ne soient modifiées après annulation de surcharges éventuelles.

I.5.1.1. C. Zone de non-destruction

Elle définit les limites garantissant la non-destruction du capteur mais dans laquelle il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur.

I.5.1.2. Résolution

Elle correspond à la plus petite variation du mesurande que le capteur est susceptible de déceler.

I.5.1.3. Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur

Elle donne la relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée. Elle est donnée classiquement par une courbe en régime permanent. Elle ne donne pas d'informations sur les caractéristiques transitoires du capteur.

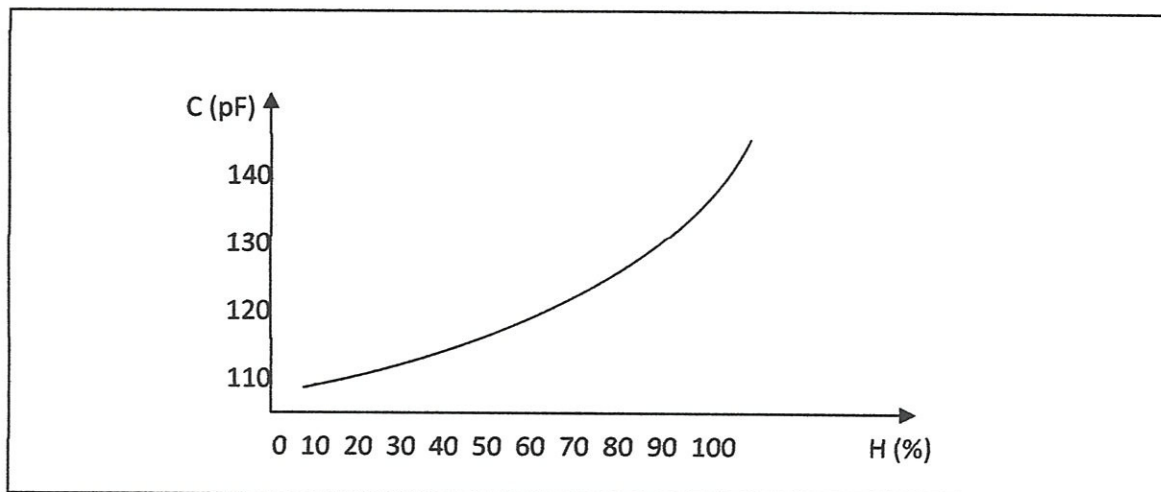


FIG.I.2: Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif [3].

I.5.1.4. Sensibilité

Elle détermine l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné. C'est la pente de la tangente à la courbe issue de la caractéristique du capteur.

Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante.

La sensibilité d'un capteur peut être fonction du conditionneur auquel il est associé.

Dans l'exemple de la figure précédente, la sensibilité moyenne du capteur est de 0.4pF/%H.

I.5.1.5. Finesse

C'est la qualité d'un capteur à ne pas venir modifier par la présence de la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer l'influence du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis à vis du capteur mais aussi vis à vis de l'environnement d'utilisation du capteur. Par exemple, dans le cas d'une mesure thermique, on cherchera un capteur à faible capacité Calorifique.

La Finesse et la sensibilité sont en général antagonistes. Il peut y avoir un compromis à faire.

I.5.1.6. Linéarité

Zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande.

Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des Moindres carrés.

On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en % l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe.

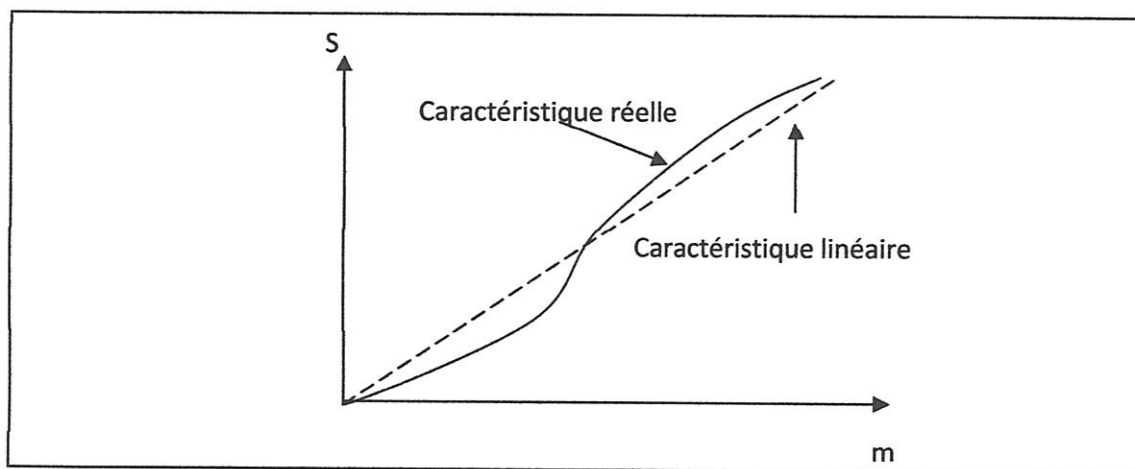


FIG.I.3: Exemple de linéarisation de caractéristiques d'un capteur [3].

I.5.1.7. Caractéristiques statistiques d'un capteur

Ces paramètres permettent de prendre en compte la notion d'erreurs accidentelles qui peuvent survenir sur un capteur.

I.5.1.7.A. Fidélité

Elle définit la qualité d'un capteur à délivrer une mesure répétitive sans erreurs.

L'erreur de fidélité correspond à l'écart type obtenu sur une série de mesures correspondant à un mesurande constant.

I.5.1.7.B. Justesse

C'est l'aptitude d'un capteur à délivrer une réponse proche de la valeur vraie et ceci indépendamment de la notion de fidélité. Elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesures par rapport à la valeur réelle.

5.1.7. C. Précision

Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur, ainsi un capteur précis aura à la fois une bonne fidélité et une bonne justesse.

I.5.1.8. Rapidité

C'est la qualité d'un capteur à suivre les variations du mesurande. On peut la chiffrer de plusieurs manières :

- bande passante du capteur. (à -3 dB par exemple).
- Fréquence de résonance du capteur.
- Temps de réponse (à $x\%$) à un échelon du mesurande.

I.6. Les différents types des capteurs

I.6.1. Types de capteurs de température

Il est possible de mesurer la température de plusieurs façons différentes qui se distinguent par le coût des équipements et la précision. Les types les plus courants des capteurs de température sont les thermocouples, les capteurs à jonction semi-conductrice et les thermistances [4].

I.6.1.1. Les thermocouples

Les thermocouples sont les capteurs les plus souvent utilisés pour la mesure de températures, car ils sont relativement peu onéreux, tout en étant précis, et peuvent fonctionner sur une large gamme de températures. Un thermocouple est créé lorsque deux métaux différents entrent en contact, ce qui produit, au point de contact, une faible tension en circuit ouvert qui correspond à la température. On peut utiliser cette tension thermoélectrique, communément appelée tension Seebeck, pour calculer la température. Pour des petites variations de température, la tension est approximativement linéaire.

On peut choisir parmi les différents types de thermocouples désignés par des lettres majuscules qui indiquent leurs compositions selon les conventions ANSI (American National Standards Institute). Parmi les types de thermocouples courants, citons les E, J et T.

Exemples :

Thermocouple Type R : Composition : Platine-Rhodium (13 %) / Platine.

Thermocouple Type J: Composition : Fer / Constantan (alliage nickel+cuivre). Thermocouple

Type T : Composition : Cuivre / Constantan (alliage cuivre + nickel).

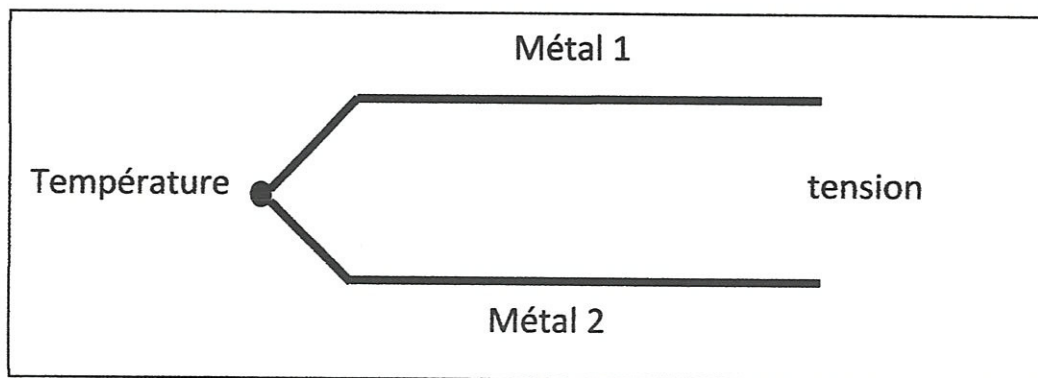


FIG.I.4: Principe d'un thermocouple

I.6.1.2. Les sondes RTD (Resistance Temperature Detector)

Une sonde RTD en platine se compose de résistances ou de films métalliques (habituellement en platine). Une fois chauffée, la résistance du métal augmente ; une fois refroidie, elle diminue. Faire passer le courant à travers une sonde RTD génère une tension à travers la sonde RTD. En mesurant cette tension, on peut déterminer sa résistance et ainsi, sa température. La relation entre la résistance et la température est relativement linéaire. Les sondes RTD ont une résistance d'une valeur typique de 100 Ω à 0°C et peuvent mesurer des températures pouvant atteindre 850°C.

I.6.1.3. Les Thermistances

Une thermistance est un dispositif semi-conducteur composé d'oxydes métalliques compressés à hautes températures pour leur donner la forme d'une petite bille, d'un disque, d'une plaque ou toute autre forme. Un courant travers une thermistance pour pouvoir lire la tension à travers la thermistance et déterminer sa température. Les thermistances ont une résistance très élevée (comprise entre 2 000 et 10 000 Ω) et une sensibilité nettement plus élevée ($\sim 200 \Omega/^\circ\text{C}$), leur permettant ainsi d'atteindre une sensibilité plus élevée dans une gamme de températures limitée (jusqu'à 300°C).

I.6.2. Types de capteurs de pression

La pression est un paramètre important dans de nombreuses disciplines comme la thermodynamique, la mécanique des fluides...etc. Aussi, les capteurs de pression se retrouvent dans de nombreux domaines comme étant le premier maillon d'un système de perception, de contrôle ou de mesure.

Les types les plus courants des capteurs de pression sont les capteurs de pression capacitifs, les capteurs de pression et les thermistances [5].

I.6.2.1. Capteurs de pression capacitifs

Les capteurs de pression capacitifs comportent une armature plane fixe et une armature plane déformable. En l'absence de pression différentielle entre deux faces de la membrane, les armatures sont parallèles.

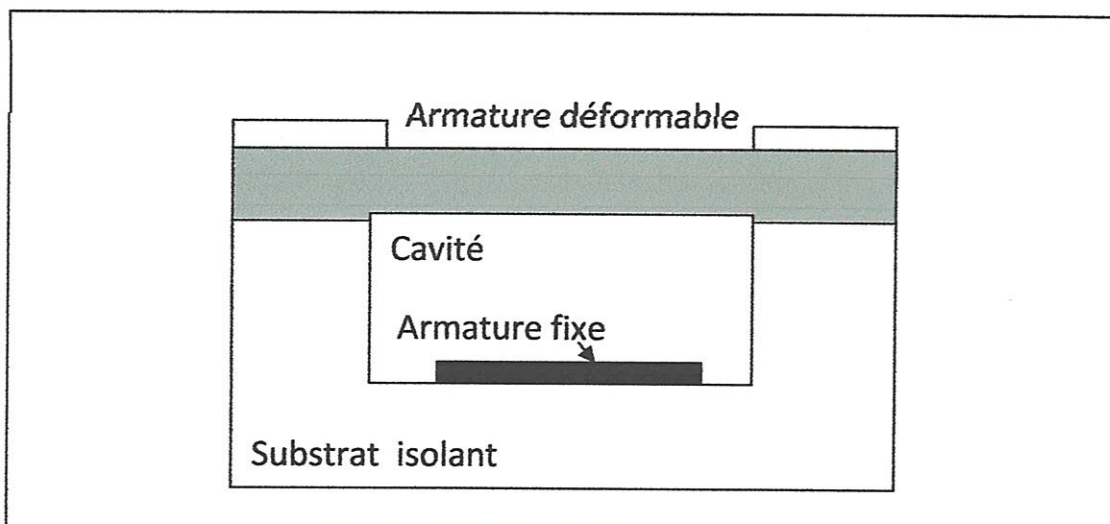


FIG.I.5: capteur de pression capacitif en repos [5]

I.6.2.2. Capteurs de pression piézorésistif

Définition de la piezorésistivité

La piezorésistivité se manifeste par un changement de la conductivité électrique d'un corps lorsque celui-ci est soumis à des contraintes mécaniques et donc à des déformations. Depuis 1954, où l'effet piézorésistif a été découvert dans le Silicium, la démarche pour mesurer la pression a changé et de nouveaux dispositifs avec des performances remarquables sont apparus sur le marché.

Un capteur de pression piézorésistif à membrane est un capteur composite.

Une membrane en silicium oxydée de quelques millimètres de côté et quelques microns d'épaisseur recouverte d'oxyde constitue le corps d'épreuve qui se déforme sous l'effet d'une pression appliquée. Des jauges piezorésistives en surface constituent le corps d'épreuve formant un conditionnement passif. La déformation de ces jauges se transforme en variation de résistance.

I.6.3. Types de capteurs d'humidité

Le taux d'humidité, avec la température comptent parmi les grandeurs physiques les plus fréquemment mesurées. À ce jour, on distingue les capteurs capacitifs, résistifs, hygrométriques, gravimétriques, et optiques [6].

I.6.3.1. Capteurs d'humidité capacitifs

Représentant la majeure partie des systèmes dotés d'un capteur d'humidité, ils sont basés sur la variation de capacité d'une couche diélectrique exposée à un changement du taux d'humidité.

Le principe du capteur repose sur un dépôt d'une électrode métallique à la surface d'une couche de Silicium de petite épaisseur. L'électrode consiste en un maillage de la couche métallique. Une thermistance est incluse pour permettre l'évacuation de l'humidité.

I.6.3.2. Capteurs d'humidité résistifs

Les capteurs résistifs sont basés sur le changement d'impédance d'une couche sensible après absorption d'humidité. Trois types de matériaux sont généralement utilisés : céramiques, polymères et électrolytes. Typiquement la variation de la résistance d'une céramique exposée à des variations d'humidité.

I.6.3.3. Capteurs d'humidité hygrométriques

Ce principe est historiquement le premier utilisé pour évaluer le taux ambiant d'humidité. La transduction repose sur la déformation d'un solide : membrane, cheveu... après absorption d'humidité. L'avantage de cette technique de transduction est qu'elle n'est pas sujette à la dérive en température, le matériau est généralement fiable sur une longue durée.

I.6.3.4. Capteurs d'humidité gravimétriques

Le principe de transduction repose sur la variation de la masse d'une couche sensible exposée à une variation du taux d'humidité. Ces capteurs utilisent généralement une microbalance à quartz pour détecter la variation de masse. La mesure est alors effectuée en mesurant la variation de fréquence de résonance du quartz, matériau piézorésistif, excité par un signal électrique. La résolution de ces microbalances atteint les quelques nano grammes par cm² de surface exposée. Pour améliorer la sensibilité de ces dispositifs, un matériau hydrophile est généralement associé.

I.6.3.5. Capteurs d'humidité optiques

L'avantage de ces capteurs réside dans leurs performances. Ce sont des systèmes peu encombrants, ils peuvent présenter des temps de réponse en dessous de la minute, ils sont chimiquement stables et peu sujets aux perturbations électromagnétiques. Ils sont en revanche coûteux et lourds à concevoir et intégrer.

Ces capteurs reposent généralement sur l'utilisation de fibres optiques. Leur principe est basé sur la variation des propriétés physiques d'un composant de la fibre sous l'influence de l'humidité, cela se traduit soit par une variation de l'intensité lumineuse transmise, une variation du spectre de fluorescence, ou une variation d'indice d'optique qui permettent des mesures par réflectométrie.

I.7. Les capteurs dans le domaine médical

L'utilisation des capteurs de température d'humidité et de pression donne son utilité dans le domaine médical. L'association de ces trois capteurs permet d'atteindre à certain niveau de confort (des malades) dans le milieu médical. Ils permettent de contrôler et de modifier l'environnement atmosphérique (qualité atmosphérique). Le capteur de confort (température + humidité + pression) peut être utilisé dans :

I.7.1. Bloc opératoire

Dans les établissements de santé, il existe une classification des locaux qui prend en compte le risque infectieux des actes auxquels ils sont destinés :

- Zone 1 risque minimum
- Zone 2 risque moyen
- Zone 3 risque infectieux sévère
- Zone 4 risque très haute

Le bloc opératoire fait partie de la zone 4.

A l'intérieur de cette enceinte, un classement similaire peut être envisagé. Il définit différents secteurs dont les activités induisent les niveaux d'asepsie et conditionnent le type d'entretien.

Zones du bloc			
Zone1	Zone2	Zone3	Zone4
-Vestiaire zone de déshabillage	-Zones de circulation.	-Vestiaire zone protégée.	-Salle d'opération
-Bureaux administratifs	-Zone de prétraitement du matériel.	-salle d'induction ou pré-anesthésie.	-Zone de stockage des dispositifs médicaux stériles.
-Accueil des familles, salle d'attente	-Zone de stockage droguerie, chariot d'entretien, etc.	-Zone de <<lavage>> des mains.	
-Sas de transfert des malades.		-Salle de surveillance postintervention.	
-salle d'accueil des Patients en chirurgie.	-Zone de dédouanement du matériel stérile.	-Zone de stockage des dispositifs médicaux non stériles.	
-sas de réception du matériel.			

TABLE.I.3: Différents secteur d'un bloc opératoire

La Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH) nous évoque une fourchette de températures comprises entre 19 et 26°C. Bien évidemment, il peut y avoir des besoins spécifiques qui feront que l'on devra atteindre des températures plus basses (cardio...) ou plus hautes (grands brûlés).

Le tableau ci-dessous résume les valeurs à prendre pour la température, la pression et l'humidité de différentes zones d'un bloc opératoire :

Zone	Température (°c)	Humidité (%)	Pression acoustique (dbA)
Zone 4	19 à 26	45 - 65	48
Zone 3	19 à 26	45 - 65	45

TABLE.I.4 : Intervalles des différents paramètres à mesurer dans bloc opératoire [7]

I.7.2. Incubateurs pour nouveau-nés (couveuse)

L'incubateur pour nouveau-nés est un appareil qui permet le développement normal des enfants nés avant terme (prématurés) ou des nouveau-nés fragiles, il est destiné pour aider à la maintenance de l'équilibre thermique de bébés, principalement en contrôlant la température aérienne et l'humidité.

La température et l'humidité du milieu constitué artificiellement doit être proche de l'utérus maternel. À partir de cette définition on peut estimer la température et l'humidité ambiantes de, couveuse, comme suit:

La température aérienne doit être réglé autour, de 37,5 °c, le taux d'humidité est réglé par les soignants en fonction des besoins de votre enfant pour éviter qu'il ne perde trop d'eau et ne se refroidisse par évaporation (transpiration). L'humidité relative optimale suggérée pour les centres de naissance se situe entre 30 et 60 %.

Le capteur de confort peut être utilisé comme un système d'alarme qui fonctionne lorsque le seuil maximal ou minimal des paramètres de confort (température, humidité et pression) est atteint.

On peut aussi utiliser le capteur de confort pour contrôler la température et l'humidité en contrôlant soit le système de refroidissement ou réchauffement pour la température, soit l'humidificateur pour l'humidité.

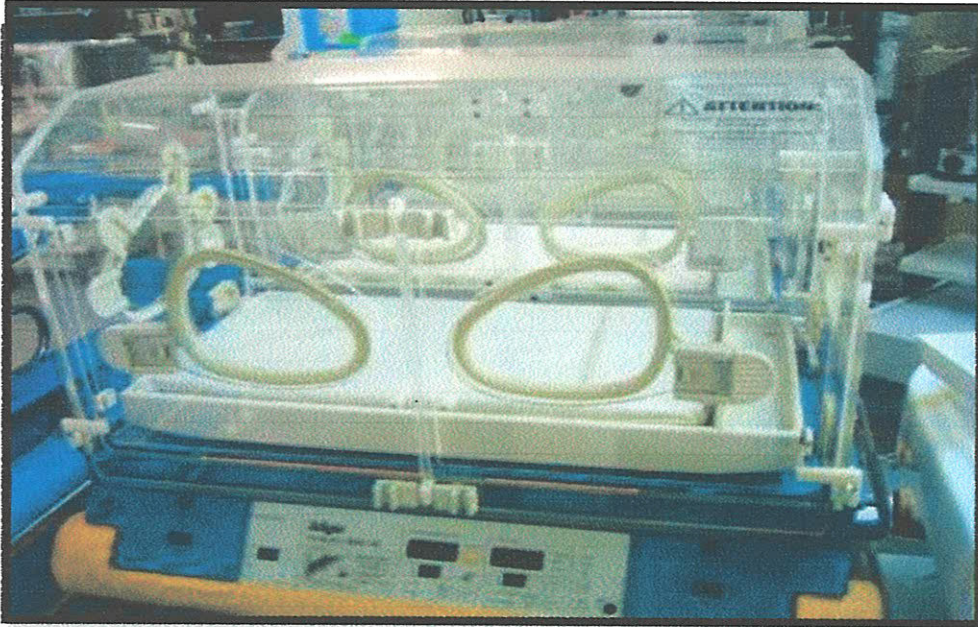


FIG.I.6: Incubateur pour nouveau-nés

I.7.3. Autoclaves

Un autoclave est un appareil dans lequel l'eau est chauffée par des résistances dans une enceinte étanche, la pression de la vapeur d'eau atteint alors une valeur supérieure à la pression atmosphérique.

La température doit être 120 °c au minimum avec une pression supérieure à 1 bar (> 100 kpa). Donc on peut utiliser le capteur de confort comme un système d'alarme ou un système de régulation de ces paramètres.



FIG.I.7: Autoclaves

I.7.4. Pharmacies

Les températures extrêmes ou l'humidité peuvent dégrader les médicaments et détériorer les autres produits pharmaceutiques. La chaleur dégrade tous les médicaments, notamment les liquides et pommades.

Les comprimés et gélules absorbent facilement l'humidité ambiante, ce qui les détériore. Pour cela, on peut utiliser le capteur de confort pour contrôler la température et l'humidité pour maintenir le local pharmaceutique en bonne condition.

I.8. Le choix des capteurs

Pour mesurer les différents paramètres de notre projet (la température, l'humidité et la pression) nous avons le choix entre de nombreux capteurs, mais l'inconvénient de la plupart de ces capteurs est que leur tension de sortie ne varie pas linéairement en fonction de la température, de pression et d'humidité, ce qui oblige à une correction pour connaître avec précision la valeur exacte.

Aujourd'hui il existe de grande précision et à sortie linéaire, bon marché et facile d'emploi comme le capteur de température LM335.

I.9. capteur de température LM335

I.9.1. Définition

Le capteur de température est un dispositif qui permet de transformer une grandeur physique (Température) en une grandeur électrique (tension ou courant).

Lm335 est un capteur de température précis est facilement calibré. Il fonctionne comme une diode zener dont la tension de claquage est directement proportionnelle à la température absolue avec un facteur proportionnel de $+10\text{mV}/^\circ\text{K}$. Avec une impédance dynamique. Il peut fonctionner de -40°C à 100°C sous un courant constant pouvant varier de $400\mu\text{A}$ à 5mA . La tension à ces bornes est de $2,98\text{V}$ à 25°C , le montage le plus utilisé pour ce composant est donnée par la figure suivante [7].

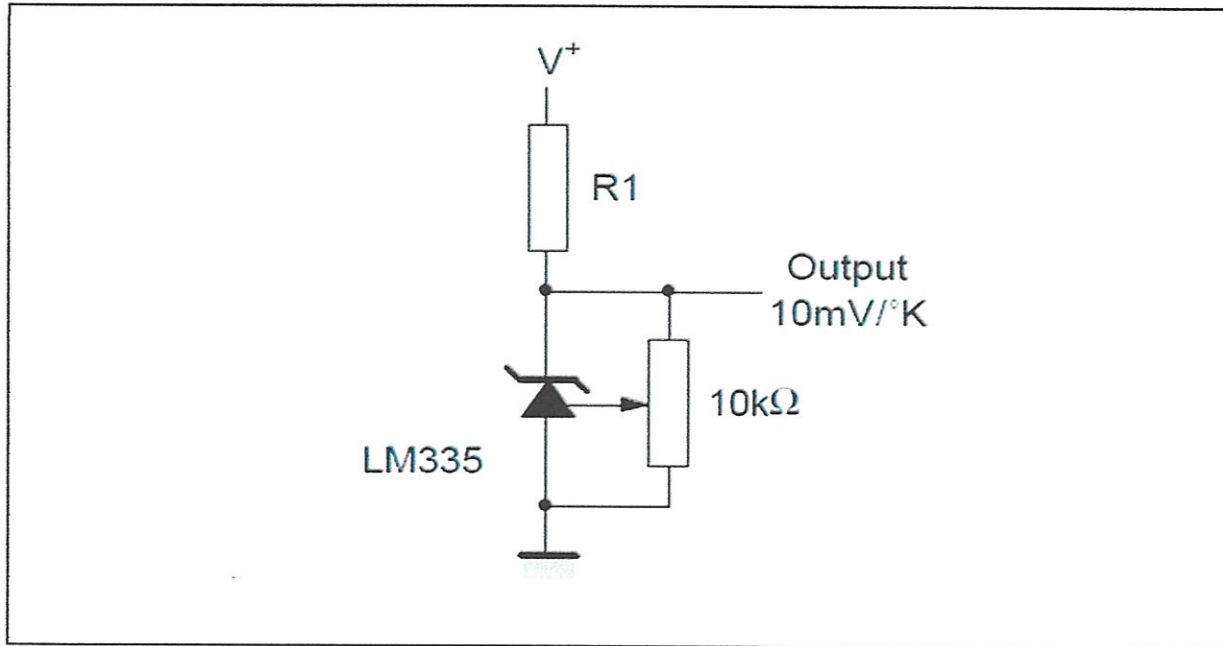


FIG.I.8: montage du LM335 [7]

le potentiomètre utilisé pour l'étalonnage.

I.9.2. Caractéristiques du capteur de température LM 335

Comme tout le dispositif électrique le capteur LM335 a des caractéristiques spéciales, On les résume dans le tableau suivant.

Tension de sortie a $+25^\circ\text{C}$	2.98 V
Plage de la tension d'alimentation	0.4V a 5V
Sensibilité	10mv/°K
Précision	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ (a 25°C)
Type de boîtier	TO 92

TABLE.I.5 : quelques caractéristiques du capteur LM335 [7]

I.10. capteur de pression MPX4115

Nous avons utilisé le capteur MOTOROLA MPX4115.

I.10.1. Définition de la pression

La pression est la force appliquée à une surface ou répartie sur celle-ci.

Elle se définit comme suit :

$$P = \frac{F}{S}$$

P : pression en N/m^2 (1 Pa = 1 N/m^2)

F : force en Newton

S : surface en m^2

La pression est souvent exprimée en bar (1 bar = 10^5 Pa)

Certains constructeurs utilisent des unités anglo-saxonnes p.s.i (1 p.s.i = 0,07 bar)

I.10.2. Définition

Le capteur de pression MPX4115 est un dispositif qui permet de transformer une pression en une tension, C'est un capteur intégré sur une puce, a une grande fiabilité, Il peut fonctionner de $-40^{\circ}C$ à $125^{\circ}C$. ces facteurs qui sont rendre le capteur de pression MPX4115 un choix logique et économique pour notre projet. La figure suivante montre le montage le plus utilisé.

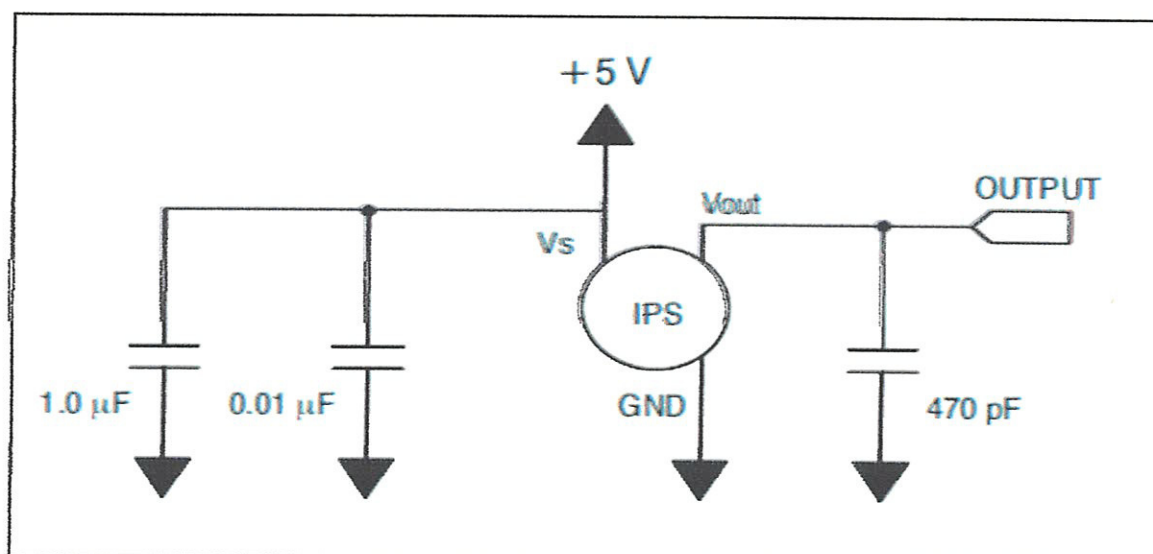


FIG.I.9 : montage du MPX4115

I.10.3. Caractéristiques du capteur de pression MPX4115

Sont résumés dans le tableau dans le tableau suivant.

Tension de sortie a 85 kPa	3.5 V
tension d'alimentation	4.85V a 5.35V
Plage de pression	15kPa a 115kPa
Précision	±1.5%
Temps de réponse	1ms

TABLEAU I.6 : quelques caractéristiques du capteur MPX4115 [7]

La courbe qui montre la relation entre la pression mesurée et la tension de sortie est la suivante.

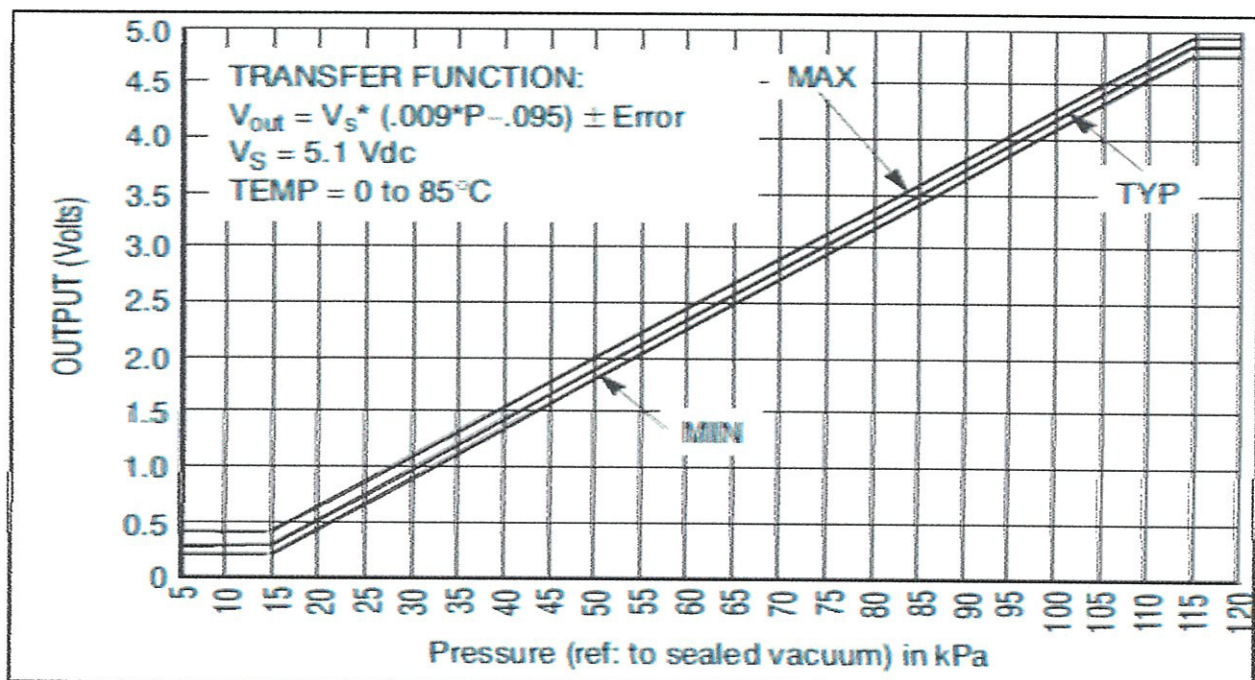


FIG.I.10 : la relation entre P mesurée et la tension de sortie

I.11. capteur d'humidité HIH-5030

Nous avons utilisé le capteur HIH5030.

I.11.1. Définition de l'humidité

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou dans une substance (ligne, pain, produit chimique, etc.).

Unité de l'humidité

L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage.

Un air saturé en vapeur d'eau a une humidité relative de 100 % ; un air très sec, une humidité de 10 à 20 %. Un capteur d'humidité permet d'évaluer l'humidité dans l'air.

I.11.2. Définition

Le capteur d'humidité HIH5030 est un dispositif qui permet de mesurer l'humidité dans l'air, et donne à nous des grandeurs électriques (tension) qui permet de connaître le taux d'humidité. sa figure à une très petite taille, des dimensions très petites, simple à l'utilisation, et à une réponse linéaire.

I.11.3. Environnement d'exploitation

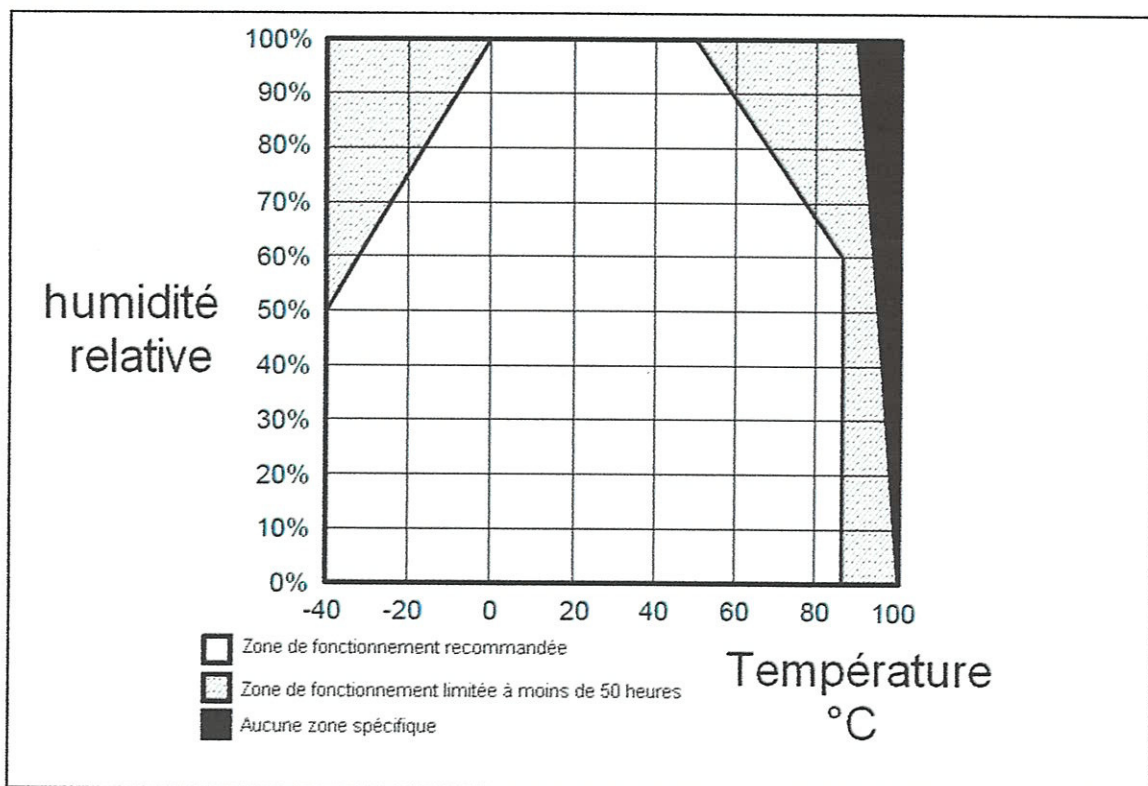


FIG.I.11 : les zones de fonctionnement pour HIH-5030

Les courbes qui montrent la relation entre l'humidité mesurée et la tension de sortie sont suivantes.

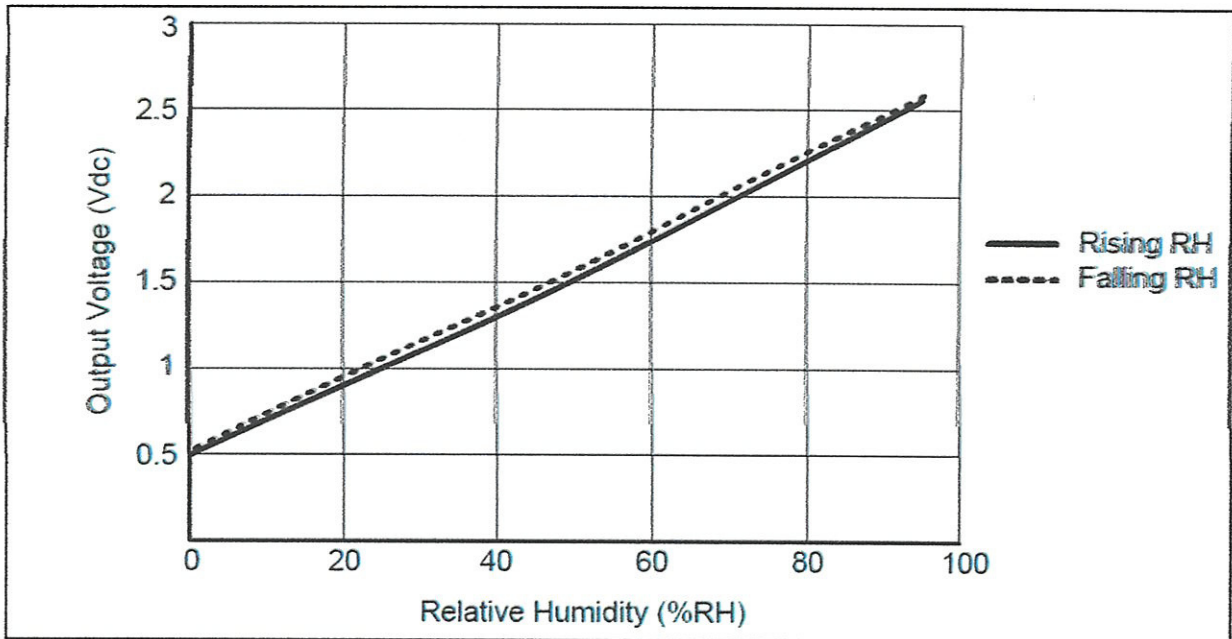


FIG.I.12 : la relation entre H mesurée et la tension de sortie (a 25°C)

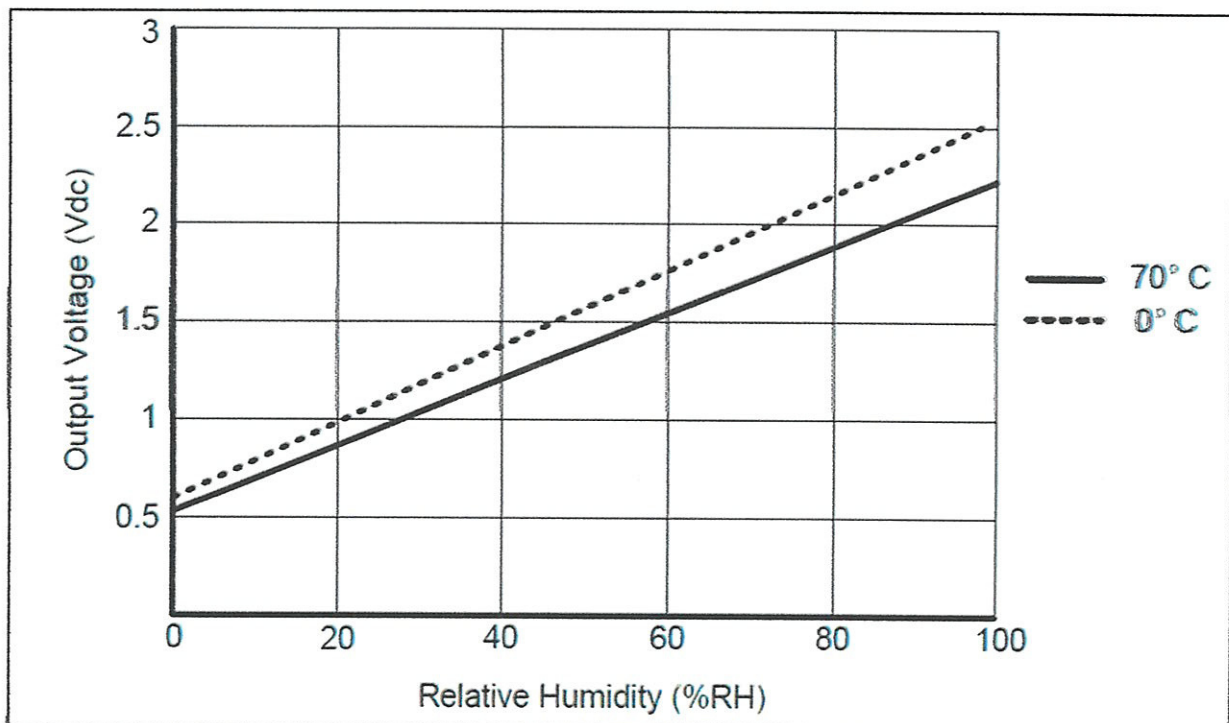


FIG.I.13: la relation entre H mesurée et la tension de sortie (a 0°C et 70°C)

I.11.4. Caractéristiques du capteur HIH-5030

On peut résumer quelques caractéristiques dans le tableau suivant :

tension d'alimentation	2.7V a 5.5 V
Précision de détection	3.0%
Plage d'humidité	0 à 100% RH
Temps de réponse (dans l'air lent)	5s
Temps de stabilisation maximum	70 ms
Température de fonctionnement	-40°C a 85°C
Dispositif couvert	oui

TABLE.I.7 : quelques caractéristiques du capteur HIH-5030[7]

Tel que: **RH** : humidité relative

L'humidité relative (%HR ou RH) est le degré de saturation - ou la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air - relatif à la quantité qu'il contiendrait s'il était saturé. L'humidité relative est souvent exprimée en pourcentage ; un air saturé à une température donnée a 100%HR.

I.11.5. L'utilisation du HIH5030

I.11.5.1. Application médicaux

- compresseurs d'air hôpitaux
- Incubateurs de bébé
- Les Microenvironnements
- les équipements de sommeil
- les surveillances de stress

I.11.5.2. Application industriels

- Les compresseurs d'air
- Les systèmes alimentés par batterie
- L'équipement de dessiccation

- Froid (vrac et systèmes de transport)
- les armoires des Télécommunications
- Les stations météorologiques et de l'équipement de météorologie

I.12. Conclusion

Les définitions et les classifications dans ce chapitre nous ont permis de comprendre le fonctionnement et l'utilisation des capteurs dans plusieurs domaines et surtout dans le domaine médical.

Chapitre II

Les
microcontrôleurs

II.1. introduction

Un microcontrôleur se présente comme étant une unité de traitement de l'information de type microprocesseur contenant tous les composants d'un système informatique, à savoir microprocesseur, des mémoires et des périphériques (ports, timers, convertisseurs...). Chaque fabricant a sa ou ses familles de microcontrôleur. Une famille se caractérise par un noyau commun (le microprocesseur, le jeu d'instruction...). Ainsi les fabricants peuvent présenter un grand nombre de pins qui s'adaptent plus au moins à certaines tâches.

Mais un programmeur connaissant une famille n'a pas besoin d'apprendre à utiliser chaque membre, il lui faut connaître juste ces différences par rapport au père de la famille. Ces différences sont souvent, la taille des mémoires, la présence ou l'absence des périphériques et leurs nombres.

II.2.les avantages des microcontrôleurs

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables a plusieurs points forts et bien réels [10].

- un microcontrôleur intègre dans un seul et même boîtier ce qui, avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement de matériel et de circuit imprimé.
- Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de donnée d'un composant à un autre.
- L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composants diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimés diminue.
- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux :
 - Moins cher que les autres composants qu'il remplace.
 - Diminuer les coûts de main d'œuvre.
- Réalisation des applications non réalisables avec d'autres composants.

II.3. Les inconvénients 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.
- Les microcontrôleurs les plus intégrés et les moins coûteux sont ceux disposant de ROM programmables par masque.
- Fabrication uniquement en grande série >1000.
- Défaut relatif car il existe maintenant systématiquement des versions OTPROM un peu plus chère.

II.4. structure d'un microcontrôleur

Un microcontrôleur doit contenir dans un seul boîtier tous les éléments de bases qu'on verra par la suite. Les fabricants des circuits intégrés ont affinés un peu la définition de ce qu'il fallait intégrer pour arriver à un schéma type analogue à la figure suivante :

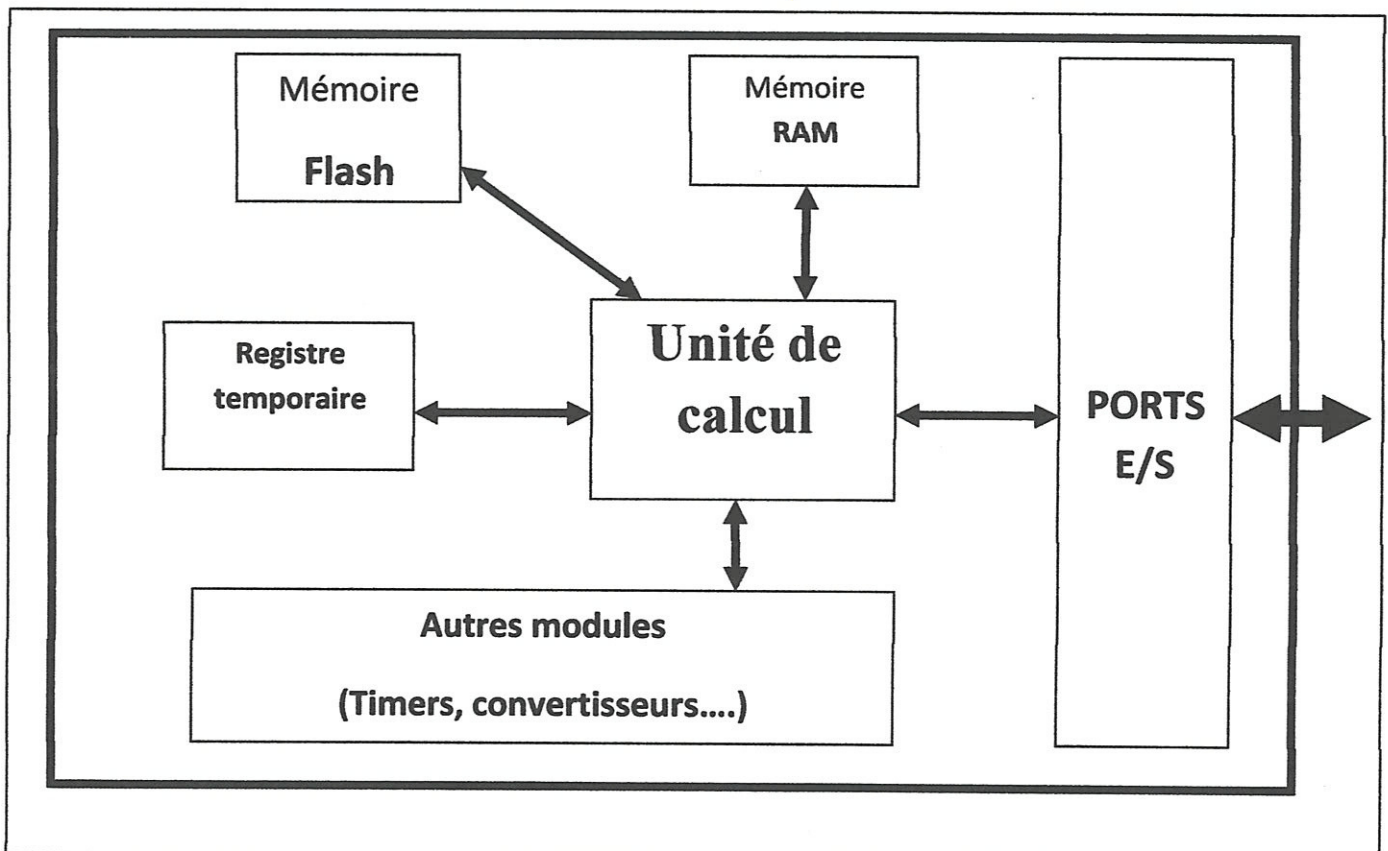


FIG.II.1: structure d'un microcontrôleur

II.5. les PICs de Microchip

Les PIC (Programmable Interface Contrôler), sont des microcontrôleurs, ils sont composés essentiellement des registres ayant chacun une fonction bien définie [10]. Les PICs possèdent également des périphériques intégrés, tels qu'une mémoire EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory), un timer, des ports d'entrées/ sorties ou bien encore un convertisseur analogique/numérique. Selon le type de PIC utilisé, on retrouvera en interne un certain nombre de registres et périphériques possédant des caractéristiques différentes. Les différences de caractéristiques selon le PIC utilisé sont:

- La taille de la RAM interne ;
- La mémoire EEPROM intégrée ;
- Le type de mémoire programme : FLASH, EPROM et la taille de celle-ci.
- Le timer intégré ;
- Les convertisseurs analogique/numérique intégrés.

II.6. structure minimale d'un PIC

La structure minimale d'un PIC est constituée des éléments ci-dessous [10]:

- Une mémoire de programme contient le code binaire correspondant aux instructions que doit exécuter le microcontrôleur. La capacité de cette mémoire est variable selon les PIC
- Une mémoire RAM sauvegarde temporairement des données. Sa capacité est aussi variable selon les PIC
- Une Unité Arithmétique et Logique (UAL ou ALU en anglais) est chargée d'effectuer toutes les opérations arithmétiques de base (addition, soustraction, etc.) ainsi que les opérations logiques de base (ET, OU logique, etc.).
- Des ports d'entrées/sorties permettent de dialoguer avec l'extérieur du microcontrôleur,
- Un registre compteur de programme (CP ou PC en anglais), est chargé de pointer l'adresse mémoire courante contenant l'instruction à réaliser par le microcontrôleur. Le contenu du registre PC évolue selon le pas de programme.

Un registre pointeur de pile (PP ou SP en anglais) est essentiellement utilisé lorsque l'on réalise un sous-programme. Le pointeur de pile est chargé de mémoriser l'adresse courante que contient le compteur de programme avant le saut à l'adresse du sous-programme.

Lorsque le sous-programme est terminé, le pointeur restitue l'adresse sauvegardée vers le compteur de programme.

Un registre d'instruction contient tous les codes binaires correspondant aux instructions à réaliser par le microcontrôleur.

Un registre d'état est en relation avec l'UAL et permet de tester le résultat de la dernière opération effectuée par le microcontrôleur. Selon la dernière opération effectuée, des bits sont positionnés dans le registre d'état et ceux-ci peuvent être testés à l'aide d'une instruction de branchement pour effectuer des sauts conditionnels.

Une horloge système permet de cadencer tous les échanges internes ou externes au microcontrôleur.

La dénomination PIC est sous copyright de Microchip.

Les PICs sont des composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore composant à jeu d'instructions réduit.

II.7. les familles de PICs

La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles [11]:

A/La famille "Base-Line" :c'est une famille qui utilise des mots d'instructions de 12 bits, on peut trouver dans la famille base-line de chez Microchip :

- Les 10FXXX, 6 pattes dont 4 entrée/sorties, très peu de mémoire, une horloge interne de 4MHz.
- Les 12FXXX, 8 pattes, 6 entrées/sorties, un peu plus de mémoire que les précédents, la même horloge.

B/La famille "Mid-range" :c'est une famille qui utilise des mots de 14 bits, c'est la famille les plus utilisée d'un les différents applications, et dont font partie les PICs 16F876 et 16F877.

C/la famille "High-End" : c'est une famille qui utilise des mots de 16 bits, parmi les plus connu la les PICs 18F452, 18F2220, 18F252.

II.8. identification d'un PIC

Pour identifier un PIC, nous utilisons simplement son numéro [11]: NN LLL XXX.

- Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, 16 indique un PIC Mid-Range, Vient ensuite parfois une lettre L : Celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante. Ensuite, on trouve :
 - *C : indique que la mémoire programme est une EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory) ou plus rarement une EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory)
 - *CR : pour indiquer une mémoire de type ROM et F pour indiquer une mémoire de type FLASH.
- Notez que seule une mémoire FLASH ou EEPROM est susceptible d'être effacée.
- Puis vous constatez que les derniers chiffres identifient précisément le PIC (877).
- Finalement vous verrez sur les boîtiers le suffixe <<-XX >> dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir. Exemple -04 pour un 4MHz.

EXEMPLE 16F877-04

16 : PIC Mid-range

F : mémoire programme est de type FLASH.

877 : réinscription de type 877.

-04 : fréquence d'horloge de Mhz.

II.9. le choix de PIC

Le choix d'un microcontrôleur est essentiel, il dépend des performances, On doit choisir un microcontrôleur qui adapte mieux à notre but. Pour choisir un microcontrôleur il faut savoir:

- le nombre de pattes qu'on a besoin.
- la vitesse où on travaille .
- la mémoire programme (pour sauvegarder le programme).
- la mémoire RAM (pour le calcul que le microcontrôleur doit les effectuer).
- le prix de microcontrôleur.
- l'existence de microcontrôleur désiré dans le marché.

Le pic 16F877 possède en plus des instructions très puissantes donc un programme à développer réduit.

II.10. le PIC 16F877

Le pic 16F877 est un circuit intègre contenu dans un boîtier, il présente 40 broches, 20 de chaque coté [12]. Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40. La 1ere broche est placé dans le coin situé à gauche de l'encoche de repérage.

Nous allons maintenant s'intéresser à la structure interne du PIC 16F877, avec lequel nous avons travaillé.

Le 16F877 est un microcontrôleur dont la mémoire programme est capable d'accepter une fréquence d'horloge maximale de 4Mhz.

II.10.1. Caractéristiques générales

II.10.1.1. Brochage du 16F877

Les PINS essentielles de PIC16F877 sont [11]:

- MCLR : Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur.
- Oscillateur : OSC1 et OSC2 ou CLKIN et CLOUT.

Ces broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC.

- Alimentation : VDD et VSS.

Ce sont les broches d'alimentation du circuit. Les tensions qui peuvent être appliquées vont :

- De 4,5V à 6V pour la gamme standard F.
- De 2 à 6V pour la gamme étendue LF.

L'intensité du courant consommé peut aller de 1 μ A à 10mA.

- L'Interruption : RBO/INT.

Cette broche à une double fonction elle peut être utilisée comme une broche standard RBO ou comme une entrée d'interruption INT.



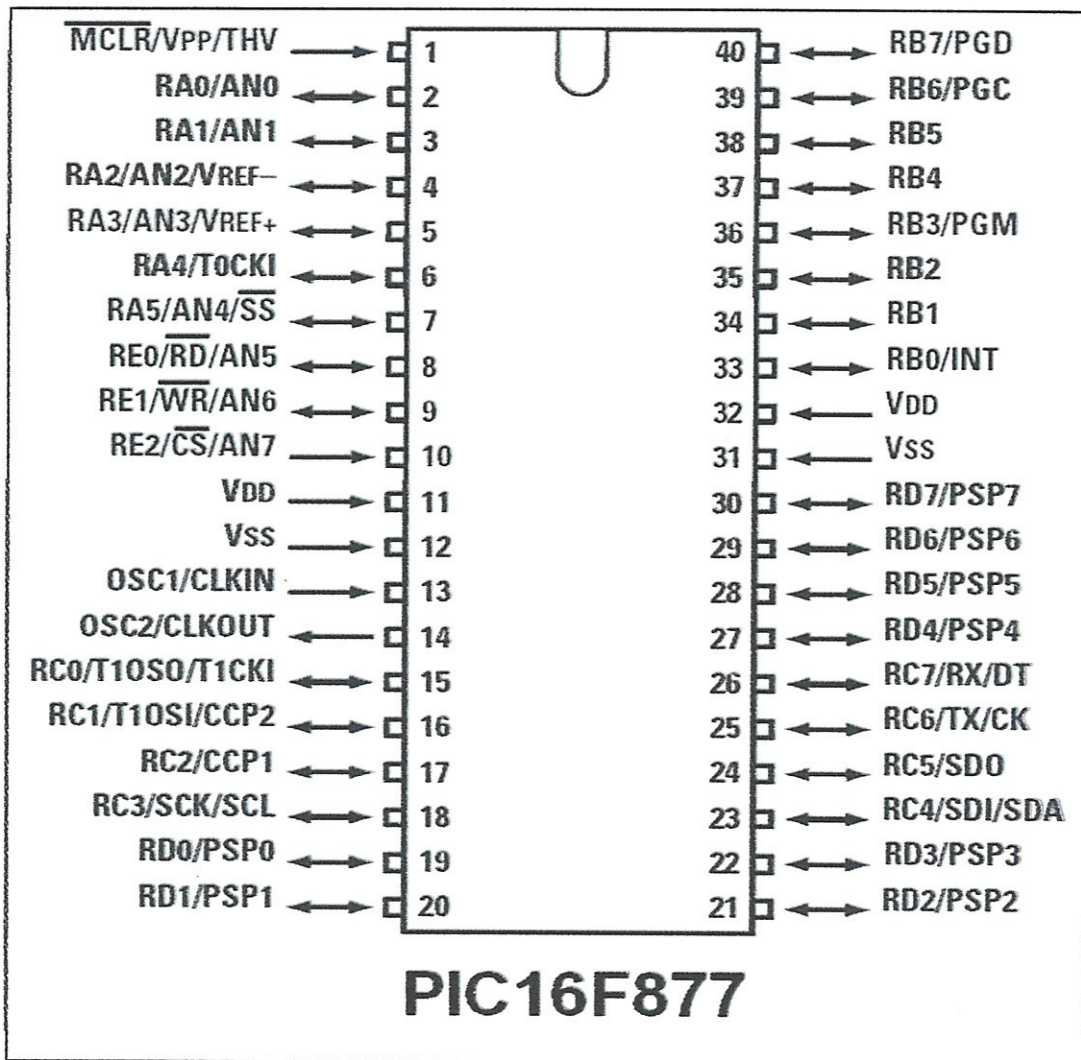


FIG.II.2 : brochage de 16F877

II.10.1.2. Architecture interne du 16F877

Comme tous les circuits intégrés, chacun de ses broches à une ou plusieurs fonctions qui sont résumées par un sigle mnémotechnique [12].

Ce microcontrôleur présente une architecture Harvard (L'architecture de type Harvard est une conception de microprocesseurs qui sépare physiquement la mémoire de données et la mémoire programme. L'accès à chacune des deux mémoires s'effectue via deux bus distincts), les données sont placées dans une mémoire de type RAM de 368 bytes. La mémoire de programme est constituée de mot de 14 bytes, est type FLASH.

Ces ressources sont donc précieuses, en comparaison de celles d'autres composants. Le 16F877 possède encore 5 ports (A à E) et 3 temporisateurs (Timers), ce diagramme bloc présente les composantes du 16F877 :

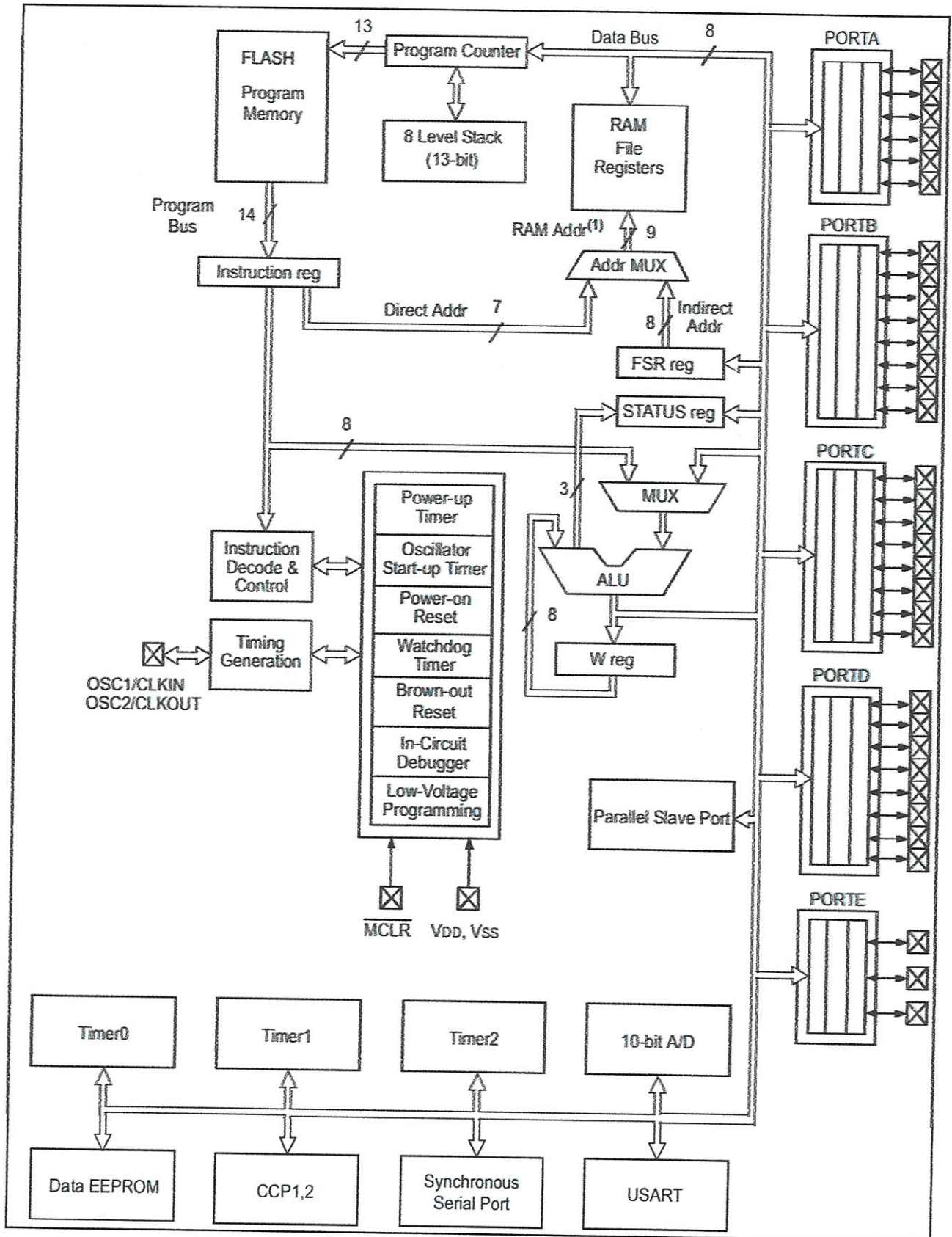


FIG.II.3 : Architecture interne du PIC 16F877

II.10.2.Particularités électriques

On constate que sur le schéma concernant le 16F877, on a deux connexions « VSS » qui sont reliées à la masse. En fait, en interne, ces pins sont interconnectés. Les courants véhiculés dans le Pic sont loin d'être négligeables du fait des nombreuses entrées/sorties disponibles [11].

➤ Le TIMER

Un timer est un registre interne au microcontrôleur, celui-ci s'incrémente au grès d'une horloge, ce registre peut servir par exemple pour réaliser des temporisations, ou bien encore pour faire du comptage (par l'intermédiaire d'une broche spécifique : RA4/TOKI). Le PIC 16F877 possède trois timers sur 8 bits (il compte jusqu' ' à 256) configurable par logiciel.

➤ Les ports entrées/sorties

On dispose de 33 broches d'entrées/sorties, chacune configurable soit en entrée soit en sortie (port A, port B, port C, port D, port E).

Un registre interne au PIC, nommé TRIS (registre de direction), permet de définir le sens de chaque broche d'un port d'entrées/sorties. En règle générale, un bit positionné à « 0 » dans le registre TRIS donnera une configuration en sortie pour la broche concernée ; si ce bit est positionné à « 1 », ce sera une broche d'entrée.

▪ Le port A

Le 16F877 dispose de 5 canaux d'entrée analogique. Nous pouvons donc échantillonner successivement jusque 5 signaux différents avec ce composant. Les pins utilisés sont les pins AN0 à AN4 (qui sont en fait les dénominations analogiques des pins RA0 à RA3 + RA5).

On peut noter également que les pins ANx sont des pins d'entrée. Il n'est donc pas question d'espérer leur faire sortir une tension analogique. Ceci nécessiterait un convertisseur numérique/analogique dont n'est pas pourvu notre PIC.

▪ Le port B

Hors de sa fonction principale autant que ports d'entrées /sorties, on note le pin RB0 qui, en configuration d'entrée, est de type « trigger de Schmitt » (bascule à trois entrées). Quand elle est utilisée en mode interruption « INT » ; La lecture simple de RB0 se fait de façon classique, en entrée de type TTL (Transistor-Transistor Logic).

Encore il y a RB3-RB6-RB7 qui peut servir dans la programmation.

➤ Le port C

C'est un port tout ce qu'il y a de plus classique, Or qu'il a deux pins qu'on utilise dans la communication série avec le PC à travers (TX et RX) (pin17 et 18).

➤ Le port D

Ce port fonctionne de façon identique aux autres, dans son mode de fonctionnement général. Le registre TRISD comportera donc les 8 bits de direction.

➤ Port E

Ce port ne comporte que 3pins, RE0 à RE2, contrairement aux autres ports, les bits non concernés de TRISE sont implantés pour d'autres fonctions.

➤ L'oscillateur

L'horloge système peut être réalisée

- soit avec un quartz.
- soit avec une horloge extérieure.
- soit avec un circuit RC.

Dans ce dernier cas, la stabilité du montage est limitée.

La fréquence maximale d'utilisation va dépendre du microcontrôleur utilisé. Le suffixe indiqué sur le boîtier donne la nature de l'horloge à utiliser et sa fréquence maximale.

➤ MCLR

La broche MCLR permet de réaliser un Reset du circuit quand elle est placée à 0V.

➤ RESET

Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur. Ce dernier dispose en interne d'un circuit de détection de niveau, quand la tension d'alimentation est comprise entre 1.2v et 1.7v il démarre une procédure d'initialisation.

Cette broche peut être seulement reliée à Vdd (tension d'alimentation) si on n'a pas besoin de reset externe. Par contre si on souhaite implanter un bouton de remise à zéro on pourra câbler un simple réseau RC sur la broche MCLR.

II.11. Conclusion

Ce chapitre est un portail pour notre réalisation et conception matérielle, on a présenté tous ce qui nous intéresse concernant les microcontrôleurs, de la description générale sur ces derniers, jusqu'à l'architecture externe et interne du PIC 16F877 qu'on a utilisé dans notre projet, il nous a permis de maîtriser les options de notre pic et ses caractéristiques afin de les exploiter d'une manière correcte. et on a conclu que ce petit circuit qui a une taille de l'ordre de quelque centimètre est le cœur de notre projet.

Chapitre III

Conception
et Réalisation
Pratique

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons une description détaillée pour la conception et la réalisation de notre capteur de confort médical qui contrôle l'environnement, en abordant la conception détaillée de chaque partie du capteur afin d'obtenir une schématisation complète et précise.

III.2. partie software

III.2.1. introduction

La programmation des microcontrôleurs PIC est supportée par plusieurs langages de programmation tel que :

- L'assembleur
- MPLAB
- langage C ou C++.

Pour la programmation de notre PIC, le langage C est intéressant. Il permet rapidement de développer des programmes fonctionnels. Aussi Il à l'avantage de gérer facilement les boucles, les choix...

III.2.2. Langage de programmation mikroC PRO for PIC

C'est un langage de programmation orienté vers la programmation de quelques composants développés tels que les microcontrôleurs, les microprocesseurs. *La programmation en mikroC PRO for PIC est simple. L'entreprise mikroElektronika est le producteur de logiciel mikroC PRO for PIC.*

Un programme écrit en mikroC PRO for PIC est simple et clair puisque ce langage est orienté vers les débutants, les développeurs et les professionnels.

Le mikroC PRO for PIC donne à l'utilisateur des exemples de programmations de plusieurs composants électroniques (RS232, l'afficheur LCD...) puisque l'aide de ce programme est riche car mikroElektronika travaille sur l'enrichissement de la bibliothèque des exemples.

Toutes ces caractéristiques nous encouragent à choisir ce langage de programmation. De plus, le nombre des utilisateurs de ce logiciel devient de plus en plus important.

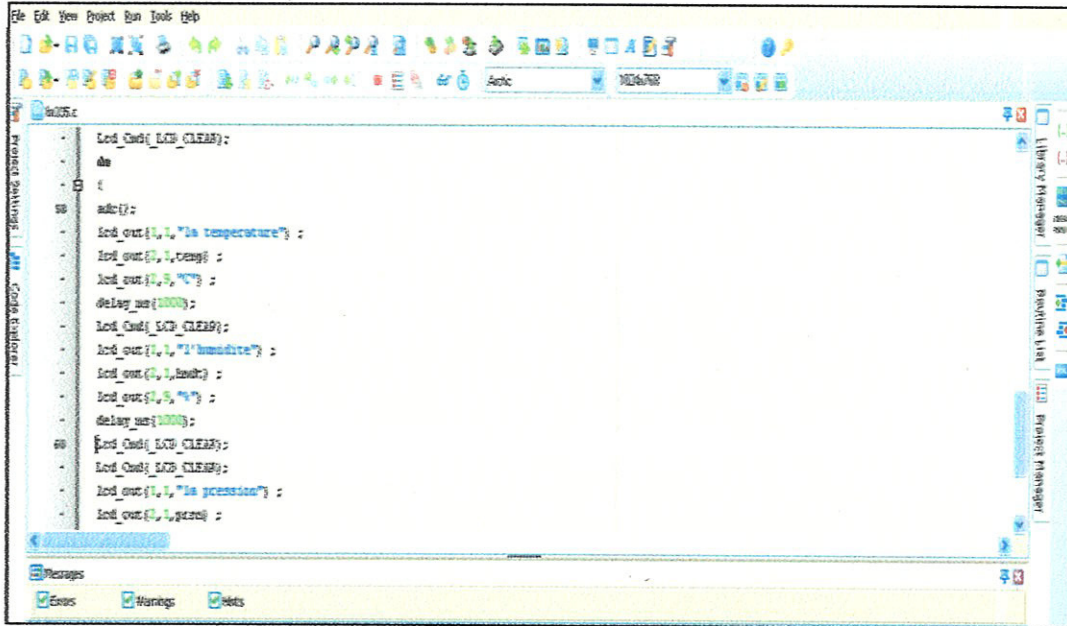


FIG.III.1: fenêtre mikroC PRO for PIC

III.2.3.compilateur de PIC

III.2.3.1. Choix du compilateur

Il existe plusieurs compilateurs C pour PIC, et notre choix s’est porté sur l’outil nommé **PIC C Compiler** qui permet de compiler le programme pour générer le code Hexadécimal. Avec **PIC C Compiler** on peut faire l’essentiel de ce qu’on peut faire avec l’assembleur ou d’autres langages.

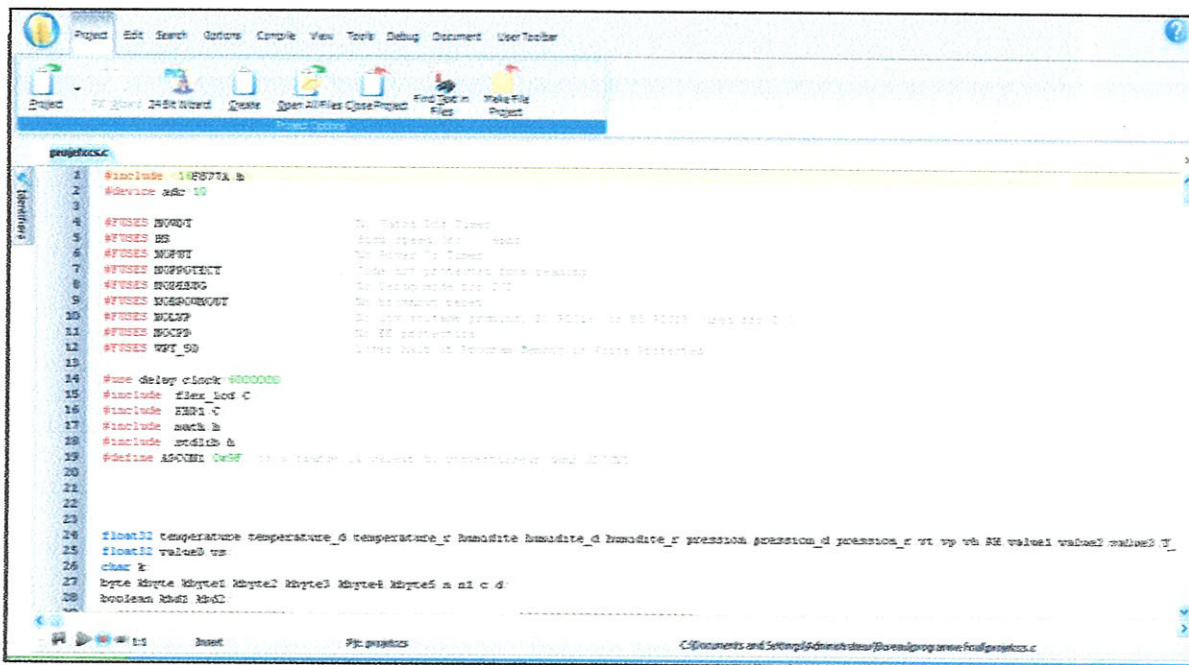


FIG.III.2: fenêtre PIC C Compiler

III.2.4.Organigramme de programme utilisé

Le programme doit commencer par une directive de compilation qui indique au compilateur quel sont les fichiers à inclure, ensuite il faut configurer le microcontrôleur à travers le registre de configuration, et après ça il faut indiquer au compilateur la fréquence du microcontrôleur.

La dernière partie est la partie du programme principale, elle est subdivisée en deux parties : dans la première partie le programmeur doit configurer et initialiser chaque port, et la deuxième partie est dédiée au programme qui va définir la tâche à effectuer par microcontrôleur.

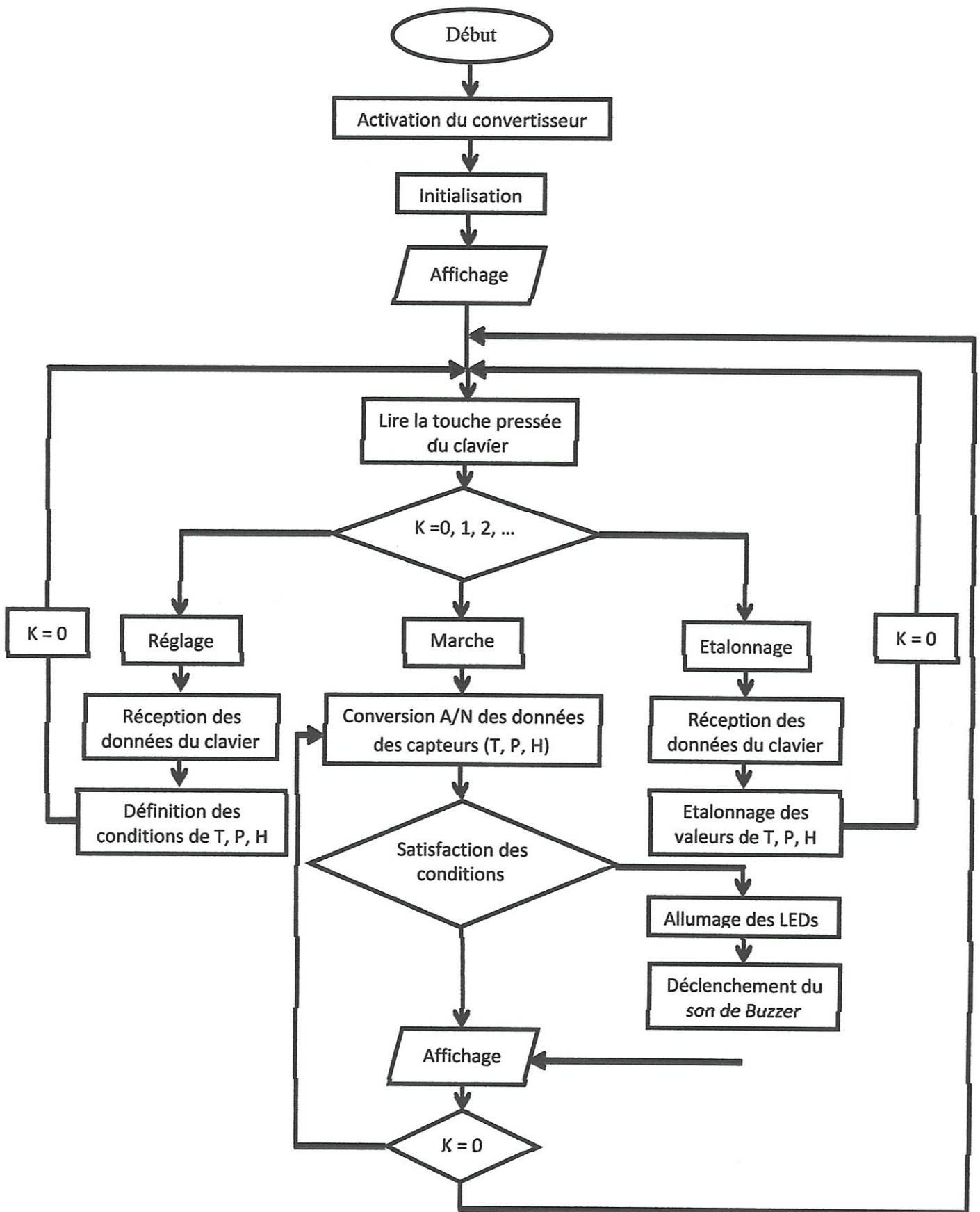


FIG.III.3: Organigramme principal

III.2.5.simulation

Après l'étape de compilation du programme, il nous faut le tester, pour cela on passe à l'étape de simulation qui est devenue une étape essentielle et indispensable car elle nous permet tester le programme du PIC, par conséquent visualiser le fonctionnement de ce dernier sur l'ordinateur. Cela nous permettra de gagner beaucoup de temps et diminuer le coût de notre réalisation.

Il existe plusieurs logiciels de simulation électronique tels que :

- Caspoc
- PSpice
- Electronics Workbench
- Proteuse ISIS

L'intérêt de simuler un programme est bien sûr pédagogique car comme nous le verrons, nous allons pouvoir faire visualiser le fonctionnement du PIC avec tous les périphériques de capteur de confort médical. De plus, nous allons pouvoir vérifier le fonctionnement du programme avant de le transférer vers la mémoire de microcontrôleur. Cela nous permettra d'économiser du temps et également d'augmenter la durée de vie de notre PIC.

Pour le dessin du schéma électrique on a utilisée le logiciel ISIS et à travers de ce logiciel on a fait le transfert de fichier hexadécimal dans le PIC.

Isis : est un simulateur des cartes électroniques intégré dans le logiciel **proteus** de l'entreprise **LabcenterElectrnics**. L'utilisation de ce logiciel est simple grâce à l'interface graphique qui rend claires tous les commandes.

La bibliothèque est géante et contient presque tous les composants électroniques connus. De plus la recherche et l'importation sont simples.

Isis est orientée vers les électroniciens débutants, ainsi que les développeurs et les professionnels.

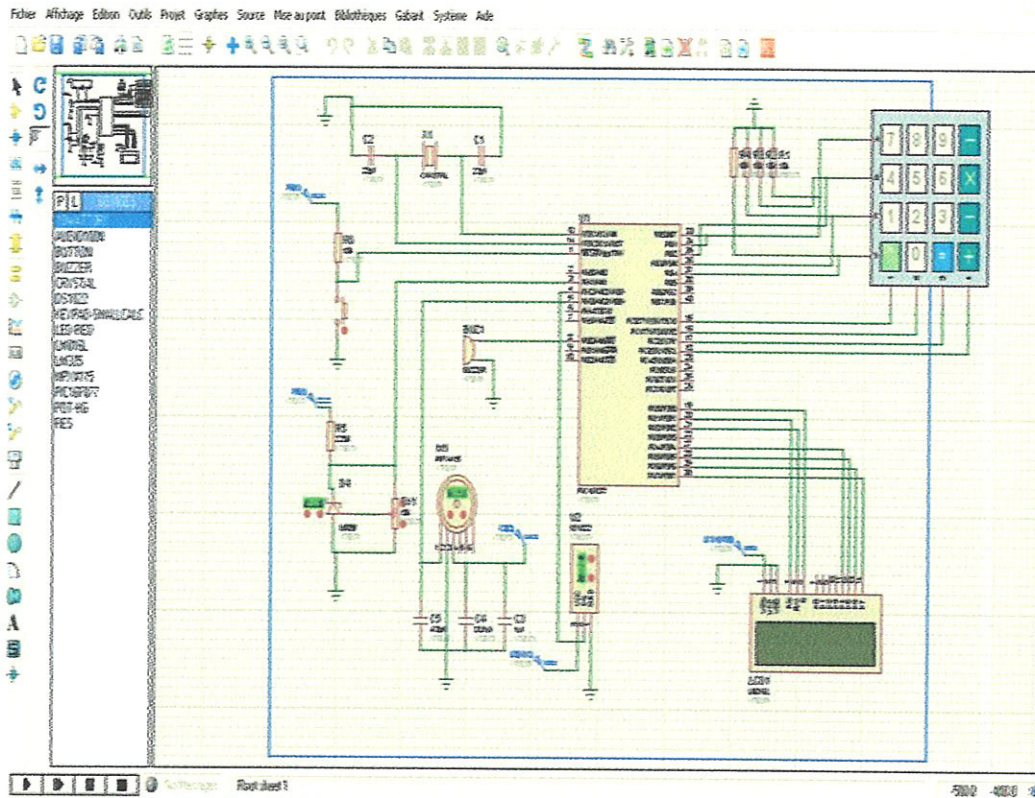


FIG.III.4: fenêtre simulateur Proteuse ISIS

III.2.6. chargement de PIC

Après la compilation du programme et bien évidemment après sa simulation, on passe à une phase très importante c'est le transfert du code source vers le PIC .En effet il suffit d'insérer le PIC 16F877 sur le support du programmeur, puis lancer le programme IC-PROG.

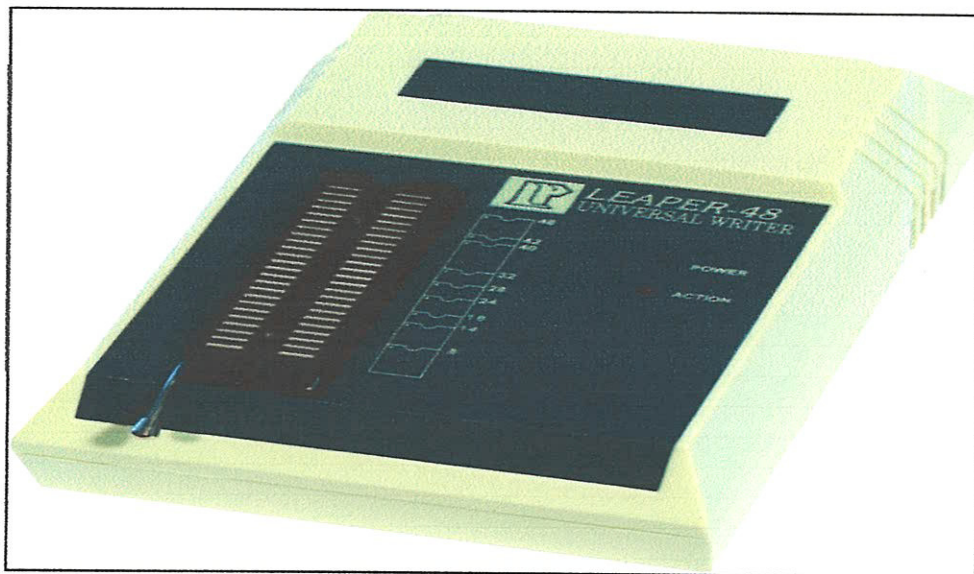


FIG.III.5: fenêtre programmeur de PIC leaper-48 universal

IC-PROG : IC-PROG est un programme qui nous permet de transférer un fichier compilé vers un PIC ou une mémoire.

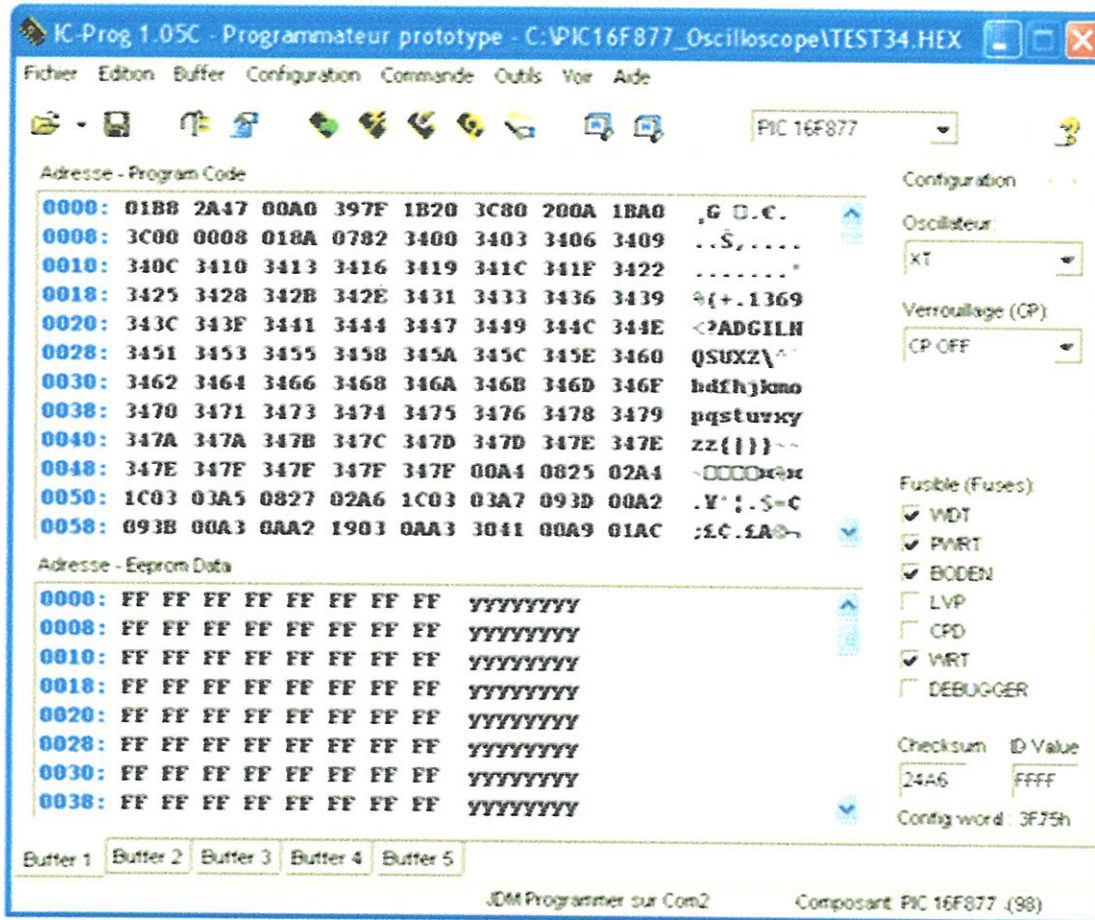


FIG.III.6: fenêtre de PIC IC-PROG

III.3.partie Hardware

III.3.1.introduction

Le capteur de confort médical est un système qui regroupe plusieurs capteurs mesurant les paramètres qui déterminent le "confort" de l'être humain, ces paramètres sont la température, la pression et l'humidité. La conception et l'étude de ce système nécessite d'expliquer en détail les différents blocs qui les constituent, afin d'obtenir une interprétation complète du schéma synoptique de notre dispositif.

On commence par le schéma synoptique que résume tout le projet :

III.3.2.schéma synoptique

Le schéma de principe de la maquette représenté sur la figure suivante

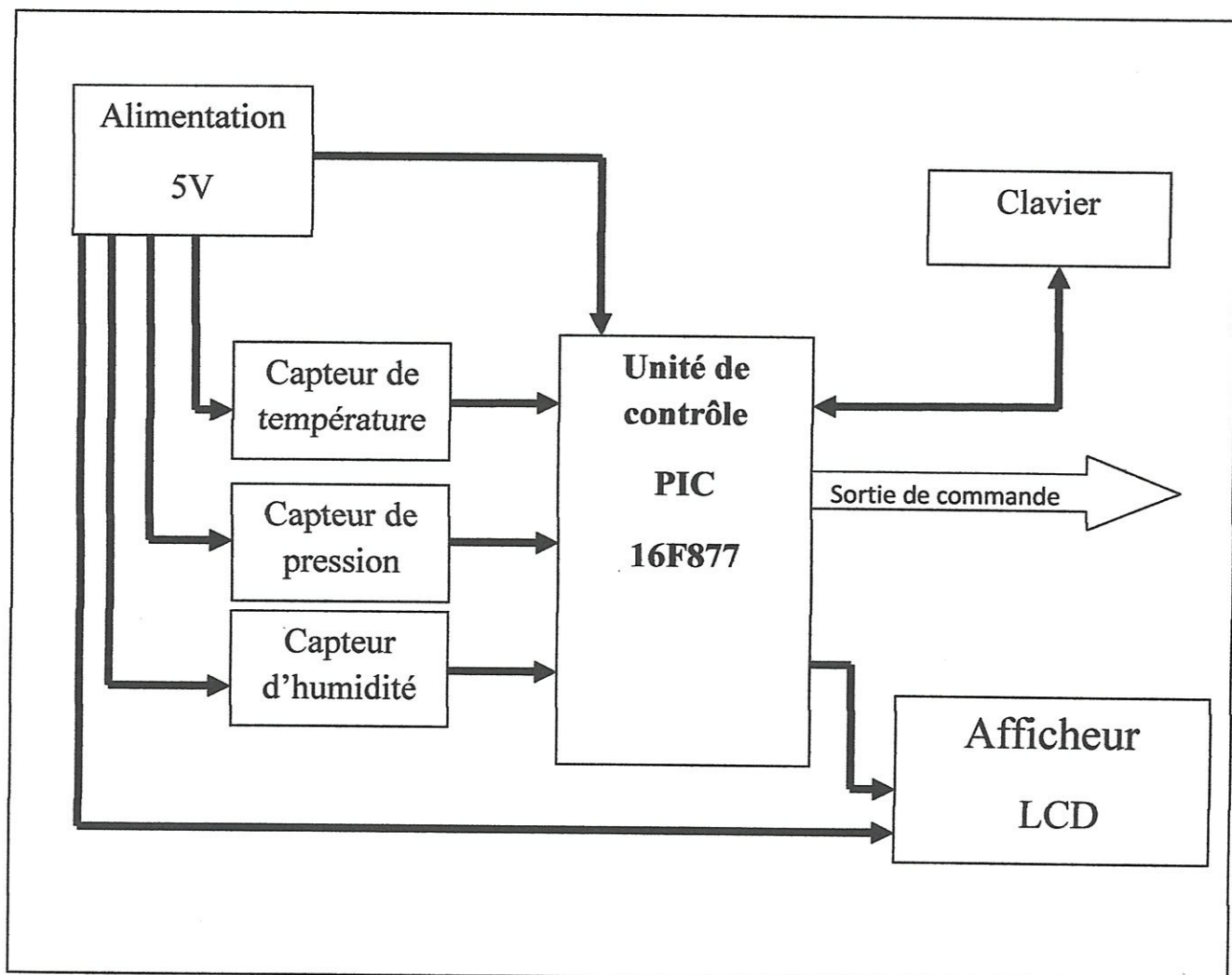


FIG.III.7: schéma synoptique du capteur de confort médical

III.3.3. Alimentation

L'alimentation est une source d'énergie électrique qui fournit la tension et le courant nécessaires pour le fonctionnement des circuits électriques.

Le choix de l'alimentation doit être effectué selon le besoin de tension et de courant.

Notre dispositif est alimenté soit par une alimentation stabilisée à partir du secteur ou par une batterie.

III.3.3.1. Alimentation stabilisée

On a utilisé une alimentation qui fournit une tension de 5V et un courant maximal de 1 A. A partir des caractéristiques électriques des différents composants utilisés (Table III.1).

Composant	Tension d'alimentation (v)	Courant (mA)
PIC 16F877	4 – 5,5	15
LM335 (Capteur de température)	5	0,4 – 5
MPX4115A (Capteur de pression)	4,85 – 5,35	< 10
HIH5030 (Capteur d'humidité)	2,7 – 5,5	0,2 – 0,5
Afficheur LCD	5	-

TABLE.III.1: Caractéristiques électriques des composants utilisés.

L'alimentation utilisée est composée de :

- **Transformateur** : son rôle est d'abaisser la tension d'entrées (220 V du secteur) à 9 V en sortie.
- **Pont de diodes** : Redresse le signal alternatif en récupérant l'alternance négative de la sinusoïde (redressement double-alternance).
- **Condensateur** : Il a pour but de filtrer le signal (avoir un signal quasiment stable).
- **Régulateur** : Pour éliminer les ondulations de la tension fournie par un redressement double-alternance filtré et pour stabiliser la tension à une valeur donnée, pour cela on a utilisé le régulateur 7805.

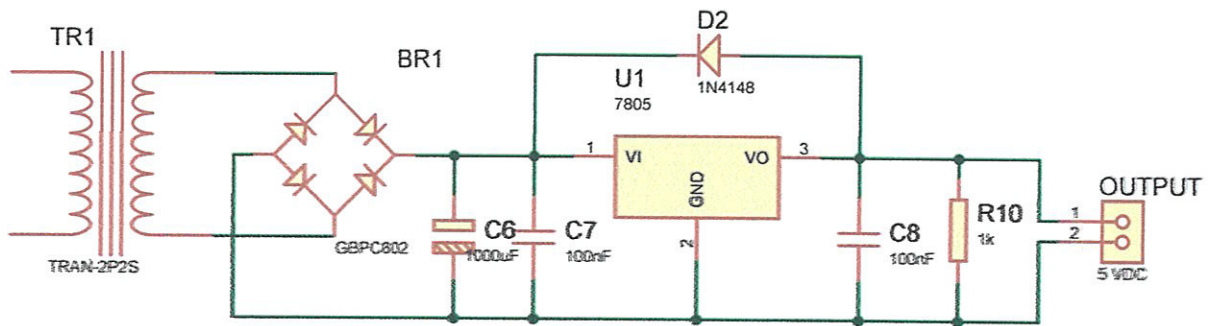


FIG.III.8: schéma électrique de l'alimentation stabilisée (5V, 1A)

III.3.4. Capteur de température LM335

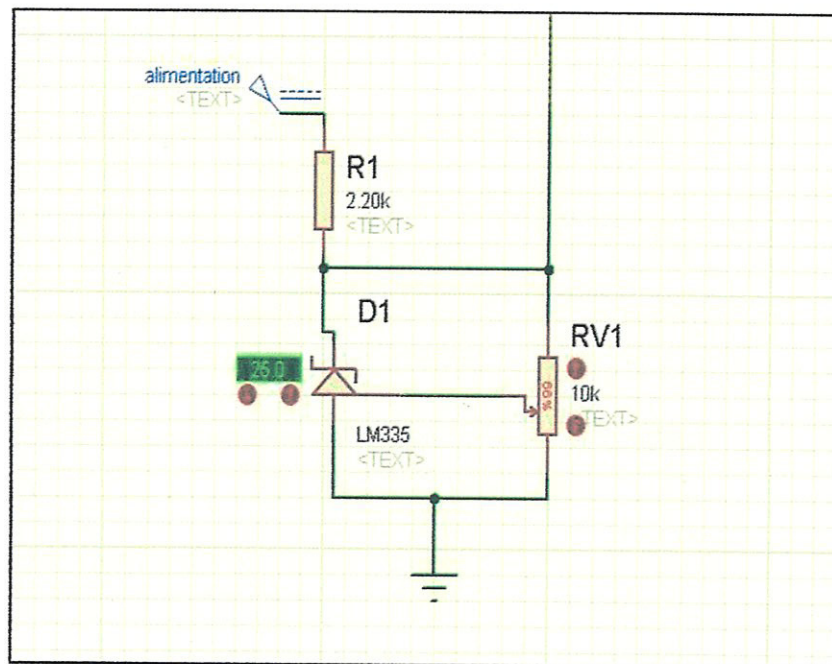


FIG.III.9: capteur de température LM335

III.3.4.1. Brochage

Le capteur LM335 a trois pattes, deux pattes concernent à l'alimentation et la masse, et la dernière patte réservée à la sortie analogique, ou on peut connaître la tension de sortie.

La figure suivante nous donne une vue sur les pattes du capteur de température LM335.

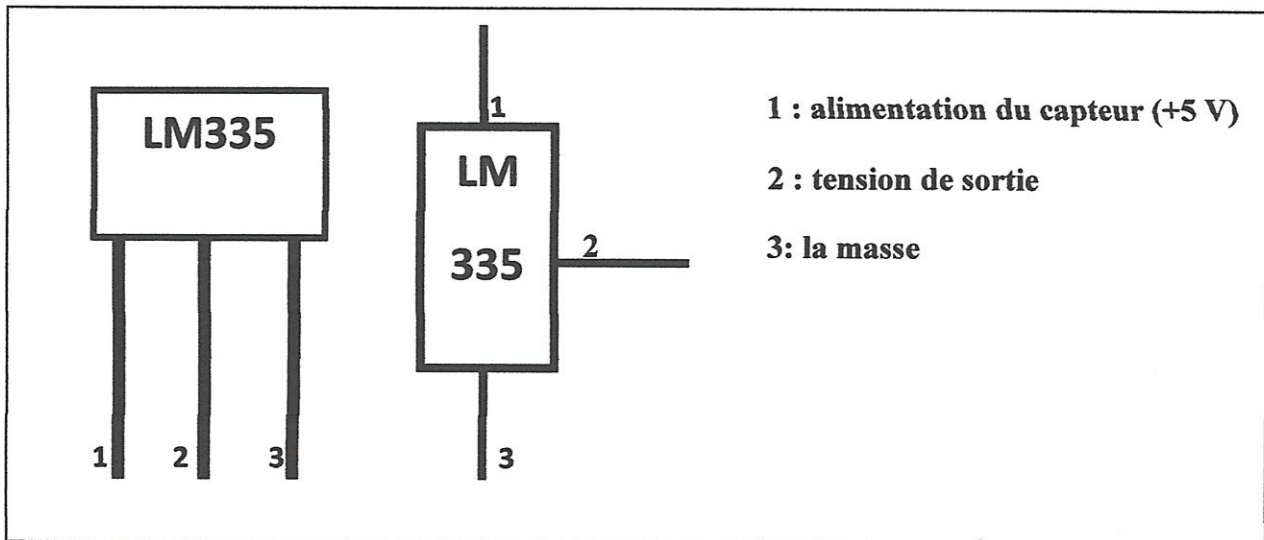


FIG.III.10: Schéma de capteur LM335

III.3.4.2. Fonction de transfert

A 25°C et avec un courant de 1mA circulant dans le capteur (LM335) ; la valeur typique de la tension est 2.98V. la valeur minimal est 2.92 et la valeur maximal est de 3.04V [7].

Le potentiomètre 10kΩ permet de régler le décalage et d'étalonner le capteur. La relation entre la tension et la température est donnée par la formule suivante :

$$V_T = V_{T0} + 0.01(T - T_0)$$

Tel que V_T : tension délivrée par le capteur

T : température ambiante

V_{T0} : tension de référence pour une température T_0 . pour $T_0 = 25^\circ\text{C}$, $V_{T0} = 2.98\text{V}$

On obtient :

$$T (^{\circ}\text{C}) = 100 * V_T - 273.15$$

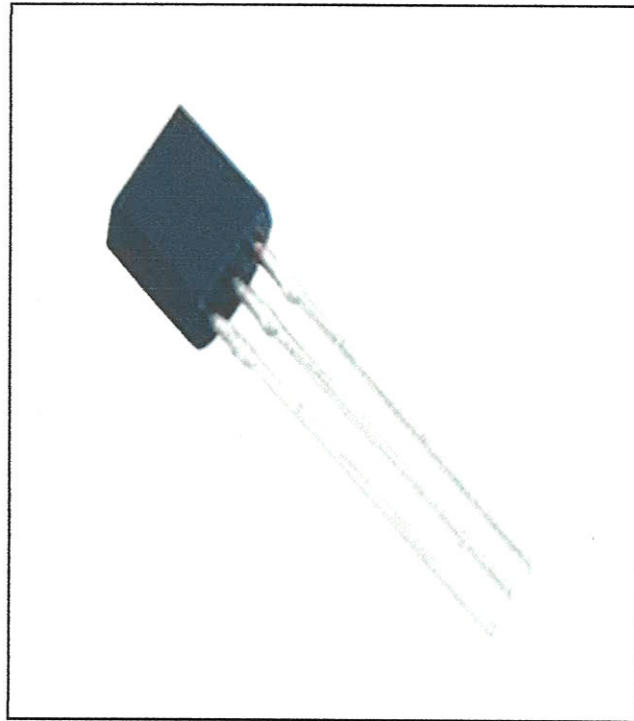


FIG.III.11: Photo de LM335

III.3.5. capteur de pression MPX4115

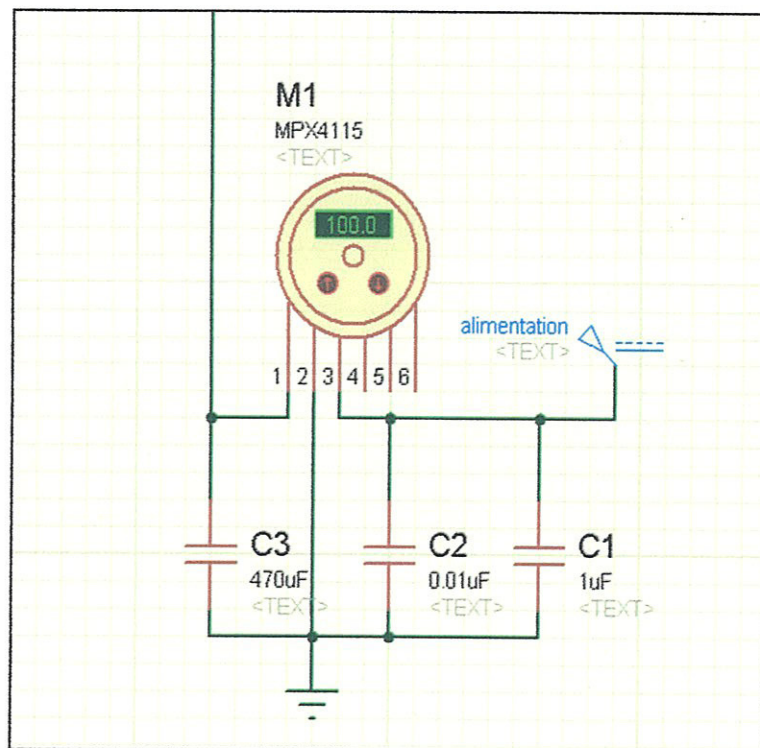


FIG.III.12: capteur de pression MPX4115

III.3.5.1. Brochage

Le capteur de pression MPX4115 a six pattes, la première patte réservée a la sortie analogique de capteur et connectée aussi à un condensateur de 470uF, la deuxième patte est directement reliée à la masse.

La troisième patte est reliée a un circuit qui est composé de deux condensateurs ayant les valeurs 0.01uF et 1uF ainsi qu'a l'alimentation du capteur. Les trois pattes restantes ne sont connectées a aucun composant ou dispositif. La figure suivante nous donne une vue sur la connexion des pattes du capteur MPX4115.

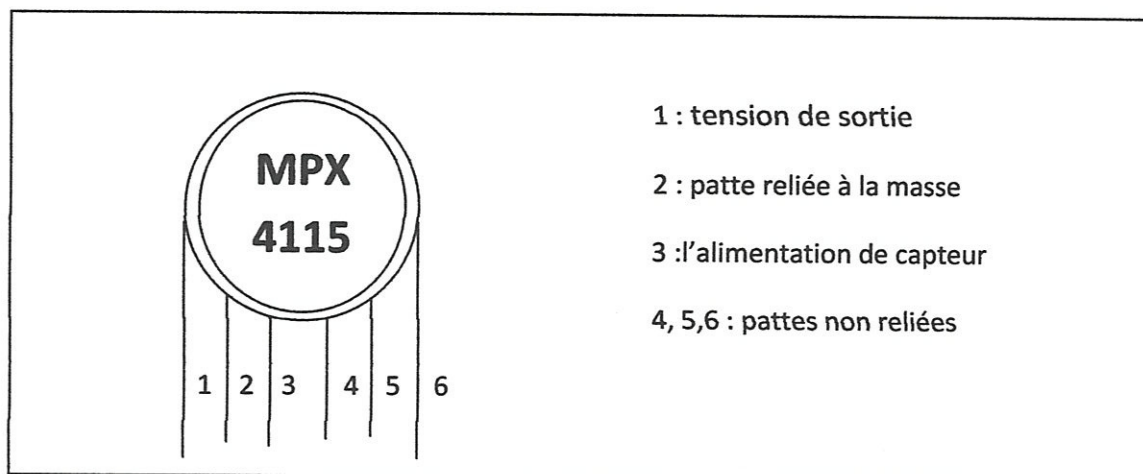


FIG.III.13: Schéma de capteur MPX4115

III.3.5.B. Fonction de transfert

La relation entre la tension et la pression est donnée par la formule suivante [8]:

$$VP = V_s * (0.009P - 0.095) \pm \text{Erreur}$$

Tel que ; VP : tension délivrée par le capteur

P : la pression mesurée

Vs : la tension d'alimentation

Donc

$$\text{Pression (kPa)} = ((v_p + v_s * 0.095) / (v_s * 0.009)) + 11$$

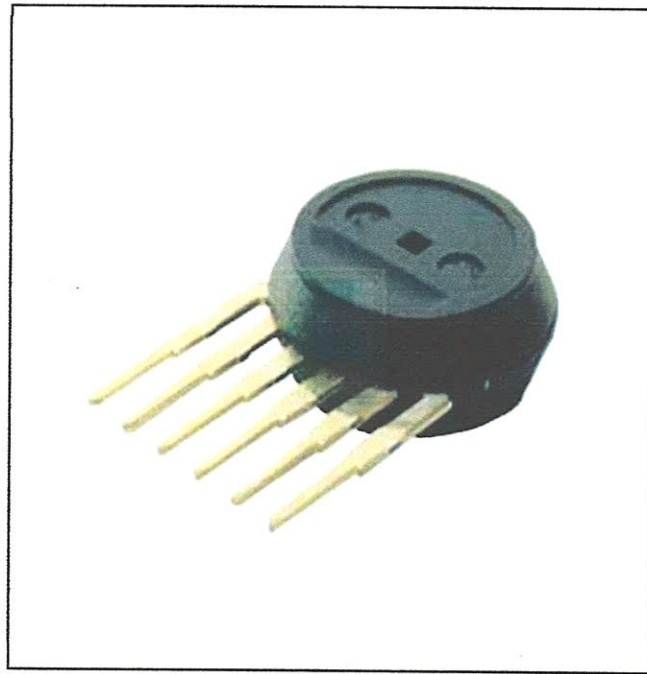


FIG.III.14: Photo de MPX4115

III.3.6. capteur d'humidité HIH-5030

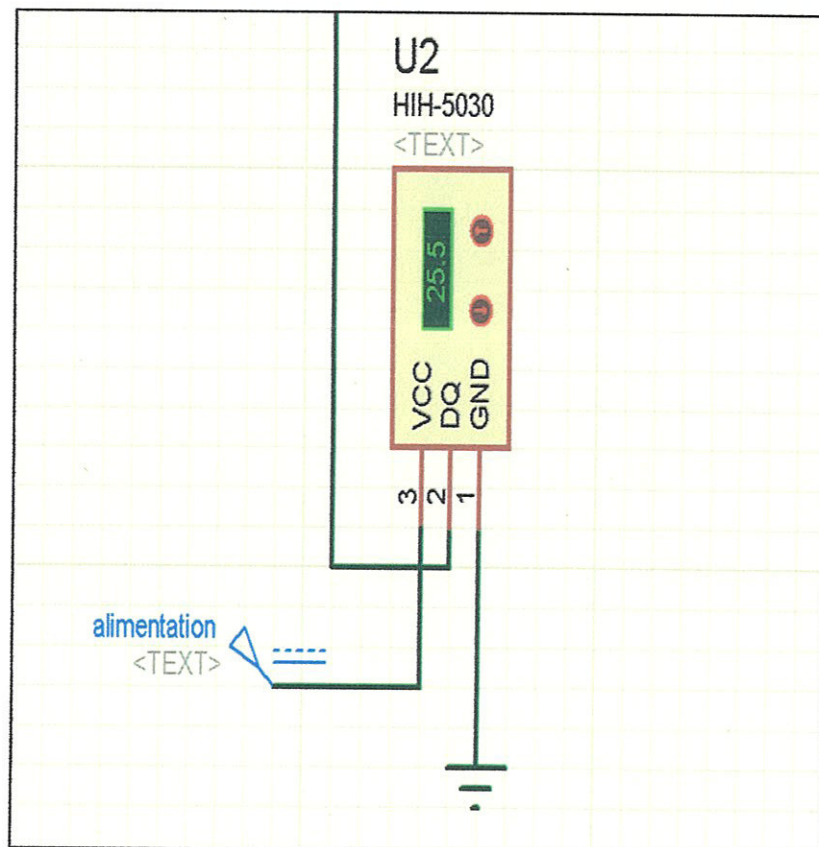


FIG.III.15: capteur d'humidité HIH-5030

III.3.6.1. Brochage

La figure suivante montre le circuit d'application typique du capteur HIH-5030.

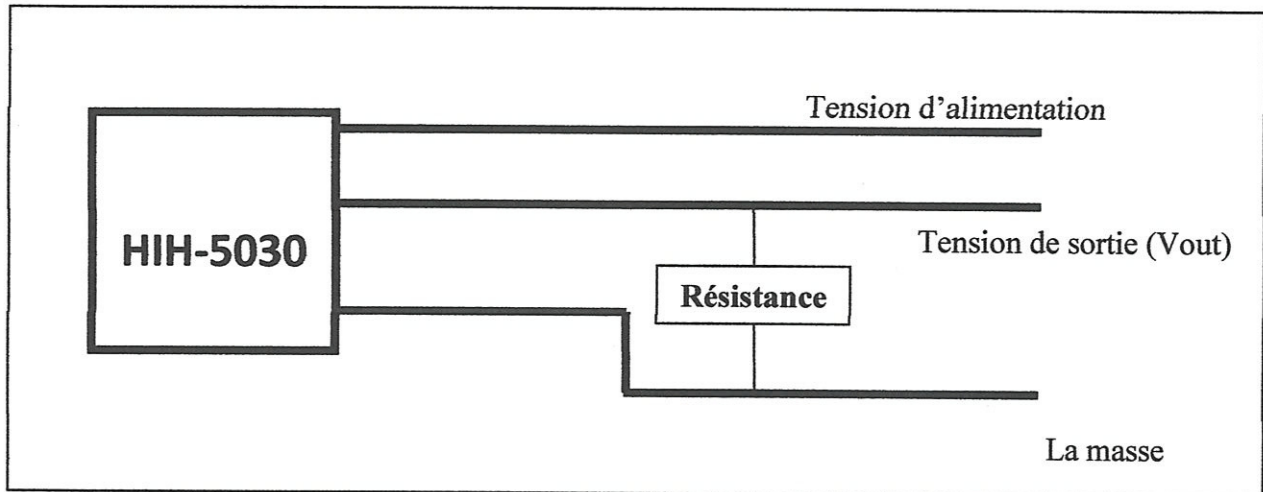


FIG.III.16: bloc diagramme de HIH-5030

III.3.6.2. Fonction de transfert

la

relation entre la tension délivrée suivante [9]:

$$V_H = (V_s) (0.00636(H) + 0.1515)$$

Avec V_H : tension délivrée par le capteur

V_s : tension d'alimentation

H : l'humidité mesurée

indiquons que la tension délivrée par le capteur au taux d'humidité égale à 50% est 3.3V [9].

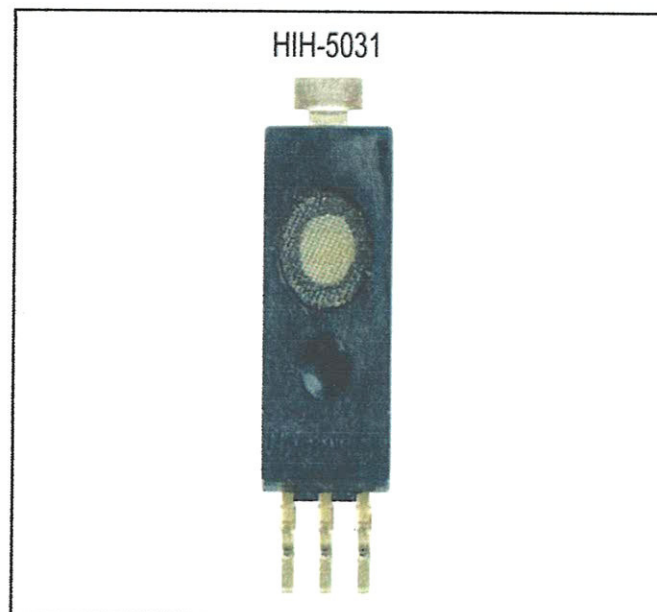


FIG.III.17: Photo de HIH-5030

III.3.7. bloc de traitement de données (PIC16F877)

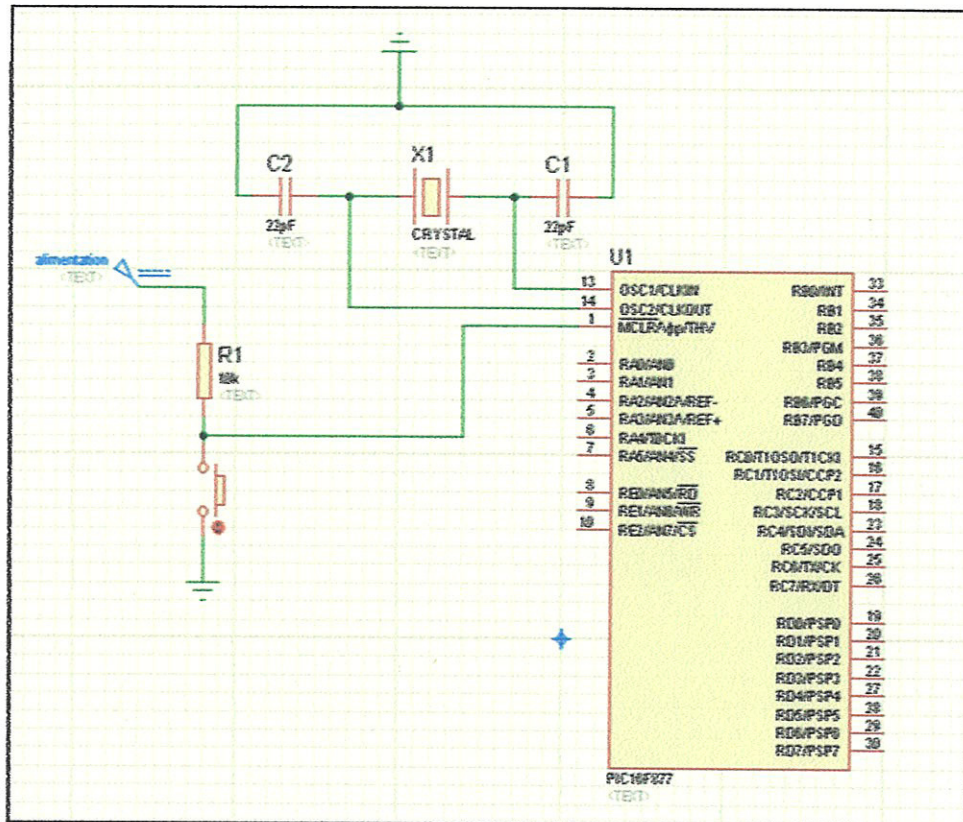


FIG.III.18: PIC 16F877

-MCLR/Vpp/THV Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur.

-OSC1 /CLKIN, OSC2/CLKOUT Ces broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC.

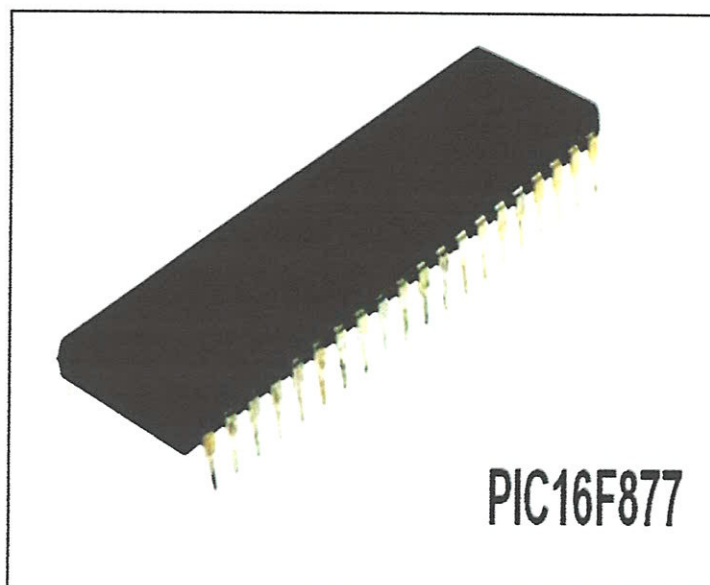


FIG.III.19: Photo de PIC16F877

III.3.8. Afficheur LCD

III.3.8.1. Présentation

Dans notre projet on a besoin d'un afficheur LCD, autrement appelé un afficheur à cristaux liquide. Il consomme relativement de 1 à 5 mA et constitué de deux lames de verre, distante de 20 μm environ, sur lesquelles sont dessinées les mers nantisses formant les caractères. L'application entre les deux faces d'une tension alternative basse fréquence de quelques volts (3 à 5V) le rend absorbant. Un afficheur à cristaux liquide ne peut être utilisé qu'avec un bon éclairage ambiant. Son lisibilité augmente avec l'éclairage.

III.3.8.2. Principe de fonctionnement

Dans notre projet on va utiliser le mode 4 bits de l'afficheur LCD. Dans ce mode, seul les 4 bits de poids fort (D4 à D7) de l'afficheur sont utilisés pour transmettre les données et les lires. Les 4 bits de poids faible (D0 à D3) sont alors connectés à la masse, on a donc besoin hors alimentation de sept fils pour commander l'afficheur. Les données sont écrites séquentiellement les quatre bits de poids fort suivi des quatre bits de poids faible. Une impulsion positive d'au moins 450ns doit être envoyée sur la ligne E pour valider chaque demi-octet.

III.3.8.3. Présentation d'un écran LCD

Un afficheur LCD se présente sous la forme suivante :

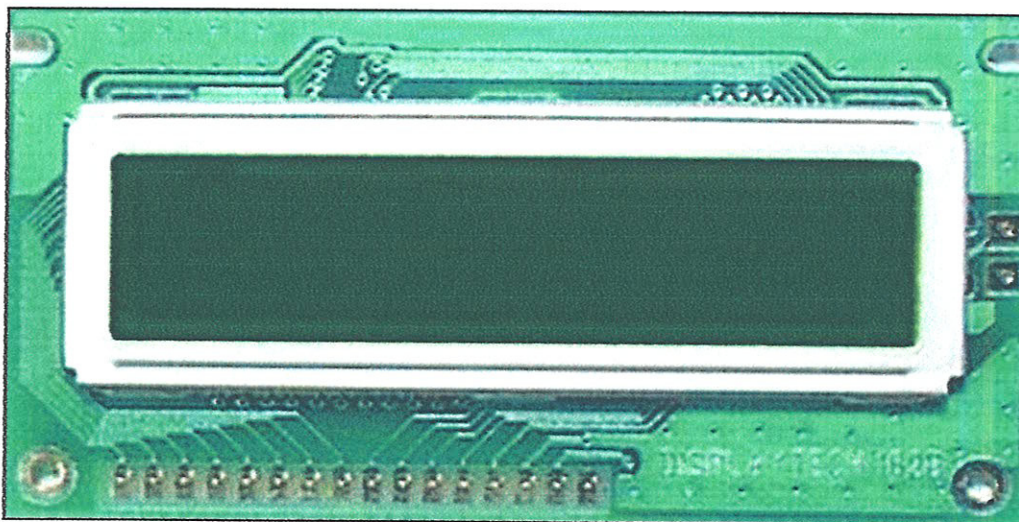


FIG.III.20: photo d'un afficheur LCD

III.3.8.4. Brochage Afficheur LCD

Un circuit intégré spécialisé est chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction : d'une part il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur.

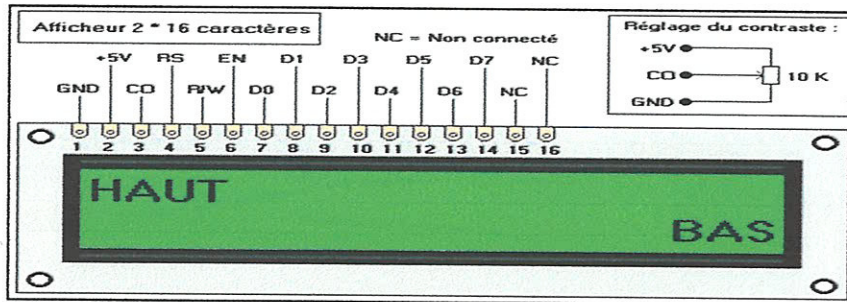


FIG.III.21: Brochage de l’afficheur LCD

Broche	Nom	Niveau	Fonction
1	Vss	-	La Masse
2	Vdd	-	Alimentation positive +5V
3	Vo	0-5V	Cette tension permet, en la faisant varier entre 0 et +5V, le réglage du contraste de l'afficheur.
4	RS	TTL	Selection du registre (Register Select) Grâce à cette broche, l'afficheur est capable de faire la différence entre une commande et une donnée. Un niveau bas indique une commande et un niveau haut indique une donnée.
5	R/W	TTL	Lecture ou écriture (Read/Write) L : Écriture H : Lecture
6	E	TTL	Entrée de validation (Enable) active sur front descendant. Le niveau haut doit être maintenue pendant au moins 450 ns à l'état haut
7-14	D0-D7	TTL	Bus de données bidirectionnel 3 états (haute impédance lorsque E=0)
15	A	-	Anode rétro éclairage (+5V)
16	K	-	Cathode rétro éclairage (masse)

TABLE.III.2: description de brochage.

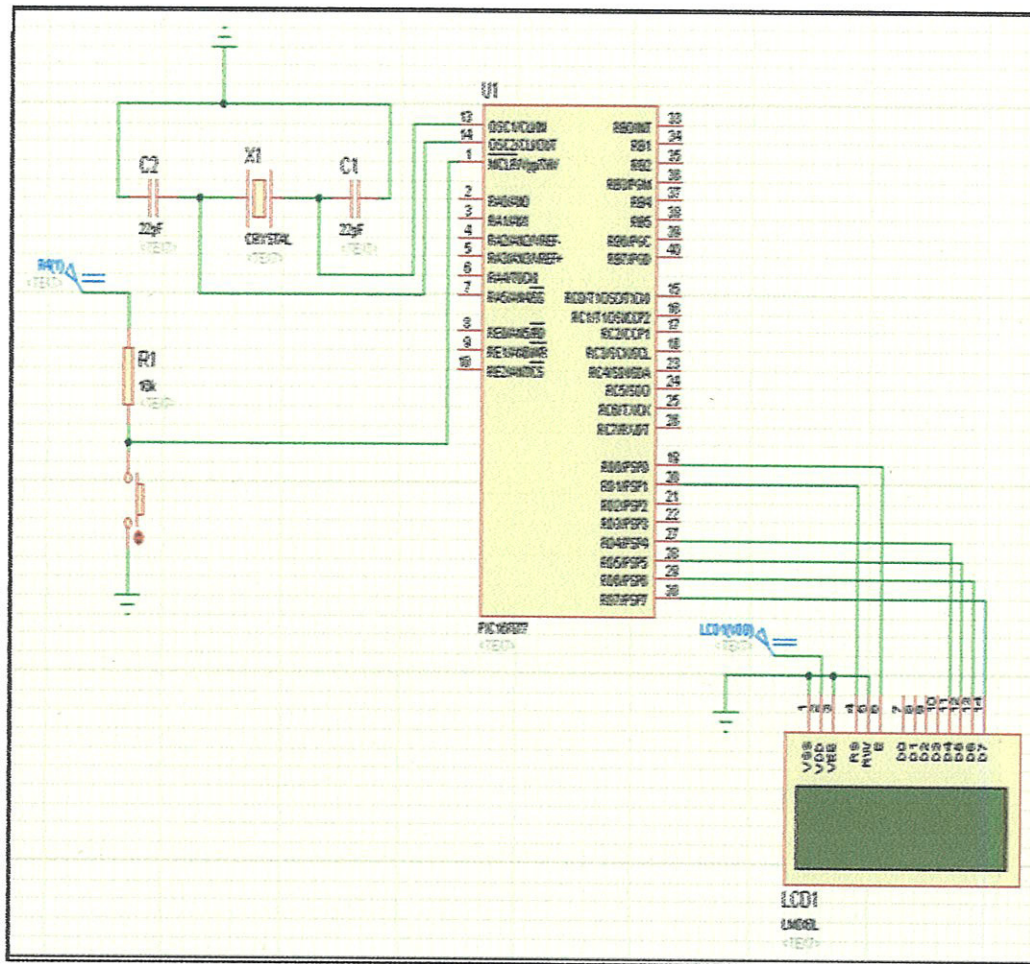


FIG.III.22: connexion d'afficheur LCD sur le capteur de confort médical

III.3.9. Clavier 16 touches (bloc d'entrée)

III.3.9.1. Présentation

Le clavier est le périphérique le plus commode pour saisir du texte, dans notre projet on va utiliser un clavier alphanumérique (de 0 à 9, de A à D, * et #) à 16 touches matricées pour introduire des numéros et modifier les paramètres, donc le clavier est un élément principale dans notre projet.

III.3.9.2. Principe de fonctionnement

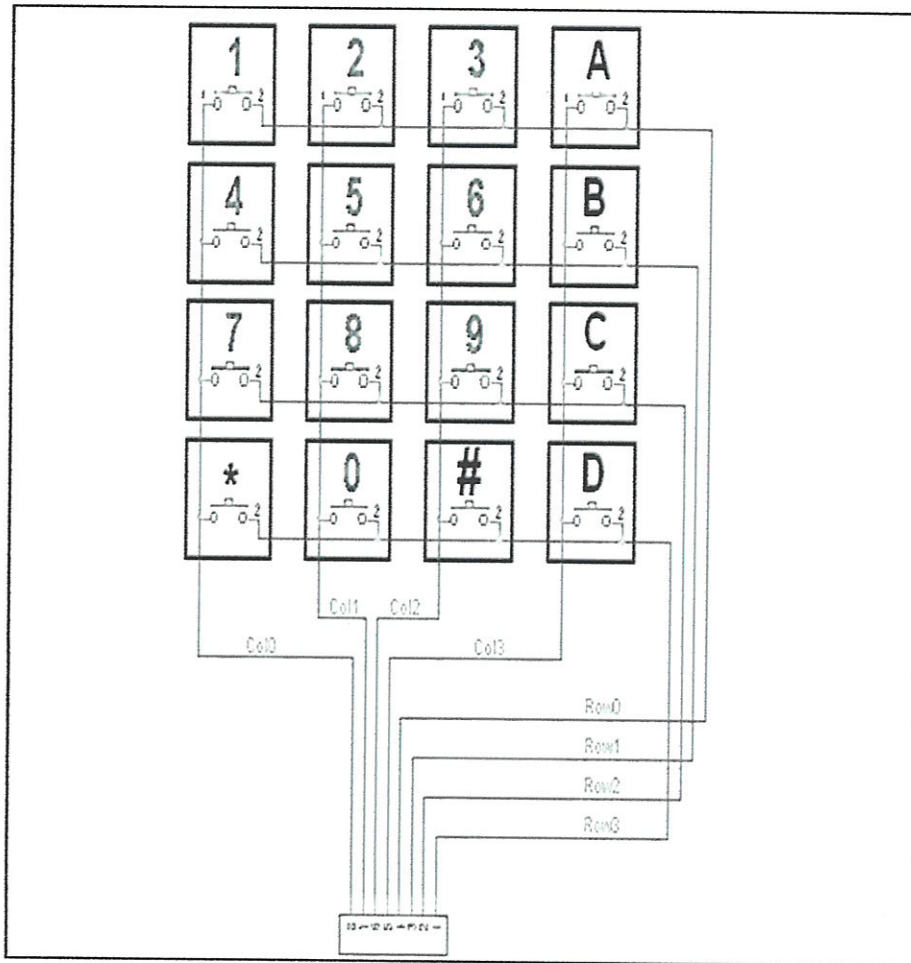


FIG.III.23: Architecture interne du clavier 16touches

Le clavier se compose de 16 touches réparties sur une matrice de 4 lignes (chaque ligne contient 4 touches) 4 pistes sont disposées horizontalement (elles correspondant aux 4 lignes de touches) et 4 autres pistes sont disposées verticalement (elles correspondant aux 4 colonnes de touches). Chaque touche agit comme un bouton poussoir qui établit le contact entre une des 4 pistes horizontales et une des 4 pistes verticales.

Chaque touche est un interrupteur, normalement en position ouverte. Lorsqu'une touche est appuyée un signal électrique est envoyé vers le dispositif commandé, un circuit électronique très simple associe à chaque signal un code.

III.3.9.3. Connexion du clavier sur le capteur de confort

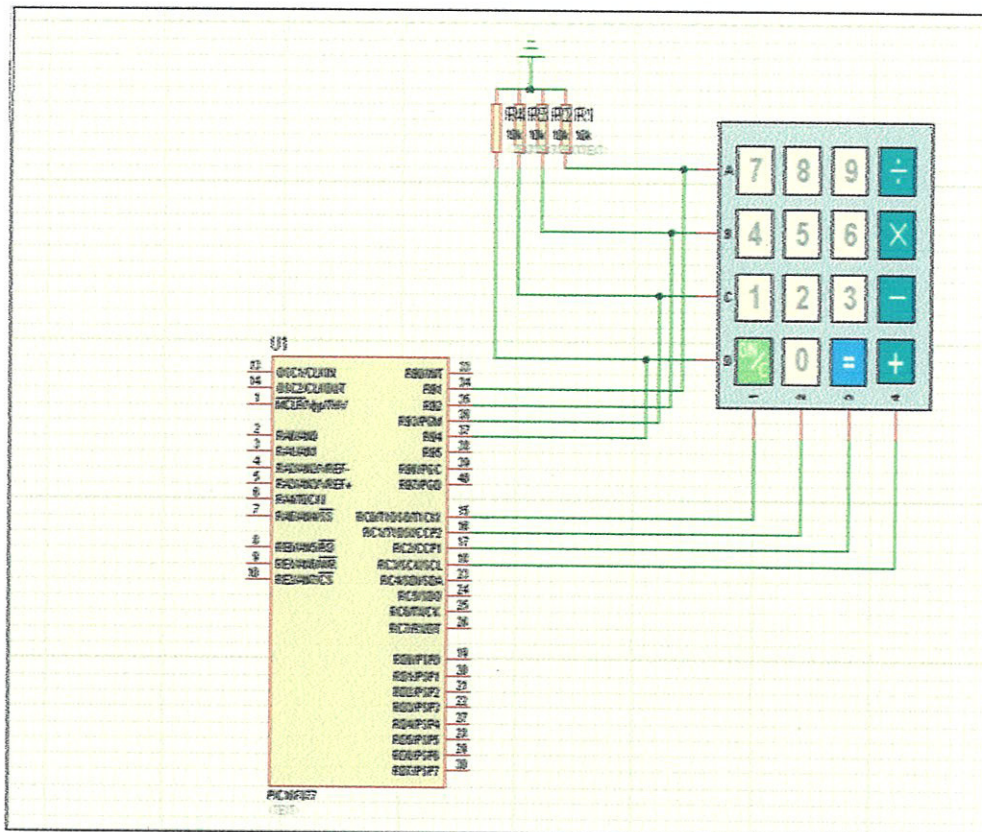


FIG.III.24: connexion de clavier 16touches sur le capteur

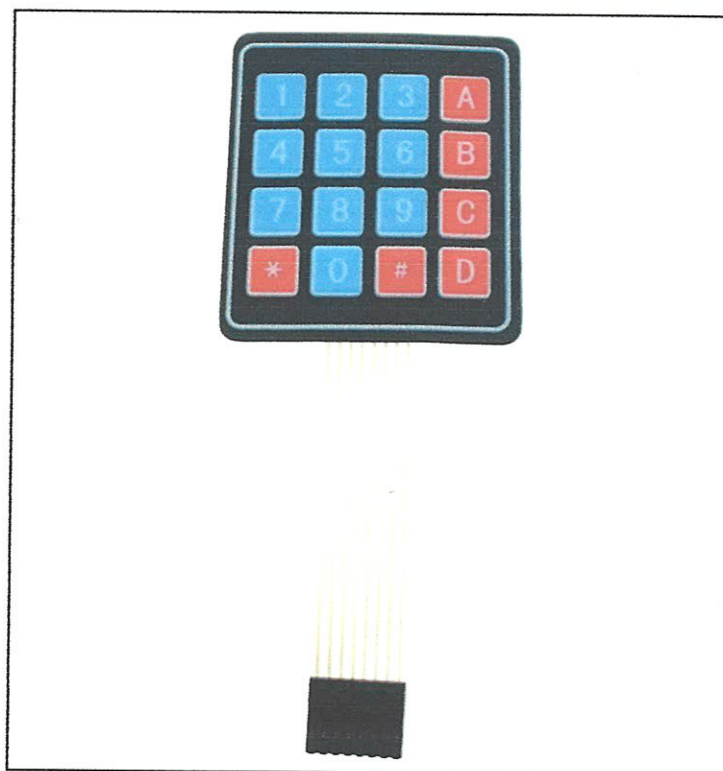


FIG.III.25: photo de clavier utilisé dans le capteur de confort

- ✓ Dans le cas où l'utilisateur de notre capteur veut introduire des conditions personnelles (28°C de température et 50% d'humidité par exemple), il a besoin de donner l'ordre :
 - au climatiseur pour baisser ou augmenter la température
 - au ventilateur pour baisser ou augmenter sa vitesse.

Dans ce cas et pour l'amélioration de notre projet, nous proposons une solution qui consiste à relier le capteur avec le climatiseur et le ventilateur en utilisant un relais à partir du PIC16F877.

III.3.10. Commande d'un relais par un signal logique

Le but est de commander un relais à l'aide d'une sortie du port parallèle. On ne peut pas brancher directement le relais sur cette sortie, car il consomme trop de courant. Il faut donc mettre un transistor qui va servir d'interrupteur commandé électriquement.

On va calculer la valeur de R. Notez que cette résistance est obligatoire. En effet, la jonction base - émetteur se comporte comme une diode. C'est à dire que $V_{be_max} = 0.7V$ environ. Sans cette résistance, on forcerait V_{be} à 5V, ce qui aurait pour effet de griller le transistor et/ou la sortie de la porte logique.

Voici le schéma que nous allons étudier.

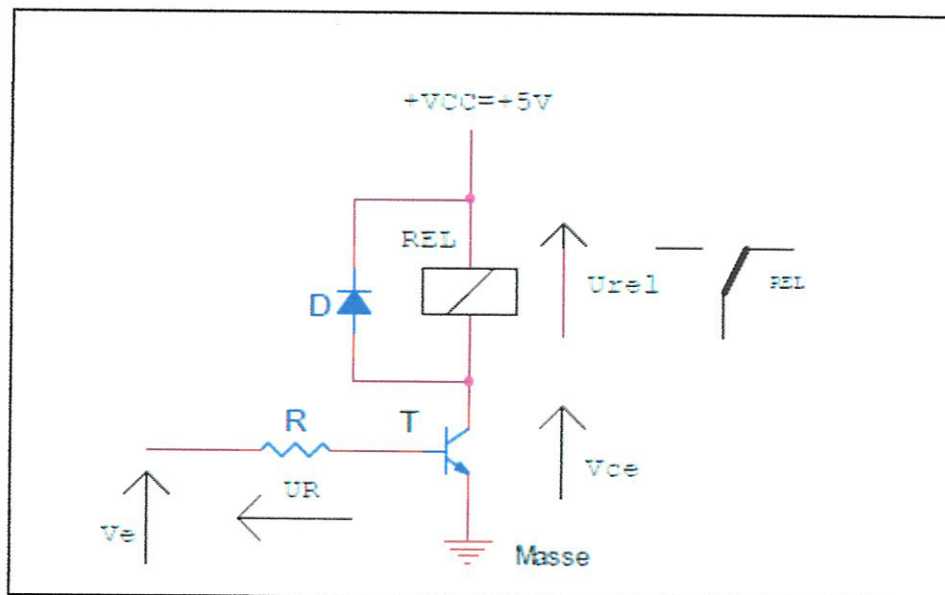


FIG.III.26: Commande d'un relais (Schéma Orcad)

III.3.10.1. Les Données

- T : transistor NPN, $\beta = 320$, $V_{ce_sat} = 0.2V$, $V_{be_sat} = 0.7V$, $V_{ce_max} = 30V$.
- REL : relais, $R_{rel} = 103 \text{ Ohms}$, relais prévu pour être alimenté en 5V.
- D : diode de roue libre. Cette diode sert uniquement à protéger le transistor lorsqu'on le bloque (supprime le pic de tension du au relais).
- R : ce qu'on cherche.
- $V_{cc} = +5V$.
- V_e vaut 0 ou 5V. Lorsque $V_e = 0$, on veut que le relais ne soit pas alimenté (soit

$U_{rel} = 0$), et lorsque $V_e = 5V$, on veut que le relais soit alimenté (soit $U_{rel} = 5V$ environ).

III.3.10.2. Résolution du problème

Vérification pour $V_e = 0$

Si $V_e = 0$, alors $V_{be} = 0$ et $I_b = 0$ (La jonction base-émetteur est bloquée). Donc, le transistor est bloqué.

$$I_c = I_e = 0 \implies U_{rel} = R_{rel} \times I_c = 103 \times 0 = 0.$$

- On a bien obtenu ce qu'on voulait.
- Remarque, dans ce cas la, $V_{ce} = V_{cc} = 5V$ (C'est bien inférieur à V_{ce_max}).

III.3.10.3. Calcul de R pour $V_e = 5V$

Calcul de I_c

$$V_{cc} = V_{ce} + U_{rel}.$$

Or il faut que le transistor soit saturé. Donc, $V_{ce} = V_{ce_sat}$. D'autre part, $U_{rel} = R_{rel} \times I_c$.

$$\text{Donc: } V_{cc} = V_{ce_sat} + R_{rel} \times I_c.$$

$$\text{Soit: } I_c = (V_{cc} - V_{ce_sat}) / R_{rel} = (5 - 0.2) / 103 = 0.047A.$$

Calcul de I_{b_min}

$$I_{b_min} = I_c / \beta = 0.047 / 320 = 0,147mA.$$

On prend un coefficient de sécurité de 1.5 pour être sur que le transistor sera bien saturé:

$$\text{Donc: } I_{b_sat} = I_{b_min} \times 1.5 = 0,22mA.$$

Il faut se souvenir que la jonction base-émetteur se comporte comme une diode.

$V_e = U_r + V_{be}$. Or $V_{be} = V_{be_sat} = 0.7V$ (diode).

$V_e = R \times I_{b_sat} + V_{be_sat}$.

Soit: $R = (V_e - V_{be_sat}) / I_{b_sat} = (5 - 0.7) / 0.00022 = 19,5 \text{ K}\Omega$.

On prend : $R = 15 \text{ K}\Omega$.

Alors, on a donc réalisé un "interrupteur" commandé électriquement.

- Lorsque $V_e = 0$, le transistor est bloqué et le relais n'est pas alimenté.
- Lorsque $V_e = 5V$, I_b est un petit courant de commande qui laisse passer un grand courant entre le collecteur et l'émetteur. Le relais est alimenté.

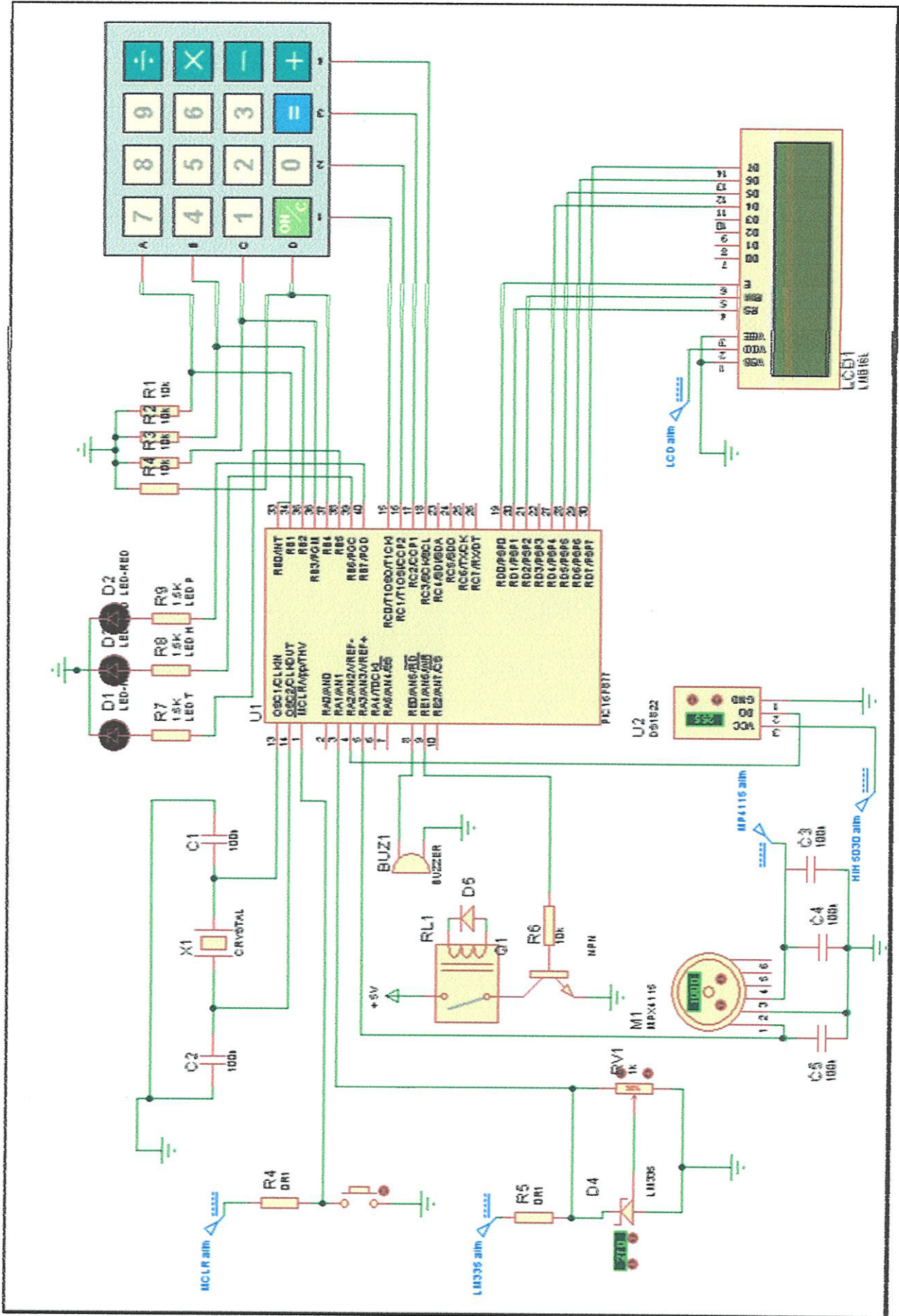


FIG.III.27: Schéma électrique du capteur de confort

III.3.11. Réalisation pratique

III.3.11.1. Essai sur la plaque de KIRCHMAN

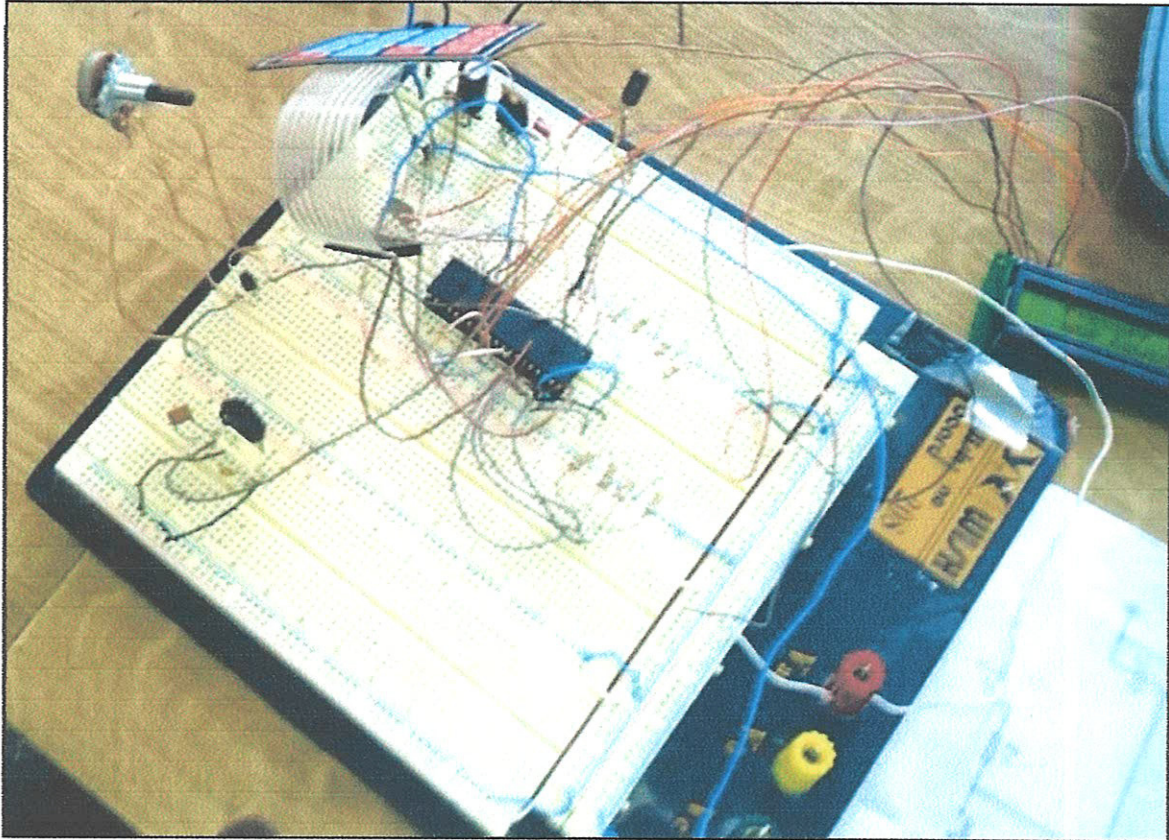


FIG.III.28: réalisation de circuit sur la plaque d'essai

III.3.11.2. les étapes de la réalisation pratique de la carte

III.3.11.2.A. Le typon

Pour préparer le typon on a recours au même logiciel de simulation qui est Proteuse Ares, produit par la société LABCENTER ELECTRONICS.

Un typon est une image du circuit imprimé. Les pistes sont en noir et le reste doit être transparent à la lumière. L'idéal est d'imprimer avec une imprimante laser sur du papier transparent spécial.

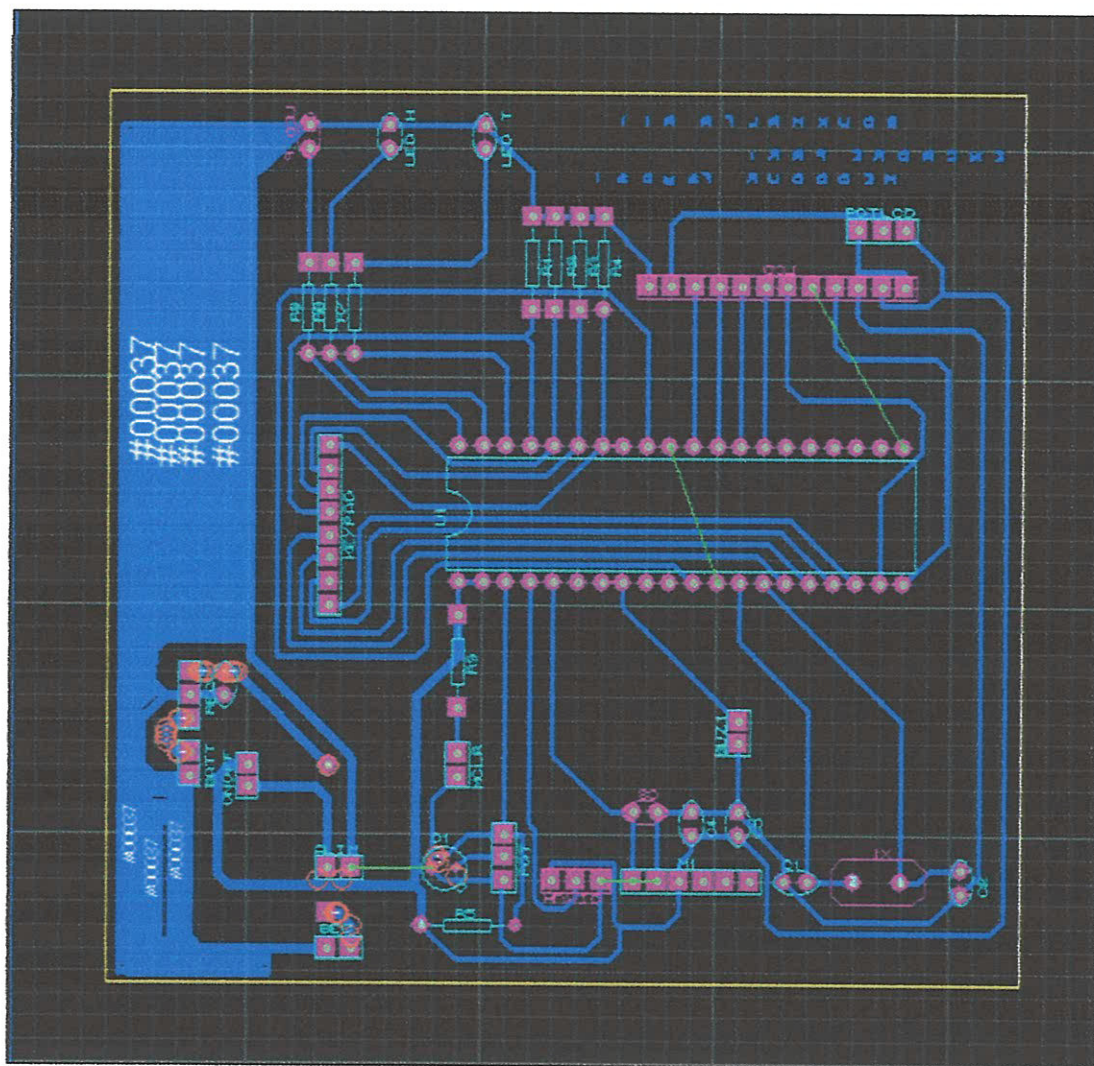


FIG.III.29: Circuit d'implantation des composants de capteur

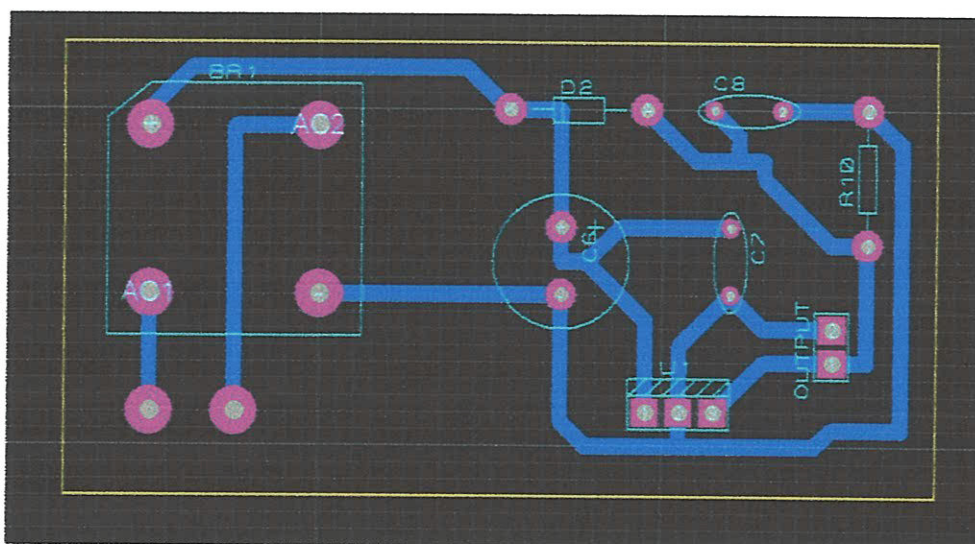


FIG.III.30: Circuit d'implantation des composants de bloc d'alimentation

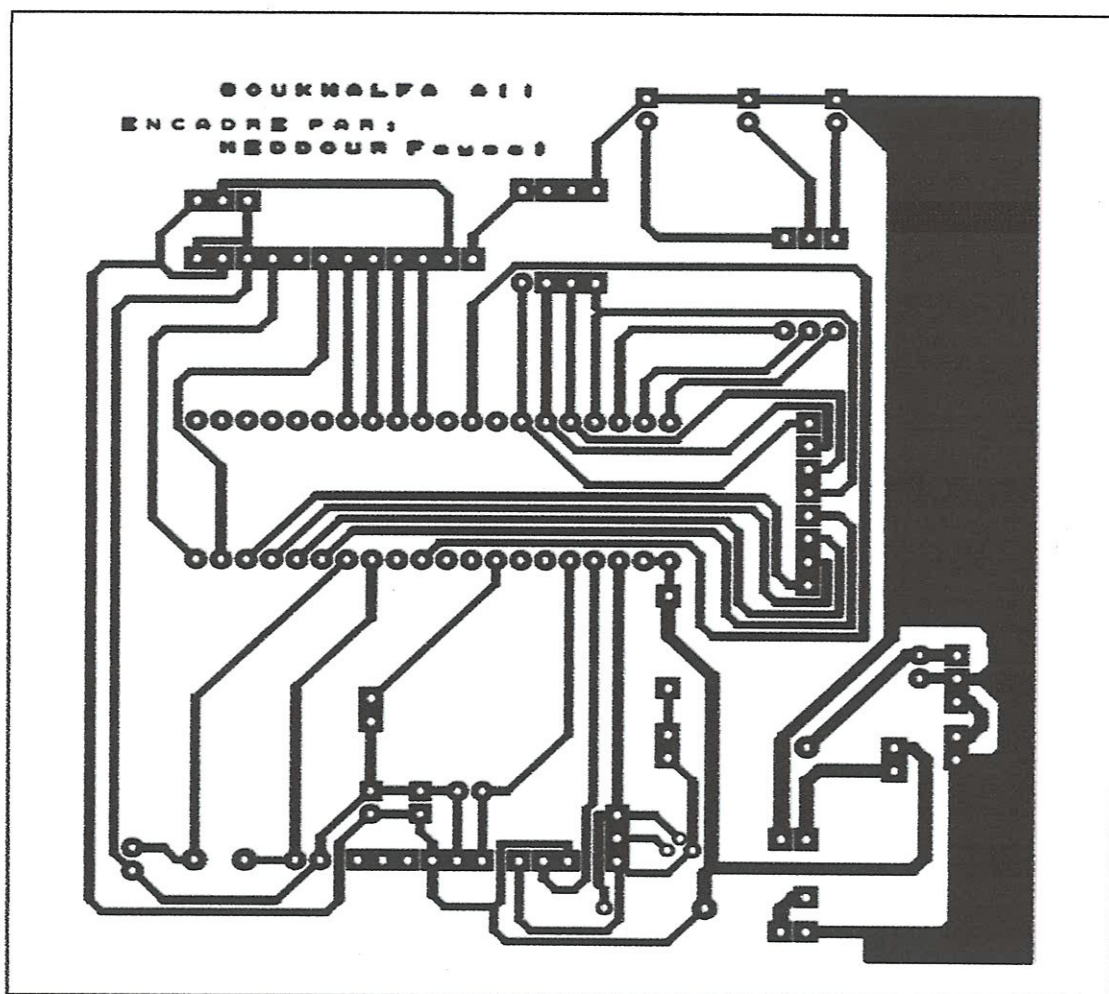


FIG.III.31: tracé du circuit imprimé

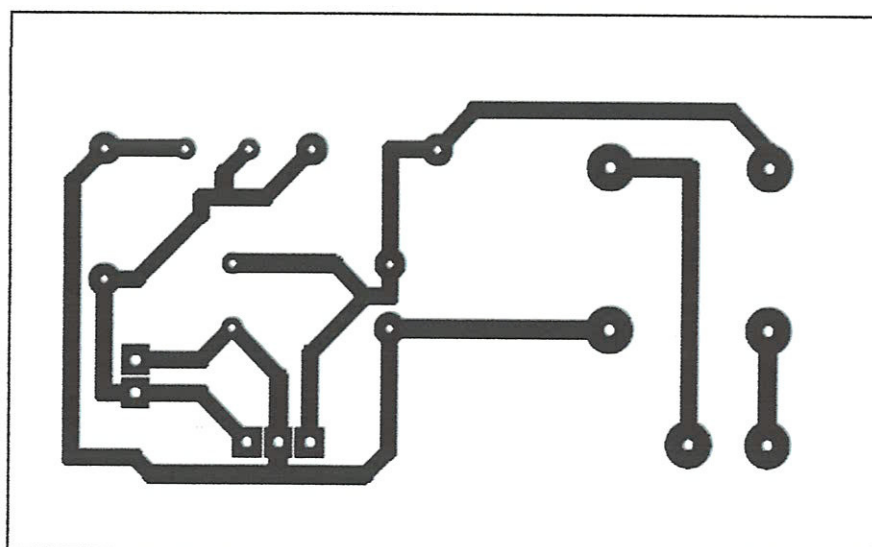


FIG.III.32: tracé du circuit imprimé de bloc d'alimentation

III.3.11.2.B. Insolation

Le temps d'insolation est très important. Si ce dernier est trop long les rayons UV passeront à travers les zones noires du typon, et inversement on aura du mal à révéler notre plaque. Les étapes à suivre pour réaliser cette opération sont:

- Découper la plaque d'époxyde à la taille du typon en laissant une marge de 1 cm au moins.
- Positionner le typon dans le bon sens sur la vitre de l'insolleuse (vue coté composant)
- Retirer la pellicule protectrice de la plaque (au dernier moment).
- Poser cette plaque avec le coté vert sur le typon dans l'insolleuse et fermer le capot.
- Insoler environ 1 à 5 minutes.



FIG.III.33: l'insolleuse UV

III.3.11.2.C. Révélation

Cette étape va dissoudre la résine qui a été exposé aux UV. Ce qui mettra le cuivre à nu et les pistes resteront protégé par la résine verte. Préparation du révélateur: Ce révélateur pourra vous servir pour une bonne dizaine de circuits.

III.3.11.2.D. Gravure

La gravure consiste à plonger le circuit dans un bain d'acide (Perchlorure de fer). Le cuivre mis à nu lors de la révélation sera dissous. Seules les pistes protégées par la résine resteront.

III.3.11.2.E. Perçage

L'opération de perçage est l'ultime étape dans la réalisation d'un circuit imprimé, si l'on fait abstraction de la mise en place des composants et du soudage.

III.3.11.2.F. Test du circuit imprimé

Si vous doutez de votre carte, utiliser un Ohmmètre ou un testeur de continuité pour vérifier:

- La continuité des pistes.
- L'absence de court-circuit.

III.3.11.2.G. Soudure

L'opération de soudure est faite à l'aide d'un fer à souder et l'étain. On commencera par:

- Des composants neutres: supports de Circuits Intégrés...
- Passifs:
 - Résistances. Utiliser un Gabarit de pliage et donner vous un sens de lecture des résistances. Les bandes de couleurs se lisant de la Droite vers la Gauche et de Haut en Bas.
 - Condensateurs. Pour les plastiques ou non polarisés, donnez vous aussi un sens de lecture.
- actifs: Diodes, transistors, circuits intégrés si vous ne mettez pas de support.

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la partie software de notre travail et les différents logiciels utilisés. La partie réalisation (hardware) a été présentée en détail parce qu'elle représente l'essentiel de notre travail.

Conclusion générale

L'élaboration de ce travail dans le cadre de projet de fin d'étude, nous a permis d'approfondir les connaissances théoriques et d'acquérir une bonne expérience au niveau de la réalisation pratique.

Lors de cette manipulation, nous avons réalisé un appareil électronique de confort médical.

Ce projet nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine médical :

- Les meilleures conditions pour l'accueil et les soins d'un patient

Et en plus essentiel dans le domaine électronique :

- La programmation des PIC en langage C
- La conception des cartes électroniques et des circuits imprimés.
- La réalisation des cartes d'interface

Bibliographies

- [1] f. Baudoin, m. Lavabre - capteurs : principes et utilisations, editions casteilla 2007 - isbn : 978.2.7135.2749.4.
- [2] georges asch, les capteurs en instrumentation industrielle, dunod (isbn 2100057774).
- [3]"capteurs et électronique associée" in esiee-olivier français,
http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version_pdf/ii_capteurs.pdf, page consulté le 25 mai 2010.
- [4]les différent type de capteurs de température (site officiel de la société national instrument)
<http://www.ni.com/white-paper/10635/fr>
- [5].mémoire magister intitulé : "conception d'un microcapteur de pression d'humidité et température en technologie mems".université de tizi-ouzou 2010/2011.
- [6]. Mémoire doctorat intitulé : "capteur d'humidité en si poreux pour la fiabilité des systems in package". universite bordeaux 1 ecole doctorale des sciences physiques de l'ingenieur
- [7] datasheet capteur de température LM335
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/2158.pdf>
- [8] datasheet capteur de pression MPX4115.
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MPX4115.pdf>
- [9]datasheet capteur d'humidité HIH-5030.
http://sensing.honeywell.com/index.php?ci_id=49692
- [10]Alibi Elmehdi, Jawadi Sami, "Conception et réalisation d'un enregistreur de données"
[http:// pf-mh.uvt.rnu.tn/](http://pf-mh.uvt.rnu.tn/)
- [11]Bigonoff, "LA PROGRAMMATION DES PICS " in abcelectronique,
<http://www.abcelectronique.com/bigonoff/index.php>.
- [12] Microchip, "PIC16F87XData Sheet" in microchip,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf>