République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA

جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté de Technologie
Département Génie électrique

Mémoire de Fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de master en électronique
Option : Instrumentation

Thème :

Etude et réalisation d'un thermomètre à base d'un Pic 16F877

Préparé par :

BERABEZ Yanis,
KEFKEF Ahmed

Dirigé par :

Mr : HANFOUG Salah (Promoteur)

Examinés par :
Mr. Hadji Slimane
Mm. Hamzaoui Dahbia

Année Universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes.

Nous souhaitons ici les en remercier, nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement monsieur S. Hanfoug qui nous a permis de bénéficier de son encadrement.

Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

A Dieu, nous avoir donnés la force dans les moments difficiles d'éditer ce mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

A ma chère mère, pour tous ces sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ça prière tout au long de mes études,

A mes chers frères et à ma sœur (Omar, Zahir, Yassine, Hadjila), pour leur appui et leurs encouragements permanents.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, santé et de réussite.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

DEDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

A TOUTE MA FAMILLE POUR LEUR SOUTIEN TOUT AU LONG DE MON PARCOURS UNIVERSITAIRE.

EN TÉMOIGNAGE DE L'AMITIÉ QUI NOUS UNI ET DES SOUVENIRS DE TOUS LES MOMENTS QUE NOUS AVONS PASSÉ ENSEMBLE, JE VOUS DÉDIE CE TRAVAIL AVEC TOUS MES VŒUX DE BONHEUR, SANTÉ ET DE RÉUSSITE.

QUE CE TRAVAIL SOIT L'ACCOMPLISSEMENT DE VOS VŒUX TANT ALLÉGUÉS, ET LE FRUIT DE VOTRE SOUTIEN INFAILLIBLE.

Table des Matières

Introduction générale…..……..... 1

CHAPITRE I : Théorie des capteurs et le LM35

I.1.Introduction……..... 3
I.2.Généralité sur les capteurs……..... 3
I.2.1.Définition d'un Capteur……..... 3
I.2.2.Chaine de mesure électrique……... 4
I.2.2.1.Chaine de mesure analogique …….. 5
I.2.2.2.Chaine de mesure numérique……..... 5
I.2.3.Les différentes familles des capteurs……..... 5
I.2.3.1.Les capteurs Actifs……..... 5
I.2.3.2.Les capteurs passifs……... 7
I.2.4.Les domaines d'utilisation des capteurs……. 8
I.2.5.Les caractéristiques des capteurs……..... 9
I.2.6.Les classifications des capteurs……..... 11
I.2.6.1.Les capteurs numériques ……..... 11
I.2.6.2.Les capteurs analogiques ……..... 12
I.3. Le capteur de température LM35……..... 13
I.3.1.La description du capteur LM35……..... 13
I.3.2.Les caractéristiques du capteur température LM35…… 14
I.3.3.Avantage du capteur LM35 ……... 14
I.3.4.Brochage de différentes versions du capteur LM35…….... 15
I.3.5.Mise en œuvre du LM35……..... 16
Conclusion ……..... 17

CHAPITRE II : Présentation du microcontrôleur Pic 16F87

II.1.Introduction…… 18
II.2.Les microcontrôleurs …….. 18
II.2.1.Généralités …… 18
II.2.2.Les avantages du microcontrôleur……..... 18
II.2.3.Contenu d'un microcontrôleur …… 19
II.3.Généralités sur PIC …… 20
II.3.1 : Définition …… 20
II.3.2 : Les différentes architectures des PIC…….. 21
II.3.3 : Les différentes familles des PIC…….. 21
II.3.4 : Identification d'un PIC …….... 21
II.3.5. Le choix d'un PIC ……..…….. 21
II.4.Le microcontrôleur PIC 16F877 :……..... 22
II.4.1 : Définition…… 22
II.4.2 : Identification de PIC 16F877…….. 23
II.4.3.Caractéristique de PIC 16F877…….. 23
II.5.Structure du PIC 16F877…… 23
II.5.1.Structure simplifié…… 23
II.5.2.Structure externe …….... 24
II.5.3.Structure interne…… 25
II.6.Organisation de la mémoire du PIC 16F877…….. 26

II.6.1.Mémoire de programme…… 26
II.6.2. Organisation de la mémoire de donnée …….. 27
II.6.3.Mémoire de donnée EEPROM…….. 27
II.7. Mode d'adressage du PIC 16F877……. 28
II.7.1.Adressage direct…… 28
II.7.2.Adressage indirect……. 28
II.8.Périphériques du PIC 16F877……..... 29
II.9.Le convertisseur …….. 34
II.10.MCLR (Circuit de reset)…… 41
II.11.Le mode SLEEP…… 42
II.12.Chien de garde……..... 42
Conclusion……..... 42

CHAPITRE III : Réalisation et conception du thermomètre électronique

III.1.Introduction…… 43
III.2.Schéma synoptiques globales du thermomètre ……..... 43
III.3.1Alimentation ……..... 44
III.3.2.Capture du thermomètre LM35……..... 45
III.3.3.Afficheur LCD (16*2)……..... 46
III.3.3.1.Les grandes familles des afficheurs LCD……..... 46
III.3.3.2.Brochage de l'afficheur LCD ……..... 47
III.3.3.3.Fonctionnement de l'afficheur LCD……..... 47
III.3.4.Le microcontrôleurs PIC16F877……. 47
III.4.La liste des composants de réalisation ……..... 48
III.5.Simulation et programmation …… 49
III.5.1.Organigrammes ……..... 50
III.5.2.Ecriture de programme ……..... 52
III.5.3.Transfert de programme au pic……..... 52
III.6.Teste des composants et la réalisation de circuit imprimé …….. 52
III.6.1.Testes des composants sur une maquette …… 52
III.6.2.Réalisation du circuit imprimé ……..... 52
III.7.Le résultat final…….. 56
Conclusion…….. 57

Conclusion générale…….... 58

Bibliographie

Annexe

Table des Figures

Chapitre I :

Figure (I.1): Schéma fonctionnel d'un capteur de température…….. 4
Figure (I.2) : constitution d'une de chaine de mesure classique…… 4
Figure (I.3) : Schéma significatif des domaines d'utilisation des capteurs…… 8
Figure (I.4) : Schéma significative de l'étendu de mesure……..... 9
Figure (I.5) : La sensibilité d'un capteur…… 10
Figure (I.6) : Schéma des caractéristiques statistiques d'un capteur …….. 11
Figure (I.7) : La sortie d'un capteur numérique…… 12
Figure (I.8) : La sortie d'un capteur analogique …… 13
Figure (I.9) : Capteur de température LM35…….. 13
Figure (I.10) : Architecture interne d'un LM35…… 14
Figure (I.11) : Brochage d'un capteur LM35……..... 15
Figure (I .12) : Schéma de fonctionnement du LM35…… 16

Chapitre II :

Figure (II.1) : Structure interne d'un microcontrôleur en générale…… 19
Figure (II.2) : Architecture Harvard et Von-Neumann……... 24
Figure (II.3) : Structure simplifiée du PIC……..... 25
Figure (II.4) : Structure externe du PIC 16F877…… 28
Figure (II.5) : Architecture interne du PIC 16F877…… 29
Figure (II.6) : Schéma explicatif de l'adressage direct ……..... 30
Figure (II.7) : Schéma explicatif de l'adressage indirect……..... 33
Figure (II.8) : Mécanisme d'interruption…… 34
Figure(II.9) : Cycle de conversion…….. 36
Figure(II.10): Module de conversion…….. 37
Figure(II.11): La justification à droite et à gauche des bits…… 38
Figure(II.12):Circuit du reset…….. 41

Chapitre III :

Figure (III.1): Représentation de schéma synoptique……. 43
Figure (III.2): Schéma représentatif de régulateur 7805…… 44
Figure (III.3): Tension de sortie du LM35 en fonction de la température…….. 45
Figure (III.4): Schéma représentatif d'un afficheur LCD 2*16…….. 46
Figure (III.5): Le schéma électronique du thermomètre……. 49
Figure (III.6): Organigramme de programme …… 50
Figure (III.7): Organigramme d'affichage……..... 51
Figure (III.8): Réalisation de typon……..... 53

Figure (III.9): Le circuit imprimé du thermomètre……..……... 55
Figure (III.10): La réalisation finale du thermomètre électronique ……..……. 56

Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Effets physiques des capteurs actifs
Tableau I.2 : Effets physiques des capteurs passifs
Tableau II.1 : choix de diviseur le plus approprie en fonction des fréquences.

Tableau II.2 : le registre ADCON1

Tableau II.3 : Le registre ADCON0

INTRODUCTION

Introduction générale

La notion de température parmi les notions les plus importantes notre vie quotidienne, elle est partout, on l'utilise presque dans tous les domaines telle que la médecine, métrologie, industrie et même en cuisine.

Au fil de temps, l'électronique connait une grande évolution et par conséquent de nouveaux circuits ont fait leur apparition telle que le thermomètre.

Le premier thermomètre a été inventé en 1654 par le duc de Toscane à Florence. Il portait 50 graduations. En hiver, il descendait jusqu'à 7 degrés et montait, en été, à 40 degrés. dans la glace qui fond, il montrait 13 degrés.

Plusieurs phénomènes font face à des variations de températures. Ainsi, de nos jours, on distingue plusieurs types de capteurs de température, selon le phénomène en présence.

En autre les thermomètres à dilatation de la matière, le thermomètre à mercure, plus utilisé pour prélever la température humaine, et surtout les thermomètres électroniques que l'on rencontre dans de nombreux domaines aujourd'hui, vu l'évolution de tout ce qui est électronique.

Notre cahier de charge consiste à étudié le principe de fonctionnement et de la conception d'un thermomètre électronique à base d'un PIC 16f877, afin de le réaliser, nous allons mesurer la température à l'aide d'un capteur a fin d'afficher le résultat sur l'écran un afficheur LCD, tous ce processus se fait grâce à un microcontrôleur que l'on programme et qui traite les informations reçu.

Cette réalisation est faite par des outils électronique, afin de finir la conception plus efficacement, on utilise un capteur de température analogique (LM35) pour capter la température afin de la transmettre sous forme d'un signal analogique au microcontrôleur PIC 16F877 ou la conversion de ce signal analogique en numérique se fait, ajoutant a cela deux LED clignotante une qui s'allume pour une valeur de température supérieur 30 cº et l'autre qui clignote pour une température inferieur a 30cº ainsi un afficheur LCD pour afficher le résultat de température obtenu.

Ce projet traite les températures positives, donc nous allons mesurer les températures supérieures à zéro. Nous avons choisi une plage entre 0c° à 150c°, ce document comprend trois chapitres. Pour le premier chapitre, nous allons définir, caractériser et classifier les

captures de température en détail, précisément le LM35. Dans le deuxième, nous allons faire l'étude de processus de mesure de température et la structure interne et le mode de fonctionnement de PIC16F877.

Enfin dans le troisième chapitre nous parlerons sur la simulation et la conception de thermomètre ainsi les outils de réalisation.

CHAPITRE I:

THÉORIE DES CAPTEURS ET LE LM35

I.1.Introduction:

Plusieurs phénomènes font face à des variations de températures. Ainsi, de nos jours, l'on distingue plusieurs types de capteurs de température selon le phénomène en présence, en autre les thermomètres à dilatation pour la dilatation de la matière, le thermomètre à mercure (classique) plus utilisé pour prélever la température humaine.

Toutefois, avec l'évolution de la science et des technologies, les hommes ont été à plusieurs reprises confrontés à des problèmes liés à la température : dilatation des métaux, variation des résistances, problème des semi-conducteurs etc.…Dans ce sens est né l'idée de mesurer la température

I.2.Généralités sur les capteurs

I.2.1.Définition d'un capteur:

Un capteur est un dispositif de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) image de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure.

C'est à partir du moment où l'on à su capter une grandeur physique et exploiter ses caractéristique, que l'on a pu réaliser des systèmes automatiques et intelligents qui s'auto contrôlent sans l'intervention de l'homme.

La définition se simplifiée comme suit pour les capteurs électriques : Un capteur électrique est un dispositif qui transforme une grandeur physique en une grandeur électrique (courant, tension ou résistance).

Les détecteurs font partie de la famille des capteurs, leur fonction est transformer la grandeur physique d'entrée (à mesurer) à une grandeur logique, l'information en sortie d'un détecteur est donc de type tout ou rien (0 ou1 logique).

Figure I.1: Schéma fonctionnel d'un capteur de température

I.2.2.Les chaines de mesure électrique: [1]

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à un capteur 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**,** Le capteur est ainsi le premier maillon (bloc) d'une chaine de mesure, mesurant la mesure total d'une grandeur physique.

La chaine de mesure est donc constituée de plusieurs blocs assurant divers étapes.

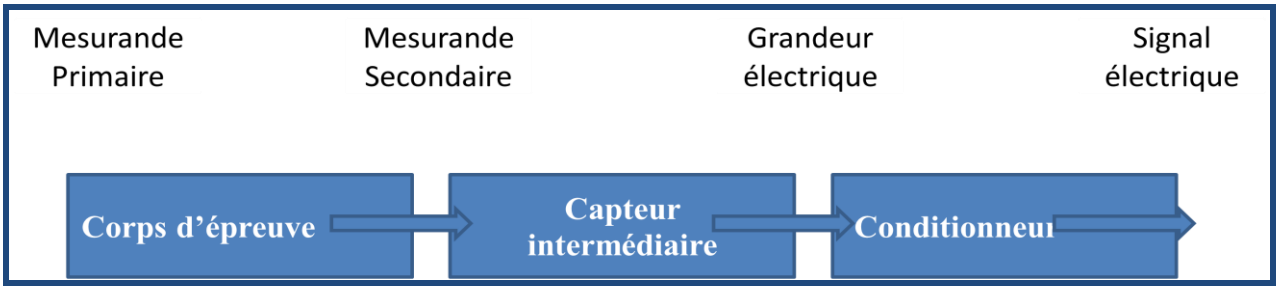


Figure I.2 : Constitution d'une chaîne de mesure classique

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.

Par définition, un corps d'épreuve est un transducteur (partie d'un capteur) qui permet la transduction d'une grandeur physique non exploitable en grandeur physique exploitable.

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, associé au capteur, il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure.

I.2.2.1 La chaîne de mesure analogique:

C'est l'ensemble de circuits assurant les tâches d'amplification, de linéarisation, de filtrage, de compensation thermique ou de traitement de bruit. Ce type de chaîne utilise la grandeur analogique dans son fonctionnement.

I.2.2.2 La chaîne de mesure numérique:

C'est l'ensemble de circuits assurant les tâches de conversion analogique numérique, d'échantillonnage, de filtrage numériques, etc.… Ce type de chaîne utilise la grandeur numérique dans son fonctionnement et peuvent faire appel à des Capteurs intelligents (Smart sensors). Ce sont des capteurs qui renferment dans un même boîtier : le capteur, le conditionneur, le CAN et un microcontrôleur capable de communiquer avec d'autres dispositifs numériques (PC, automates, systèmes d'acquisition de données,…).

I.2.3.Les différents familles du capteur [2]

I.2.3.1.Les capteurs actifs:

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à mesurer (énergie thermique, mécanique ou de rayonnement)

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

Tableau I.1: Effets physiques des capteurs actifs

- **Effet thermoélectrique(ou effet Seebeck)**:

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T1et T2, est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique e (T1, T2).

- **Effet piézo-électrique**:

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

- **Effet d'induction électromagnétique**:

La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

- **Effet photo-électrique**:

La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

- **Effet Hall**:

Un champ magnétique B (aimant, angle q/surface du matériau) et un courant électrique I créent dans le matériau une différence de potentiel UH= KHB

I.2.3.2.Les capteurs passifs:

Il s'agit généralement d'impédances (résistance, inductance, capacité) dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte:

- d'une variation de dimension du capteur (capteurs de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile)
- d'une déformation résultant d'une force ou d'une grandeur s'y ramenant (pression accélération). Exemples : armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable.

MESURANDE	EFFET UTILISE	MATERIAUX
Température Très basse température	**Résistivité Cst diélectrique**	**Platine, nickel, cuivre, semi-condensateur, Verre.**
Flux optique	**Résistivité**	**Semi-condensateurs**
Déformation	**Résistivité Perméabilité**	**Alliage-nickel Alliage-ferromagnétique**
Position	**Résistivité**	**Magnétorésistances**
Humidité	**Résistivité**	**Chlorure de lithium**

Tableau I.2: Effet physiques des capteurs passifs

I.2.4.Domaine d'utilisation des capteurs :

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

❖ **L'étendue de mesure**:

La zone dans la quelle les caractéristiques de capteur sont assuré par apport à des spécifications données, en trouvent de trois zone :

- **Zone nominale d'emploi**: une zone dans la quelle le mesurande peut évoluer sans modification des caractéristique du capteur.
- **Zone de non-détérioration:** une zone définie par valeurs limites des grandeurs influençant le capteur sans que les caractéristiques du capteur ne soient pas modifiées.
- **Zone de non-destruction:** zone qui définit les limites garantissent la non-destruction du capteur mais dans la quelle il peut y avoir des modifications permanents des caractéristique des capteurs

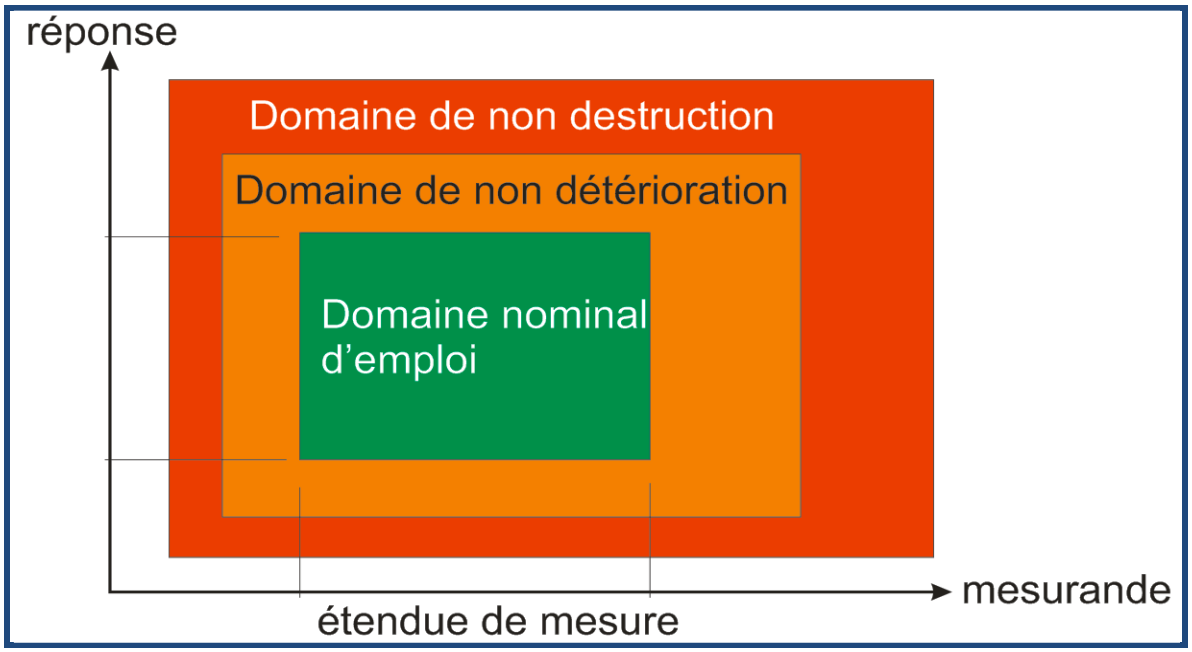


Figure I.3: Schéma significatif des domaines d'utilisation d'un capteur

I.2.5.Les caractéristiques d'un capteur [3]

❖ **L'étendue de la mesure:**

C'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

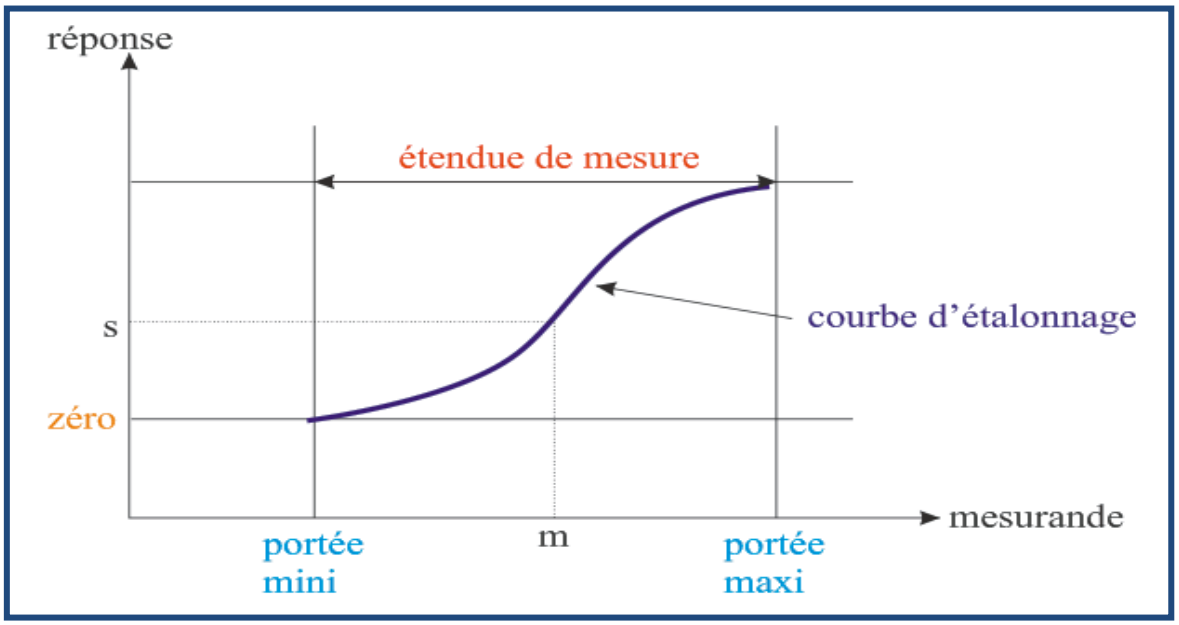


Figure I.4: Schéma significatif de l'étendu de mesure

❖ **La résolution:**

La plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

❖ **La rapidité:**

C'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.

❖ **la caractéristique d'entrée-sortie:**

La caractéristique d'entrée –sortie donne la relation de variation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée, classiquement par une courbe en régime permanent.

- **La finesse:**

La finesse permet de d'estimer l'influence que peu t avoir le capteur et de son support ou de ses liaisons sur la grandeur à mesurer.

- **la sensibilité:**

La sensibilité 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.

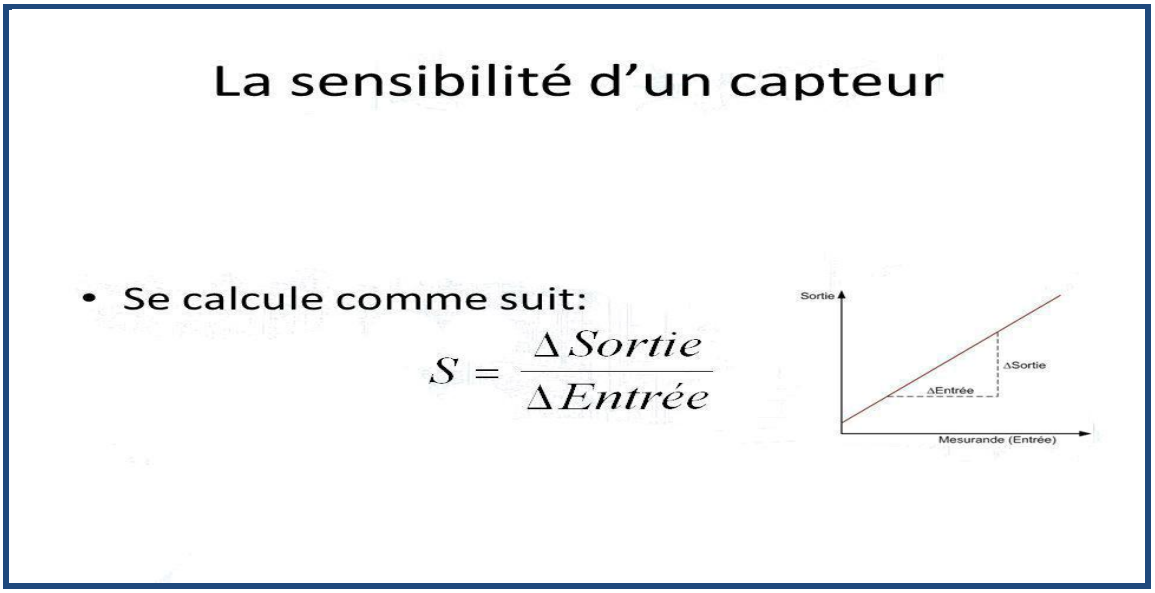


Figure I.5 : la sensibilité d'un capteur.

❖ Les caractéristiques statistiques:

Les caractéristiques statistiques sont les paramètres qui peuvent définir les erreurs accidentelles qui peuvent influer sur un capteur.

- **la fidélité:**

  Définit la qualité d'un capteur à délivrer une mesure répétitive sans erreur, l'erreur de fidélité correspond a l'écart type obtenu sur une série de mesure a mesurande constant.

- **la justesse:**

  Aptitude à délivrer une réponse proche de la valeur vraie indépendamment de la notion de la fidélité elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesures par rapport a la valeur réelle.

- **La précision:**

  Définit l'écart en pourcentage que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur.

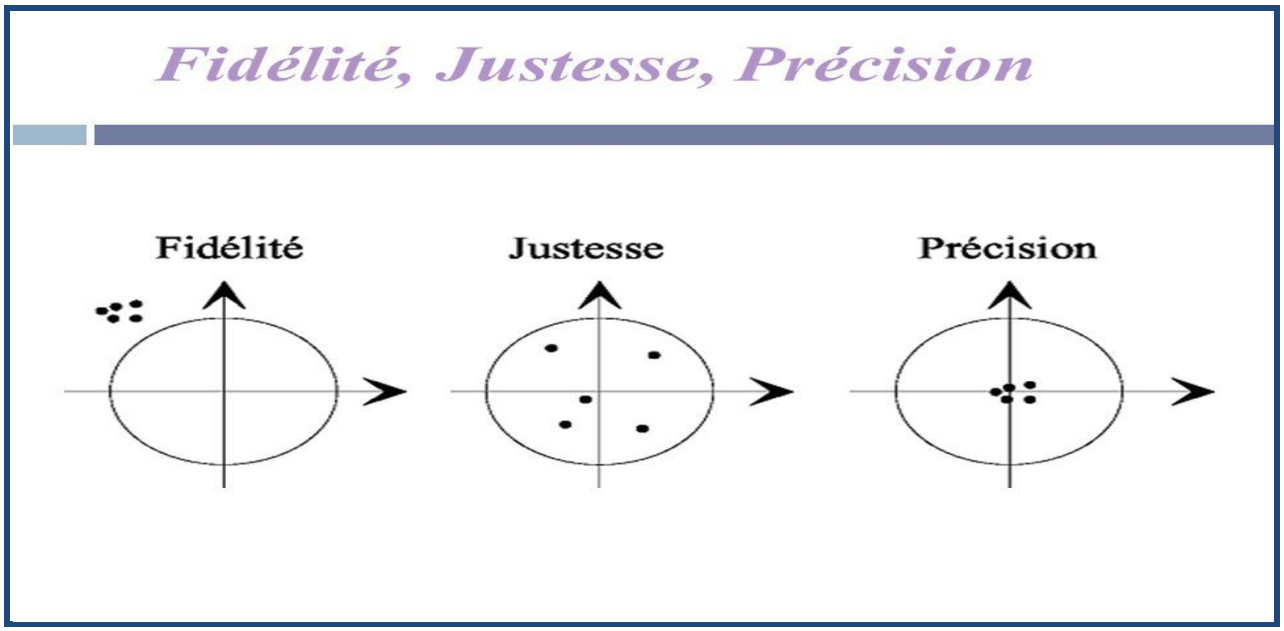


Figure I.6: Schéma des caractéristiques statistiques d'un capteur

I.2.6.Classification des capteurs [4]

I.2.6.1.Les capteurs numérique :

Les capteurs numériques donnent en sortie une valeur finie. Par exemple, si une grandeur physique croît de manière linéaire, la sortie du capteur qui va la mesurer donnera soit une information du type "TOR " (Tout Ou Rien), un train d'impulsion ou un échantillonnage.

- **Tout ou rien (TOR)**:

  Il informe sur l'état d'un système ne pouvant avoir que deux états stables comme par exemple une vanne. Si cette vanne est ouverte, on affectera à la sortie du capteur un " 0 " ou un " 1 " logique selon la volonté du concepteur du capteur et la sortie prendra l'autre valeur si elle est fermée. Ce type de montage est dit " bivalent " :

- c'est le fait que la sortie du montage ne peut prendre que deux valeurs (ouvert/fermé, 1/0).

- **Train d'impulsions**:

  Chaque impulsion est l'image d'un changement d'état. Par exemple, un codeur incrémental donne un nombre fini et connu d'impulsions par tour.

- **Echantillonnage**:

  C'est l'image numérique d'un signal analogique sous la forme d'un " escalier " (on retrouve cette caractéristique en sortie des convertisseurs analogiques /numériques). Pour un intervalle de tension d'entrée, correspond une seule valeur de la sortie.

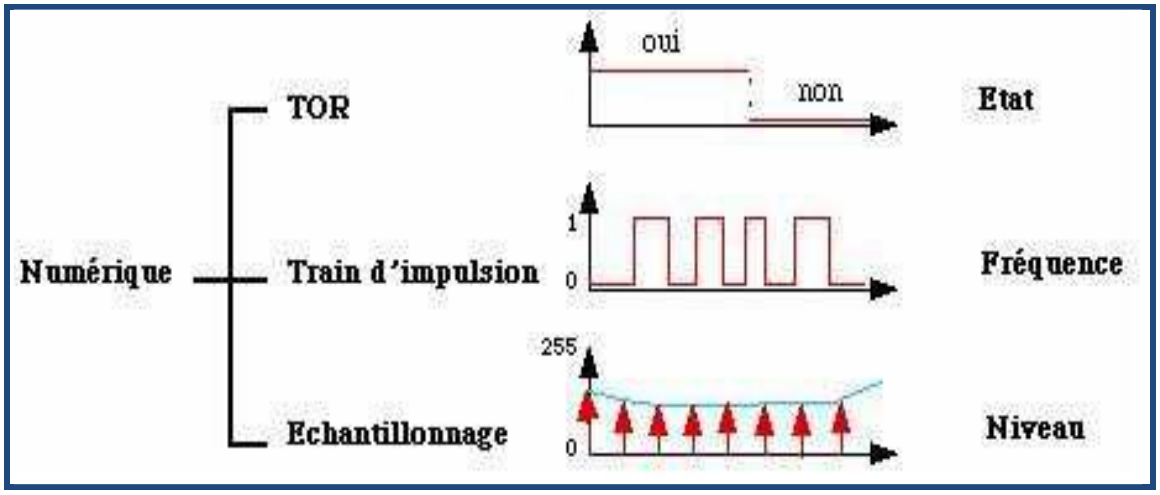


Figure I.7: la sortie d'un capteur numérique

I.2.6.2. Les capteurs analogiques :

Les capteurs analogiques servent à transformer une grandeur physique en un autre type de variation d'impédance, de capacité, d'inductance ou de tension. Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique qu'il représente peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné. Ainsi, on peut dire que la tension de secteur sinusoïdale (230VAC) est un signal de type analogique.

- **Signal continu**: c'est un signal qui varie " lentement " dans le temps et qu'on retrouve en sortie d'une sonde de température, de pression ou encore d'une photo résistance.

- **Temporel**: c'est la forme de ce signal au cours du temps. C'est aussi la trace du signal sur l'écran d'un oscilloscope.

- **Fréquentiel**: c'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée.

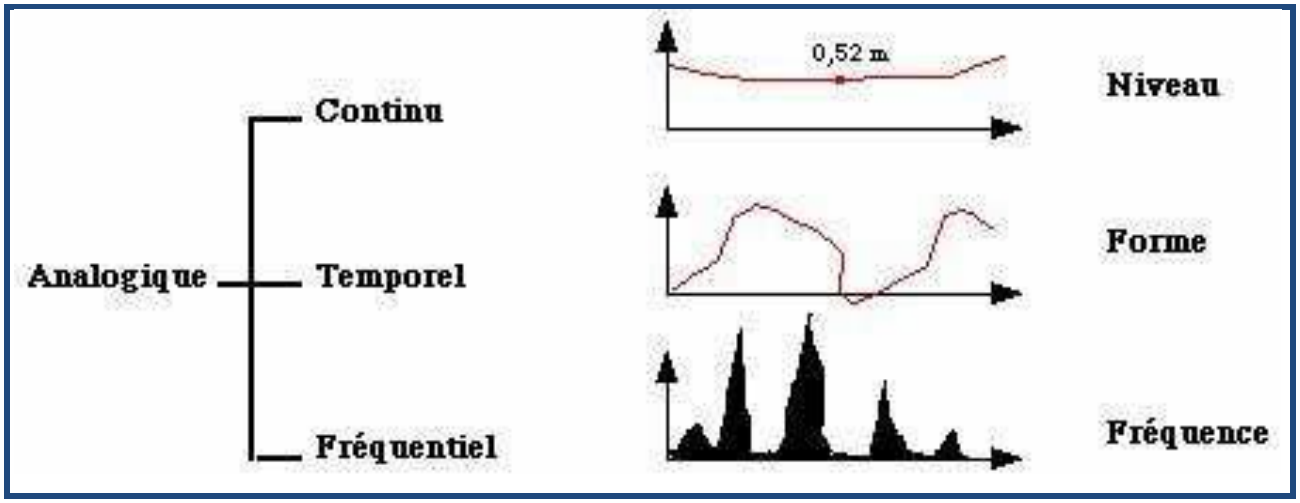


Figure I.8: La sortie d'un capteur analogique

I.3.Le capteur de température LM35 [5]

I.3.1.La description du capteur LM35:

Le capteur LM 35 est un circuit intégré calibré en usine utilisé pour mesurer la température avec un signal électrique proportionnel à la température (en ° C).Sa principale caractéristique est sa tension de sortie est linéairement proportionnelle à la température exprimée en degrés Celsius. Plus exactement, la tension de sortie augmente Vout de 10 mV chaque fois que la température augmente de 1°C

.

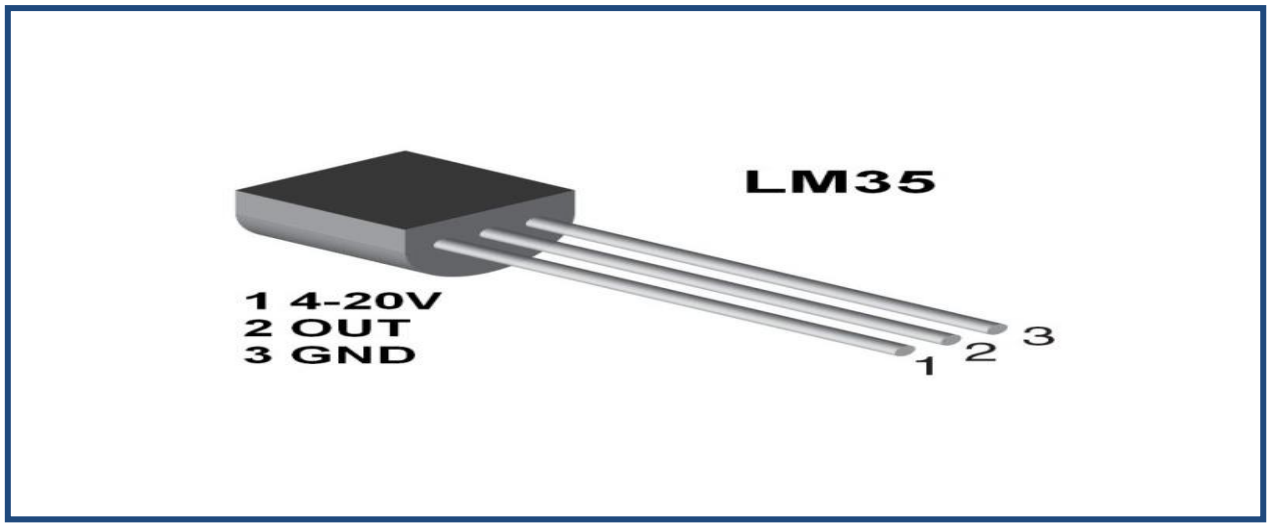


Figure I.9: Capteur de température LM35

L'architecture interne de ce capteur est la suivante:

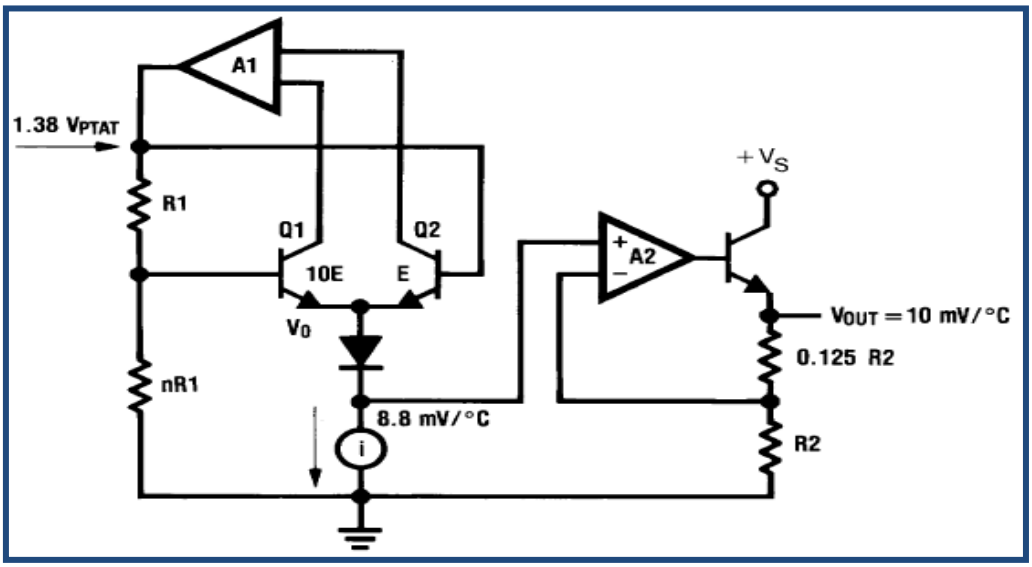


Figure 1.10 : Architecture interne d'un LM35

I.3.2. Les caractéristiques de capteur LM 35:

- Proportionnelle à la température (en ° C).
- Ce capteur ne nécessite pas de calibrage externe.
- Précision de capteur (lm35) = 0.5° C.
- Sur une gamme de température de –55°C à +150°C.
- Son coefficient est de 10mV/°C.
- Le capteur peut être alimenté entre 4V et 30V, il est alimenté en 0 - 5 V.

I.3.3.Avantage de capture Lm35:

Parmi les avantages de ce capteur, mentionnons sa consommation très faible (de l'ordre de 60µA), d'où une puissance dissipée également très faible, et sa linéarité qui demeure excellente sur toute sa plage de sensibilité. Cette plage va de -55°C à +150°C pour les LM35C et de 0°C à100°C pour les LM35D, ainsi il n'est pas très cher.

I.3.4.Brochage des différentes versions du LM35:

Voici le brochage des différentes versions du LM35, disponible sous trois boîtiers différents.

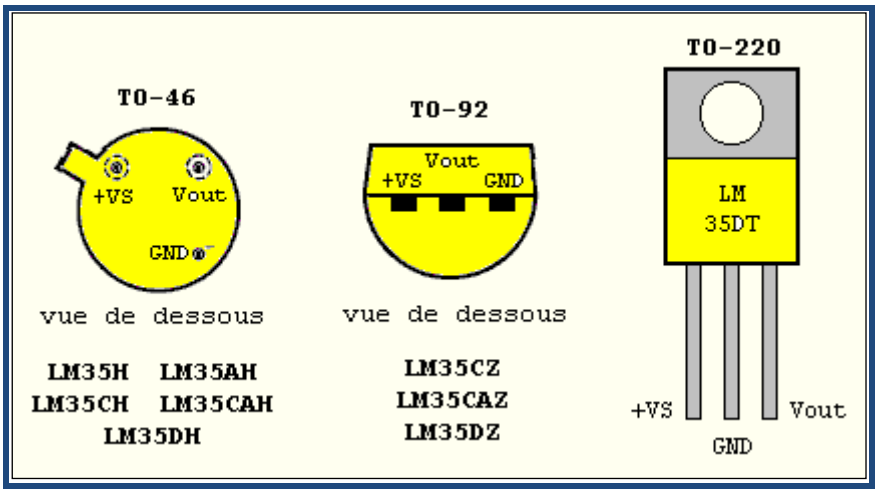


Figure I.11: Brochage d'un capteur LM35

Les références CZ et DZ se présentent en boîtier TO-92: on s'orientera vers l'une ou l'autre, le LM35DZ étant le moins dispendieux.

Il existe trois types de boitiers (T0-220, T0-92, T0-92), ainsi chaque boitier a ces références, comment le LM35DT se représente en boitier T0-220.et les LM35CZ, LM35CAZ, LM35DZ se représente en boitier T0-92, par contre le LM35H, LM35CH, LM35AH, Lm35CAH, LM35DH en les trouvent dans le boitier T0-46.

La data sheet nous apprend que le LM35 (toutes versions confondues) doit être alimenté sous une tension +Vs comprise entre 4 V et 30 V, et que la tension de sortie Vout sera comprise entre +6,0 V et -1,0 V (valeurs absolues), le courant de sortie n'excédant jamais 10 mA.

S'agissant de la précision, un critère à ne pas négliger pour un capteur, on aura:

- LM35C: +/- 1°C (valeur garantie) et +/- 0,4°C à 25°C (typique)
- LM35D**:** +/- 1,5 °C (valeur garantie) et +/- 0,6°C à 25°C (typique)

La data sheet nous apprend que le LM35 (toutes versions confondues) doit être alimenté sous une tension +Vs comprise entre 4 V et 30 V, et que la tension de sortie Vout sera comprise entre +6,0 V et -1,0 V (valeurs absolues), le courant de sortie n'excédant jamais 10 mA.

I.3.5.Mise en œuvre du LM35 :

Le constructeur résume le fonctionnement du LM35 par deux petits schémas, d'une confondante simplicité:

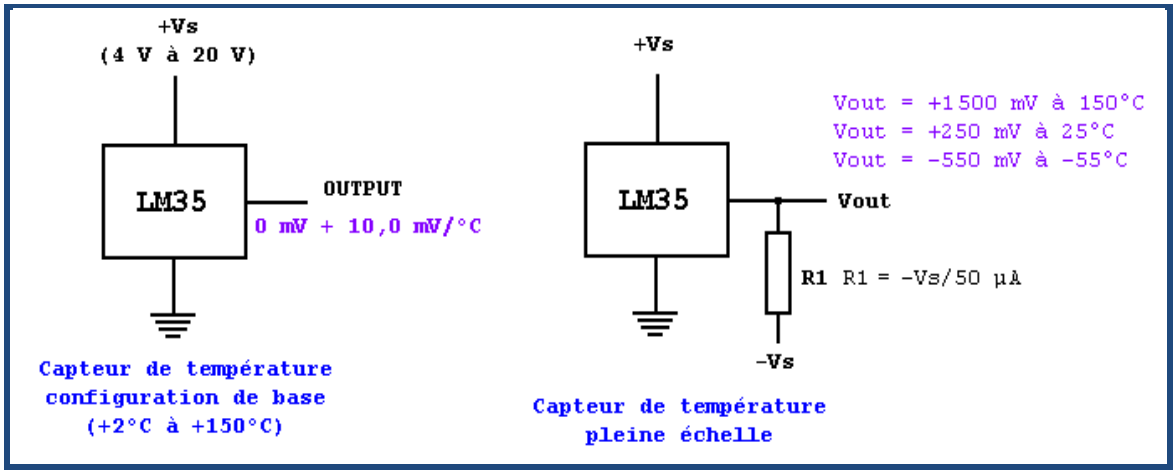


Figure I.12: Schéma de fonctionnement du LM35.

On pourrait donc se borner à brancher un voltmètre en sortie du LM35 pour lire la température, sachant que 10 mV correspondent à 1°C. Evidemment, il faudra prendre en compte, dans ce cas, la précision du voltmètre lui-même.

Ceci nous amène à imaginer un petit montage tout simple: une sonde de température à deux fils pour multimètre. Le schéma d'application ci-dessous permet des mesures entre -5°C et +40°C. La sortie Vout est ici référencée par rapport à la masse. Le condensateur est optionnel, mais conseillé. Les deux fils de la sonde seront entrelacés. La lecture se fera en branchant le multimètre entre Vout et GND.

CONCLUSION :

Nous avons traité dans le premier chapitre les captures de température et leur caractéristique bien détaillé, ainsi on a choisi un capteur de température avec une grande sensibilité et une très faible tension d'alimentation, peu couteux, très simple qui est un capture de température LM35, par contre dans le chapitre suivant nous aurons détaillés le fonctionnement d'un microcontrôleur PIC 16F877 et ses propriétés.

CHAPITRE 2:

PRÉSENTATION DU MICROCONTRÔLEUR

LE PIC 16F877A

II.1.Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation du microcontrôleur tout en illustrant ces différentes caractéristiques afin de mieux l'exploiter.

On aura à définir l'unité de contrôle et tout ce qui l'englobe de part et d'autre de sa structure. La partie la plus importante sera celle qui traite les différents ports d'entrée/sortie.
Ainsi que le convertisseur qui jouera le rôle d'interface entre l'unité de contrôle et le capteur de température.

II.2.Les microcontrôleurs :

II .2.1.Généralités :

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 microcontrôleurs.

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.2.2.Les avantages du microcontrôleur :

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables à plusieurs points forts et bien réels. Il suffit pour s'en persuader, d'examiner la spectaculaire évolution de l'offre des fabricants de circuits intégrés en ce domaine depuis quelques années.

- Tout d'abord, 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.
- 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.2.3.Contenu d'un microcontrôleur :

Un circuit microcontrôleur doit contenir dans un seul boîtier tous Les éléments de bases, nous y retrouvons bien évidemment l'unité centrale qui est plus simplifiée par rapport à celle du microprocesseur. En contre partie, des instructions de manipulation de bits, très utiles pour faire des entrées/sorties lui ont été ajoutées. Dans certains circuits, cette unité centrale se voit dotée d'un très grand nombre de registres internes qui servent alors de mémoire vive. (Figure 2.1)

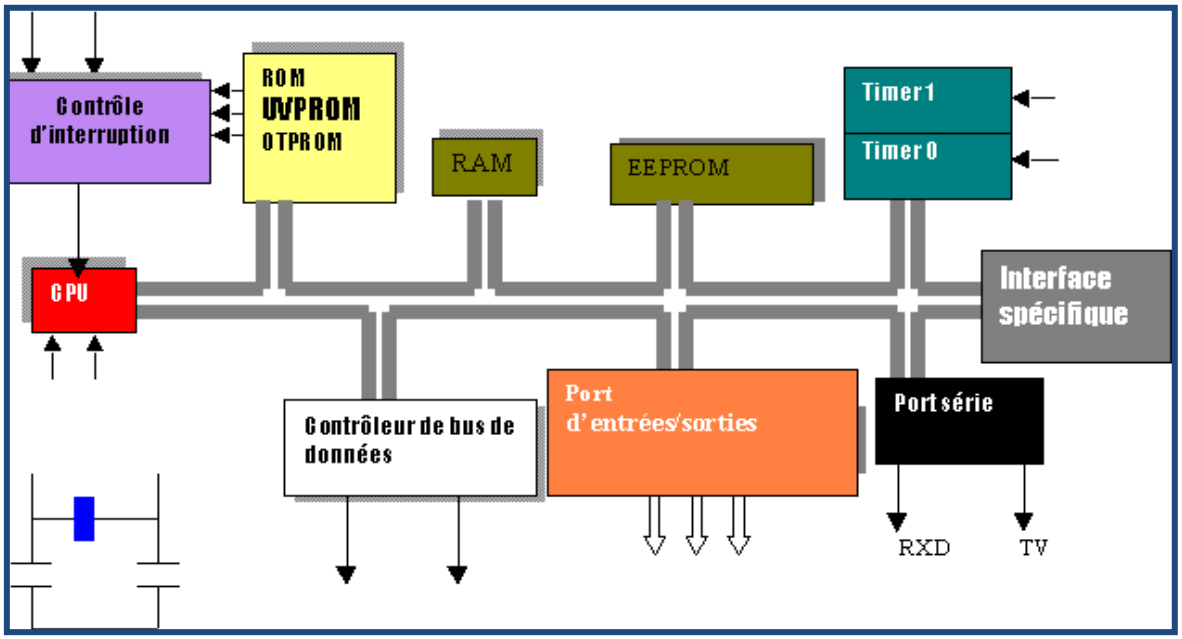


Figure II.1 : Structure interne d'un microcontrôleur en générale.

Nous pouvons ensuite voir la mémoire morte mais ce n'est pas une obligation. En effet dans un certain nombre de boîtiers et jusqu'à ces dernières années, cette mémoire ne pouvait qu'être programmée par masque à la fabrication du circuit. Cela imposait donc l'utilisation potentielle du microcontrôleur pour commander un nombre de pièces identiques important.

Un certain nombre de microcontrôleurs étaient, et sont toujours d'ailleurs disponibles sans ROM. Puis, les technologies d'intégration progressent, les fabricants ont appris à placer sur la puce de la mémoire programmable électriquement et effaçable aux ultraviolets (UVPROM) qui coûtent relativement cher, non à cause de la mémoire elle-même dont la technologie est

maintenant facile à produire, mais plutôt à cause de la fenêtre en quartz nécessaire à son effacement, on a vu également apparaître des microcontrôleurs dits OTPROM.

Dans ces circuits ou OTPROM (ONE TIME PROM), c'est à dire programmable une fois, la mémoire UVPROM existe toujours dans ce programme donc comme n'importe quel circuit de ce type, mais, fait de l'absence de toute fenêtre, cette mémoire n'est ensuite plus effaçable. C'est une solution intéressante pour les productions en petite série, ne justifiant pas une programmation par masque. En effet, du fait de l'absence de fenêtre, ces versions OTPROM sont disponibles en boîtier plastique très peu coûteux.

II.3.Généralité sur PIC : [5]

Un PIC n'est rien d'autre qu'un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information De type microprocesseur à la quelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes.

Les Pics (Programmable Interface Controller) sont des composants dits RISC (Reduce Instructions Set Computer), ou encore composant à jeu d'instruction réduit, sachant que plus on réduit le nombre d'instruction plus facile et plus Rapide en est le décodage, et vite le composant fonctionne.

Dans le marché, il existe deux familles opposées, les RISC et les CISC (Complexe Instruction SET Computer) chez les CISC, on diminue la vitesse de traitement mais les instructions sont plus complexes, plus puissantes, et donc plus nombreuses. Il s'agit donc d'un choix de stratégie.

Tous les pics Mid – Range ont un jeu de 35 instructions, ils stockent chaque Instruction dans un seul mot de programme, et exécutent chaque instruction (Sauf les sauts) en un cycle. On atteint donc des très grandes Vitesses. L'exécution en un seul cycle est typique des composants RISC.

L'horloge fournie au pic est pré-divisée par quatre au niveau de celle-ci. C'est Cette base de temps qui donne le temps d'un cycle.

Si on utilise par exemple un quartz de 4 MHZ, on obtient donc100000 cycles / Secondes, comme Le pic exécute pratiquement l'instruction par cycle hormis Les sauts, cela nous donne une puissance de l'ordre de 1 MIPS (1 Millions d'instruction par secondes).

Les pics peuvent monter à 20 MHZ.

II.3.1.Les différentes familles des Pics :

La famille des pics est divisée à l'heure actuelle en trois grandes familles :

- La famille Base - Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- La famille Mide –Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie

Les 16F84 et 16F876).

- La famille High – End, qui utilise des mots de 16 bits.

II.3.2.Identification d'un Pic :

Pour identifier un pic, on utilise simplement son numéro.

Les deux premiers chiffres indiquent la catégorie du pic, 16 indique un pic Mid – Range, vient ensuite 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 EEPROM.
- CR pour indiquer une mémoire de type ROM.
- F pour indiquer une mémoire de type FLASH.

Notons à ce niveau que seule une mémoire FLASH ou EEPROM est Susceptible d'être effacée, donc n'espérons pas reprogrammer les pics de type CR.

Un composant qu'on ne peut reprogrammer est appelé O. T. P (One Time Programming) : composant à programmation unique.

Puis viennent les derniers chiffres identifient précisément le pic.

Finalement on voit sur les boîtiers le suffixe « XX » dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le pic peut recevoir. Par Exemple -04- pour un 4MHZ.

Une dernière indication qu'on trouve est le type de boîtier.

Nous utilisons pour nos expériences le boîtier PDIP, qui est un boîtier Dil40 broches avec un écartement entre les rangées de 0.3. La version 4MHZ sera simplement suffisante.

Notons que les pics sont des composants STATIQUES, C'est-à-dire la fréquence d'horloge peut être abaissée jusqu'à l'arrêt complet Sans perte des données et sans dysfonctionnement, ceci par opposition aux Composants DYNAMIQUES (comme les microprocesseurs de l'ordinateur) Donc la fréquence d'horloge doit rester dans des limites précises.

II.4.Le microcontrôleur PIC 16F877 : [9]

II.4.1.Structure interne

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

Le 16F877 est un microcontrôleur de MICROCHIP, fait partie intégrante de la famille des Mid Range (16) dont la mémoire programme est de type flash (F).

II.4.2.Caractéristiques générales :

a/Caractéristiques de la CPU

1. CPU à architecture RISC (8 bits)
2. Mémoire programme de 8 Kmots de 14 bits (Flash),
3. Mémoire donnée de 368 Octets,
4. EEPROM donnée de 256 Octets,
5. 14 sources interruptions
6. Générateur d'horloge de type RC ou quartz (jusqu'à à 20 MHz)
7. 05 ports d'entrée sortie
8. Fonctionnement en mode sleep pour réduction de la consommation,
9. Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V,
10. Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme.

b/Caractéristiques des périphériques

1. Timer0 : Timer/Compteur 8 bits avec un pré diviseur 8 bits
2. Timer1 : Timer/Compteur 16 bits avec un pré division de 1, 2, 4, ou 8 ; il peut être incrémenté en mode veille (Sleep), via une horloge externe,
3. Timer2 : Timer 8 bits avec deux diviseurs (pré et post diviseur)
4. Deux modules « Capture, Compare et PWM » :

Module capture 16 bits avec une résolution max. 12,5 ns,

Module Compare 16 bits avec une résolution max. 200 ns,

Module PWM avec une résolution max. 10 bits,

5. Convertisseur Analogiques numériques multi-canal (8 voies) avec une conversion sur 10 bits,
6. Synchronous Serial Port (SSP) SSP, Port série synchrone en mode I2C (mode maitre/esclave),
7. Universel Asynchronous Receiver Transmitter (USART) : Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone

II .4.3.Organisation de la mémoire du 16F877A:

La mémoire du 16F877A est divisée en 3 parties :

- La mémoire programme :

La mémoire programme est constituée de 8k mots de 14 bits. C'est dans cette zone que nous allons écrire notre programme. Le PIC exécute une à une les instructions logées dans la mémoire de programme.

- La mémoire EEPROM :

La mémoire EEPROM (Electrical Ecrasable Programmable Read Only Memory), est constituée de 256 octets que nous pouvons lire et écrire depuis notre programme. Ces octets sont conservés après une coupure de courant et sont très utiles pour conserver des paramètres semi-permanents.

- La mémoire RAM et organisation :

La mémoire RAM est celle que nous allons sans cesse utiliser. Toutes les données qui y sont stockées sont perdues lors d'une coupure de courant.

La mémoire RAM disponible du 16F877 est de 368 octets. Elle est répartie de la manière suivante :

1) 80 octets en banque 0, adresses 0*20 à 0*6F
2) 80 octets en banque 1, adresses 0*A0 à 0*EF
3) 96 octets en banque 2, adresses 0*110 à 0*16F
4) 96 octets en banque 3, adresses 0*190 à 0*1EF

16 octets commun aux 4 banques, soit 0*70 à 0*7F = 0*F0 à 0*FF

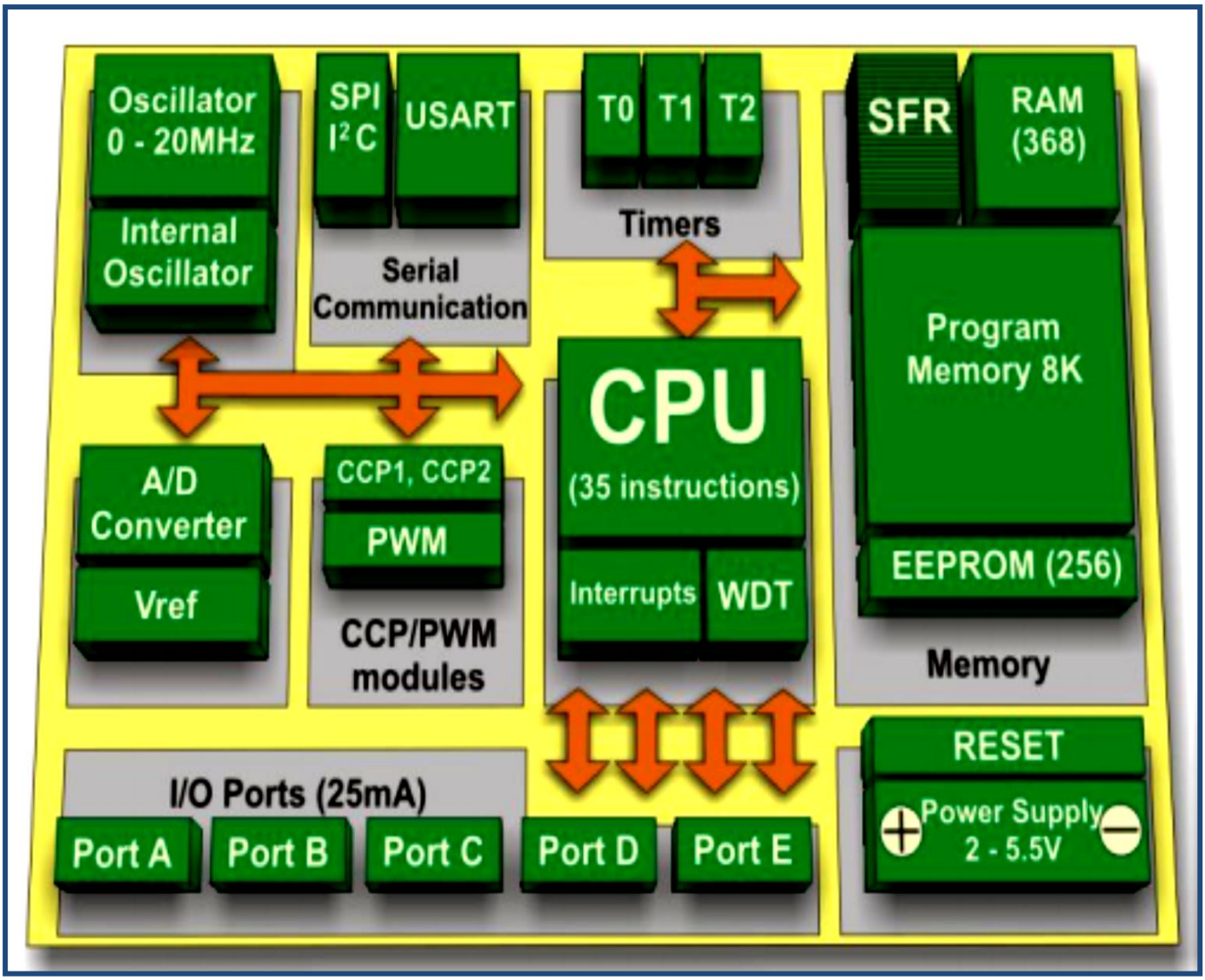


Figure II.2 : Architecture interne du PIC 16F877

II.4.4.Structure externe

Le PIC16F877 est un circuit intégré de 40 broches :

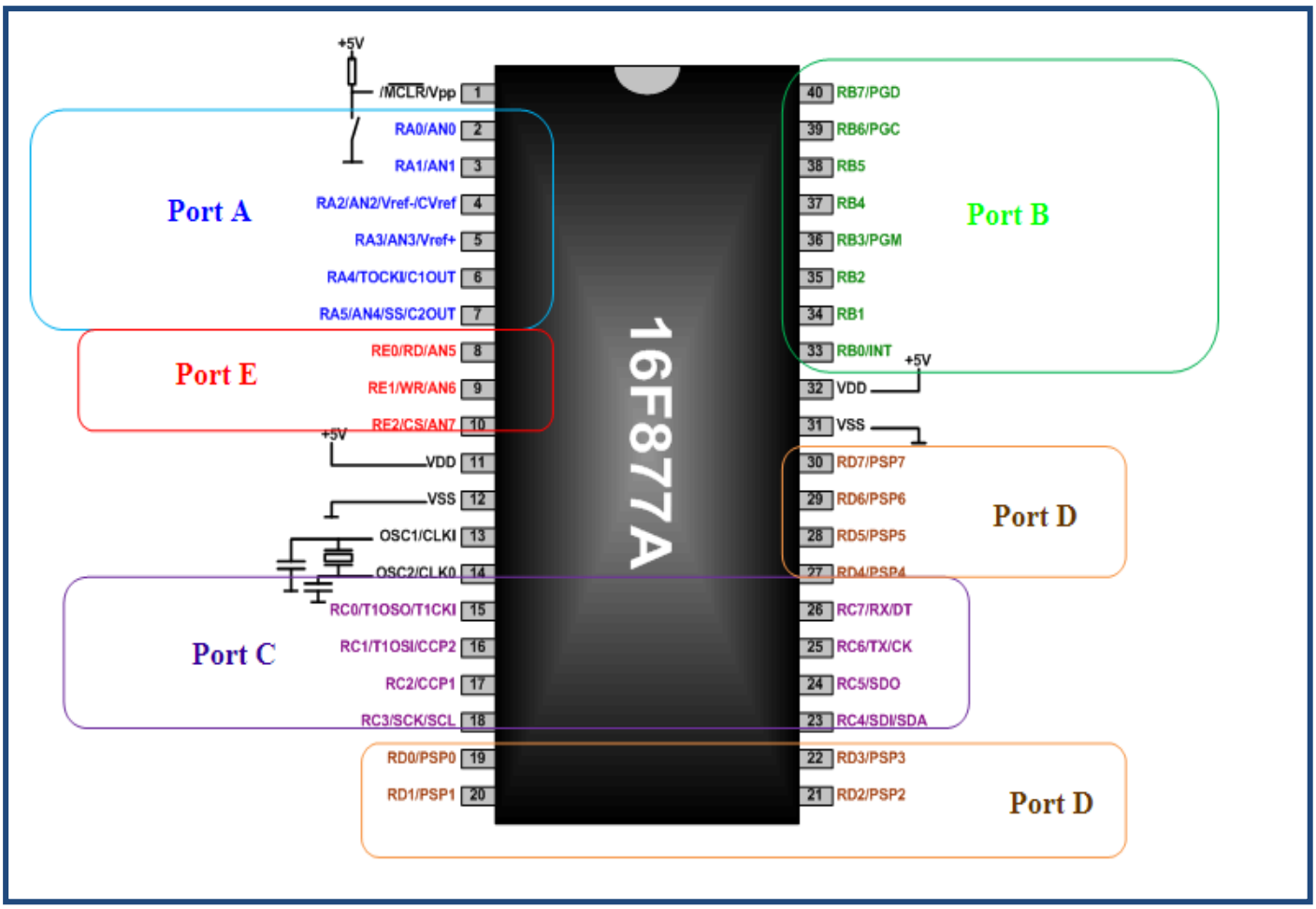


Figure II.3: Brochage du microcontrôleur PIC16F877A

On constate que sur le schéma concernant le 16F877, on a 2 connexions « VSS » qui sont reliées à la masse. En fait, en interne, ces pins sont interconnectés. La présence de ces 2 pins s'explique pour une raison de dissipation thermique. Les courants véhiculés dans le PIC sont loin d'être négligeables du fait des nombreuses entrées/sorties disponibles.

Le constructeur a donc décidé de répartir les courants en plaçant 2 pins pour l'alimentation VSS, bien évidement, pour les mêmes raisons (dissipation thermique), ces pins sont situés de part et d'autre du PIC, et en positions relativement centrales.

Les particularités des ports :

Le pic 16F877A dispose de 5 ports entrée/sortis et voici par la suite la particularité de chaque port :

Le port A :

Le 16F877A dispose de 5 canaux d'entrées analogiques. 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'entées. Il n'est donc pas question d'espérer leur faire sortir une tension analogique. Ceci nécessairement 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 la pin RB0 qui en configuration d'entrée est de type « trigger de Schmitt » quand elle est utilisée en mode interruption « INT » ; la lecture simple de RB0 se fait d'une façon tout à fait classique, en entrée de type TTL. Encore il y a (RB3-RB6-RB7) qui peuvent servir dans la programmation en cas d'absence de programmateur commercial.

Le port C :

C'est un port tout ce qu'il a de plus classique, or qu'il a deux pins qu'on utilisera plus tard dans la communication série avec le PC à travers(TX et RX) (pin25et pin 26) .

Le port D :

Ce port fonctionne de façon identique aux autres, dans son mode de fonctionnement général. Le registre TRISD comportera donc les 8bits de direction, pendant que le registre port D correspond aux pins I/O concernés. D'où les 8 pins I/O, en mode entrée, sont du type <trigger de Schmitt>.

Le port E :

Ce port n'est présent que sur les PIC 16F877A. Il ne comporte que 3 pins RE0à RE2, mais, contrairement aux ports, les bits non concernés de TRISE sont, cette fois, implantés pour d'autres fonctions. Les pins REX peuvent également être utilisés comme pins d'entrées analogiques. D'ou le registre ADCON1 qui détermine si ce port est utilisé comme port I/O ou comme port analogique.

II.5.Le convertisseur :

Le CAN est un périphérique intégré destiné à mesurer une tension et la convertir en nombre binaire qui pourra être utilisé par un programme.

Notre 16F877A travaille avec un convertisseur analogique/numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits. Le signal numérique peut donc prendre 1024 valeurs possibles. On sait que pour pouvoir numériser une grandeur, nous devons connaître la valeur minimale qu'elle peut prendre, ainsi que sa valeur maximale, Les pics considèrent par défaut que la valeur minimale correspond à leur Vss d'alimentation, tandis que la valeur maximale correspond à la tension positive d'alimentation Vdd. le principe de la conversion suit la séquence est la suivante :

- Le pic connecte le pin sur lequel se trouve la tension à mesurer à un condensateur interne, qui va se charger via une résistance interne jusque la tension appliquée.
- Le pin est déconnecté du condensateur, et ce dernier est connecté sur le convertisseur analogique/numérique interne.
- Le pic procède à la conversion.

Le temps nécessaire à la conversion est égal au temps nécessaire à la conversion d'un bit multiplié par le nombre de bits désirés pour le résultat. Concernant notre pic, il faut savoir qu'il nécessite, pour la conversion d'un bit, un temps nommé Tad.

Ce temps est dérivé par division d'horloge principale. Le diviseur peut prendre une valeur de 2, 8 ou 32. Le temps de conversion Tad ne peut détendre, pour des raisons électroniques, en dessous de 1.6 us pour les versions classiques de 16F87xA, et en dessous de 6 us pour les versions LC.

Donc en fonction des fréquences utilisées pour le quartz du pic, on choisit le diviseur le plus approprié.

Voici un tableau qui reprend les valeurs de diviseur à utiliser pour quelques fréquences courantes du quartz et pour les PICs de type classique.

Diviseur	**20Mhz**	**5Mhz**	**4Mhz**	**2Mhz**	**1,25Mhz**	333,3Khz
2	100ns	400ns	500ns	1µs	1,6µs	**6µs**
8	400ns	1,6µs	2µs	4µs	6,4µs	**24µs**
32	1,6µs	6,4µs	8µs	16µs	25,6µs	**96µs**
Osc RC	**2-6µs**	**2-6µs**	**2-6µs**	**2-6µs**	**2-6µs**	**2-6µs**

Tableau .II.1: choix de diviseur le plus approprie en fonction des fréquences.

Les valeurs 400ns; 1,6µs; 2µs; 4µs; 6,4; 24µs correspondent au meilleur diviseur en fonction de la fréquence choisie, en ce qui nous concerne puisqu'on utilise une fréquence de 4MHZ, on utilisera la valeur de 2µs dans notre programmation.

Il faut à présent préciser que le PIC nécessite un temps Tad avant le démarrage effectif de la conversion, et un temps supplémentaire Tad à la fin de la conversion.

Résumons donc le temps nécessaire pour effectuer l'ensemble des opérations :

- On charge le condensateur interne (nécessite le temps Tacq)
- On effectue la conversion (nécessite le temps 12 * Tad)
- On doit attendre 2 * Tad avant de pouvoir recommencer une autre conversion

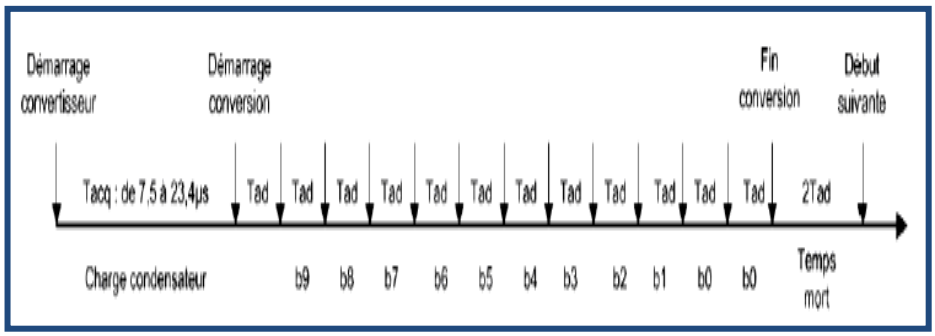


Figure .II.4 : Cycle de conversion

Le module de conversion utilise 4 registres disposés comme suit :

*Registre de Résultat High (ADRESH)

*Registre de Résultat Low (ADRESL)

*Registre0 de Contrôle (ADCON0)

*Registre1 de Contrôle (ADCON1)

Configuration interne du module de convertisseur analogique/numérique :

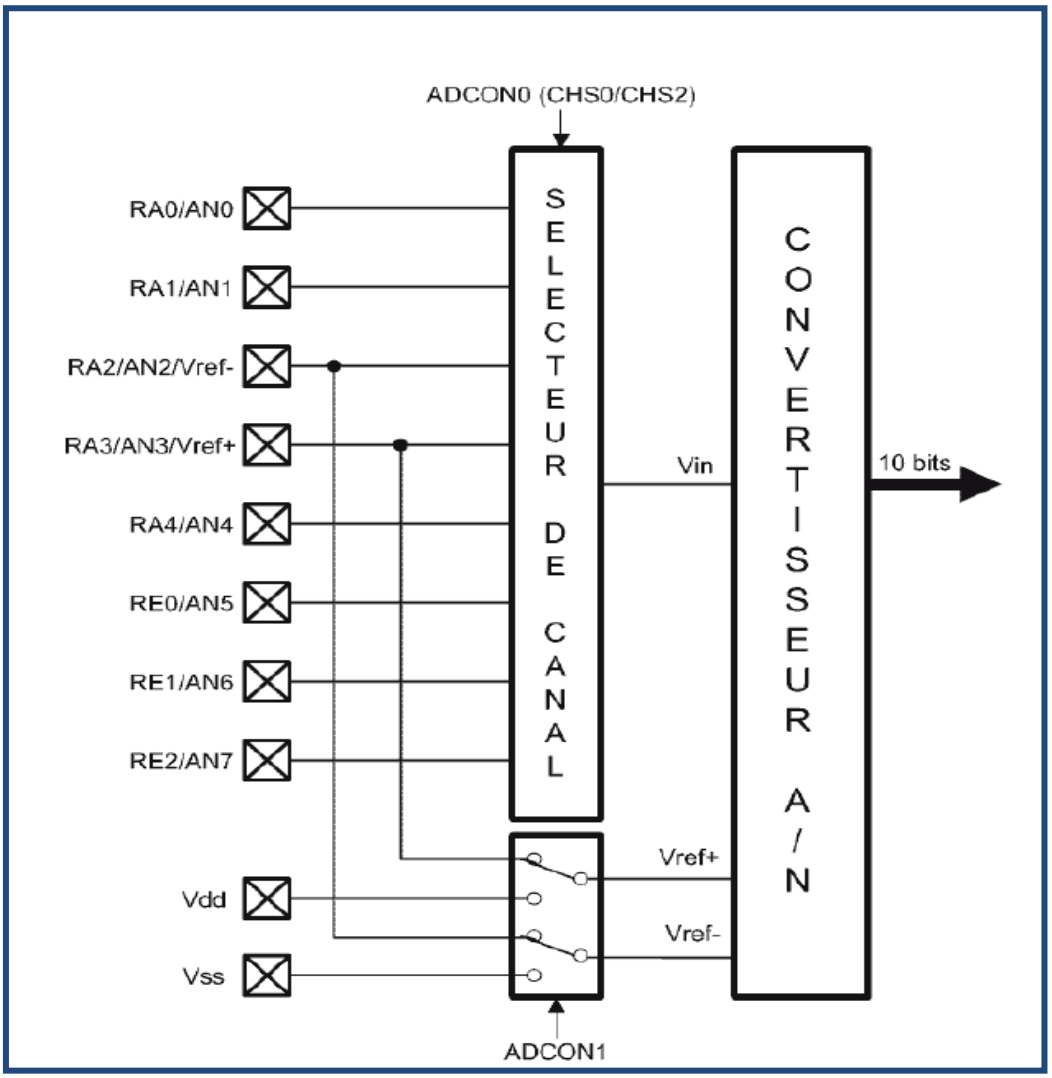


Figure II.5: module du convertisseur

On voit très bien sur ce schéma que les pins AN2 et AN3 servent selon la position du sélecteur d'entrée analogique ou de tension de référence. Le sélecteur de canal permet de sélectionner lequel des 8 canaux va être appliqué au convertisseur analogique/digital.

On voit que la sélection de la source des tensions de référence dépend de bits du registre ADCON1, tandis que le canal sélectionné pour être numérisé dépend de ADCON0. C'est le registre ADCON1 qui détermine si ce port sera utilisé comme port I/O ou comme port analogique. Nous en aurons besoin dans la programmation.

A- Les registres ADRESL et ADRESH

On attire votre attention sur le fait que le convertisseur donne un résultat sur 10 bits, et donc que ce résultat devra donc obligatoirement être sauvegardé dans 2 registres. Ces registres sont tout simplement les registres ADRESL et ADRESH. Comme 2 registres contiennent 16 bits, et que nous n'en utilisons que 10, Microchip nous a laissé le choix sur la façon dont est sauvegardé le résultat, nous pouvons soit justifier le résultat à gauche, soit à droite.

La justification à droite complète la partie gauche du résultat par des « 0 ». Le résultat sera donc de la forme :

0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**B9**	**B8**	**B7**	**B6**	**B5**	**B4**	**B3**	**B2**	**B1**	**B0**
				ADRESH								**ADRESL**			

La justification à gauche procède bien évidemment de la méthode inverse :

				ADRESH								**ADRESL**			
B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	0	0	0	0	0	0

Figure II.6:La justification à droite et à gauche des bits

La justification à droite sera principalement utilisée lorsque nous avons besoin de l'intégralité des 10 bits de résultat, tandis que la justification à gauche est très pratique lorsque 8 bits vous suffisent. Dans ce cas, les 2 bits de poids faibles se trouvent isolés dans ADRESL, il

suffit donc de ne pas en tenir compte. Cette approche est destinée à nous épargner des décalages de résultats.

Le choix de la méthode s'effectue à l'aide du bit 7 de ADCON1.

B- Le registre ADCON1

Ce registre permet de déterminer le rôle de chacune des pins AN0 à AN7. Il permet donc de choisir si un pin sera utilisé comme entrée analogique, comme entrée/sortie standard, ou comme tension de référence. Il permet également de décider de la justification du résultat.

Pour pouvoir utiliser un pin en mode analogique, il faudra que ce pin soit configuré également en entrée par TRISA. Le registre ADCON1 dispose, comme tout registre accessible de notre PIC, de 8 bits, dont seulement 5 sont utilisés :

B7	**ADFM**	A/D result format select
B6	INUTILISE	**lu comme « 0 »**
B5	INUTILISE	**lu comme « 0 »**
B4	INUTILISE	**lu comme « 0 »**
B3	PCFG3	**Port Configuration control bit 3**
B2	PCFG2	**Port Configuration control bit 2**
B1	PCFG1	**Port Configuration control bit 1**
B0	**PCFG1**	**Port Configuration control bit 0**

Tableau II.2 : le registre ADCON1

Le bit ADFM permet de déterminer si le résultat de la conversion sera justifié à droite (1) ou à gauche (0). Nous trouvons dans ce registre les 4 bits de configuration des pins liés au

convertisseur analogique/numérique. Ces bits nous permettent donc de déterminer le rôle de chaque pin.

Comme nous avons 16 combinaisons possibles, nous aurons autant de possibilités de configuration (en fait, vous verrez que nous n'en avons que15).

C- Le registre ADCON0

Ce registre est le dernier utilisé par le convertisseur analogique/numérique. Il contient les bits que nous allons manipuler lors de notre conversion. Sur les 8 bits de notre registre, 7 seront utilisés.

B7	**ADCS1**	A/D conversion Clock Select bit 1
B6	ADCS0	**A/D conversion Clock Select bit 0**
B5	CHS2	**Analog Channel Select bit2**
B4	CHS1	**Analog Channel Select bit1**
B3	CHS0	**Analog Channel Select bit0**
B2	GO/DONE	**A/D conversion status bit**
B1	Inutilisé	**lu comme « 0 »**
B0	**ADON**	**A/D ON bit**

Tableau II.3 : Le registre ADCON0

II.6.MCLR (Circuit de reset) :

Entrée de remise à zéro, lorsque cette entrée est mise à l'état bas, le microcontrôleur est réinitialisé : il va exécuter l'instruction se trouvant à l'adresse00 H (adresse de bootstrap).

Mais aussi lorsque le microcontrôleur est mis sous tension il est préférable que RESET soit à l'état logique 0 pendant un temps très court c'est le rôle du circuit RC.

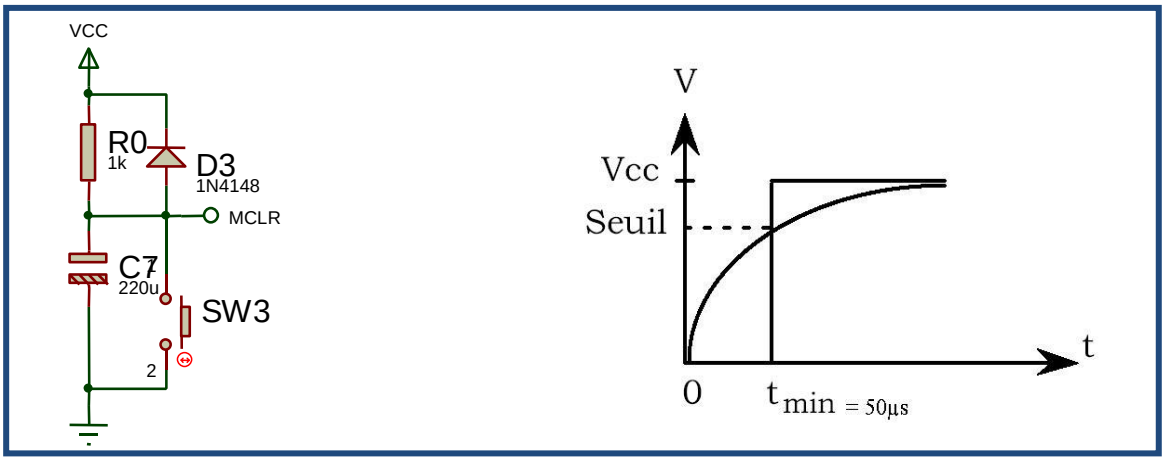


Figure II.7 : circuit du reset

II.7.L'oscillateur :

L'horloge est un système qui peut être réalisée soit avec un QUARTZ(a), soit avec une horloge extérieur(b), soit avec un circuit RC(c), dans ce dernier la stabilité du montage est limitée.

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

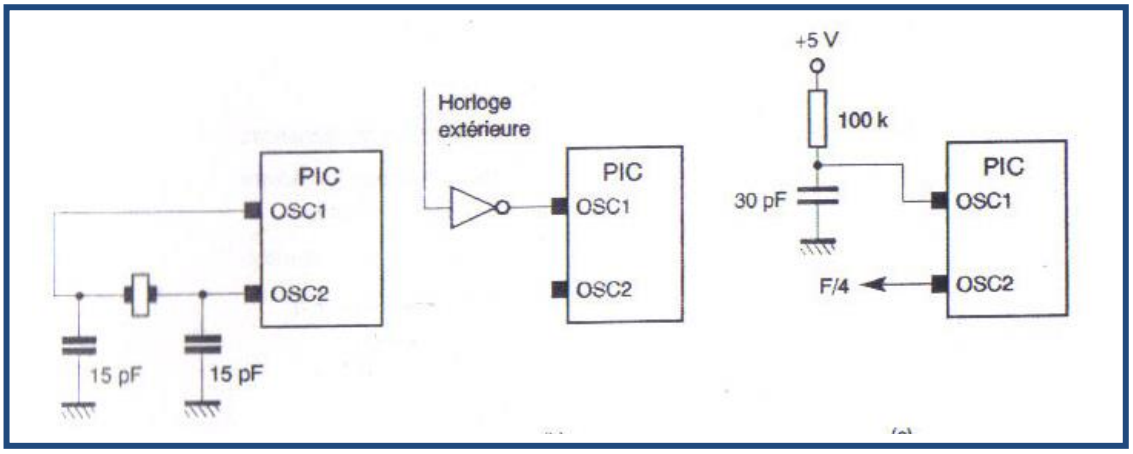


Figure II.8 :l'oscillateur

II.8.Chien de garde

Un est un circuit électronique ou un logiciel utilisé en électronique numérique pour s'assurer qu'un automate ou un ordinateur ne reste pas bloqué à une étape particulière du traitement qu'il effectue.

C'est une protection destinée généralement à redémarrer le système, si une action définie n'est pas exécutée dans un délai imparti ;

Dans le PIC, il s'agit un compteur 8 bits incrémenté en permanence (même si le µC est en Mode sleep) par une horloge RC intégrée indépendante de l'horloge système. Lorsqu'il déborde, deux situations sont possibles :

- Si le µC est en fonctionnement normal, le WDT time-out provoque un RESET. Ceci permet d'éviter de rester planté en cas de blocage du microcontrôleur par un processus indésirable non contrôlé

- Si le µC est en mode SLEEP, le WDT time-out provoque un WAKE-UP, l'exécution du programme continue normalement là où elle s'est arrêtée avant de rentrer en mode SLEEP.
Cette situation est souvent exploitée pour réaliser des temporisations

II.9.Conclusion :

Partant d'une présentation générale sur les microcontrôleurs, nous avons ensuite définit la famille des PICs et plus particulièrement le 16F877A.

En conclusion dans ce chapitre nous pouvons dire que le microcontrôleur 16F877A peut bien jouer le rôle d'une unité de contrôle pour notre système.

Sachant que l'évolution de la température est lente nous pouvons dire que le convertisseur intégré dans le PIC nous convient parfaitement.

Maintenant, nous pouvons passer à la conception puisque le composant le plus important dans notre système nous est déjà familier.

CHAPITRE III :

RÉALISATION ET CONCEPTION DU THERMOMÈTRE ÉLECTRONIQUE

III.1.Introduction :

Le thermomètre électronique est un ensemble du composant et système électronique qui sert à satisfaire une fonction spécialisé qui est de (mesurer et afficher une température) , alors après l'étude théorique on passe dans ce chapitre à la réalisation du circuit final, tous d'abord on commençant par une stimulation sur Isis comme le montre la figure dessous et puis de réaliser le circuit imprimé sur un typon, ainsi d'injecter le programme dans le PIC après l'avoir écris en MicroC grâce à un programmateur et a la fin en imprime le circuit imprimé sur une plaque de cuivre photosensible et en fait la soudure des composants.

III.2.Schéma synoptique globale du thermomètre

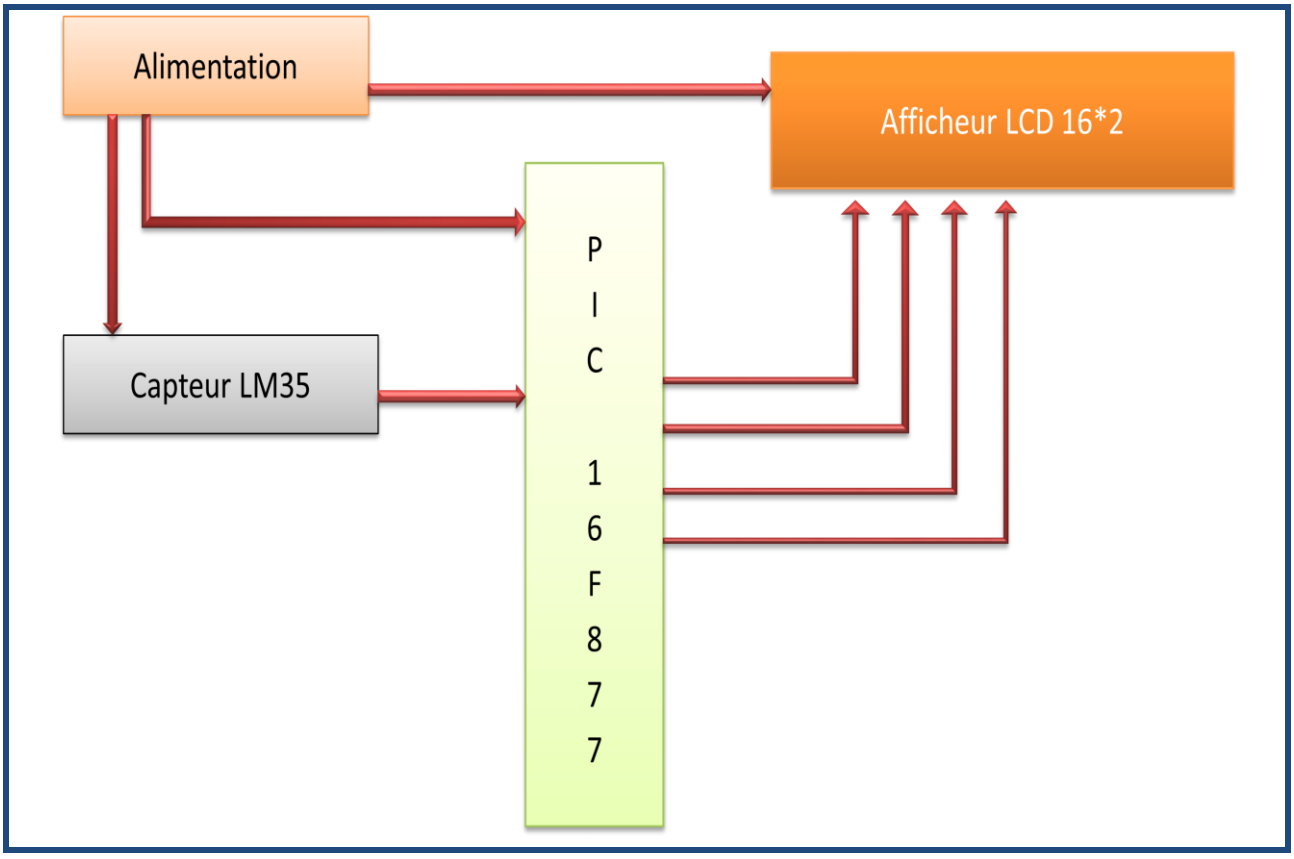


Figure III.1 : Représentation de schéma synoptique

On aura une tension variante à la sortie du capteur de température LM35, après avoir l'alimenter sur une tension de 5 volte cette tension analogique sera converti en tension numérique grâce au PIC qui envoie des informations, seront afficher dans un afficheur LCD.

III.3.Représentation des différents blocs de schéma synoptique.

III.3.1. Alimentation :

L'alimentation des blocs de ce circuit est obligatoire pour l'électricité au capteur LM35, microcontrôleur 16F877, ainsi l'afficheur LCD, et pour ce la en utilisent un régulateur 7805 qui sert à baisser la tension d'entrée viens d'une source de courant continu DC (pile de 9 volt) vers en tension constant de 5volts, car notre circuit doit être alimenté par une tension de 5volts.

A. Le régulateur 7805 : [14]

En électronique un régulateur est un organe électrotechnique ou un composant électronique qui maintient à sa sortie, dans certaines limites, une tension constante, indépendamment de la charge et de la tension d'entrée, le régulateur(7805)constitué de trois broches, donne une tension fixe de 5 volts dans ça sortie.

La série de 78xx sont des régulateurs de tension positive tandis que la série de (79xx) sont négative car notre circuit fonctionne sous une tension de 5 volts.

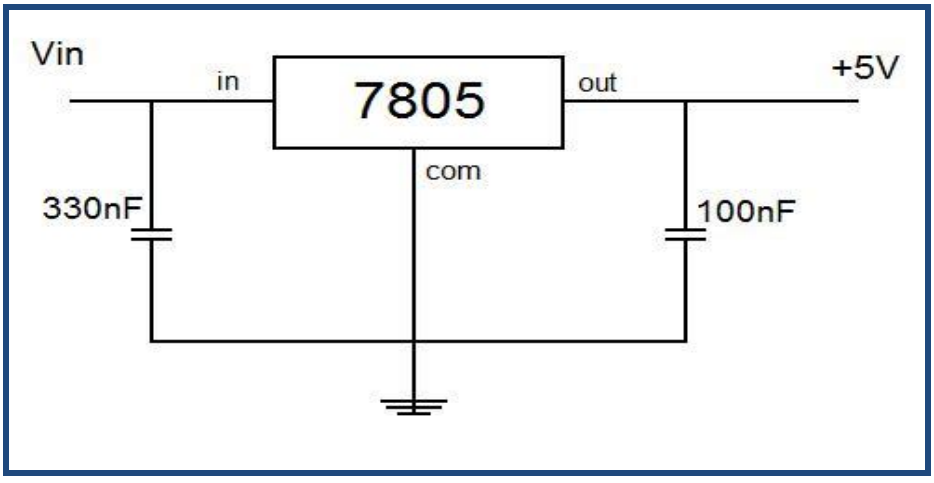


Figure III.2: Schéma représentatif de régulateur 7805

III.3.2.Capteur de température LM35 :

Ils existent plusieurs différents types de capteurs de température dont le rôle et de mesurer la température de toute nature a fin de fournir un signal électriques a partir d'une grandeur physique (température), comme le LnM135, LM235, LM335, et LM35.

Le capteur de température LM35 est un dispositif fournit à sa sortie une tension proportionnelle a la température, nécessite pas une correction, il varie linéairement en fonction de la température calibré en degré Celsius, a chaque 1 degré Celsius, la tension de sortie varie de 10mv.

On appliquant la règle de 3 trouve que T(c)= (N*500)/1023

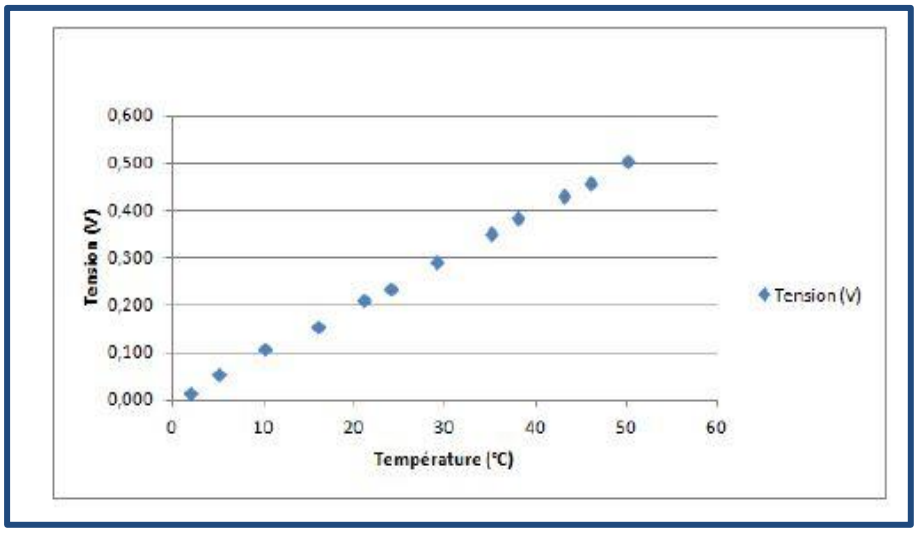


Figure.III.3: Tension de sortie du LM35 en fonction de la température

Se courbe représente les variations des tensions de sortie d'un capteur LM35 en fonction des températures, ainsi on observe que la tension est presque proportionnelle avec les valeurs de température et lorsque la température augmente la tension augmente aussi et a chaque 1c° la température augmente de 10mv

A- Le choix de capteur : Pourquoi choisir le LM35 ?

On a choisis le capteur Lm35, a cause de sa consommation très faible (de l'ordre de 60µA), d'où une puissance dissipée également très faible, et sa linéarité qui demeure excellente sur toute sa plage de sensibilité. Cette plage va de -55°C à +150°C pour les LM35C et de 0°C à100°C pour les LM35D, ainsi il n'est pas très cher (environ 3,35 euros en version DZ, moins de 8 euros en version CZ) et sa mise en œuvre s'avère des plus simples en fin pour ca température qui n'a pas besoin d'une correction car elle est en degré Celsius.

III.3.3.L'afficheur LCD du thermomètre (16*2) : [15]

Les afficheurs LCD 2*16 dits a logique intégrée que l'on trouve aujourd'hui très facilement sur le marché. C'est un moyen d'affichage des informations. Et comme il ne fait aucune interprétation des codes de commandes des afficheurs il est compatible de tous les modèles existants, de 1 ou 2 lignes de 16 ou 20 caractères. Il existe deux interfaces normalisées : une version «parallèle » et une autre « série ». Dans cette étude on a utilisé la version parallèle qui est composée de 2 lignes et 16 caractères.

Figure III.4: Schéma représentatif d'un afficheur LCD 2*16

III.3.3.1.Les familles des afficheurs LCD :

Il existe deux grandes familles d'afficheurs :

- Les afficheurs à accès série, dans ce type d'afficheurs on envoie les données à afficher sous forme série, l'intérêt est bien sur l'économie de fils de commande.
- Les afficheurs à accès parallèle, dans cette famille d'afficheurs on transmet l'information à afficher sous forme parallèle avec une possibilité (programmable) de transmettre sur quatre bits ou bien sur huit bits.

Le contrôleur LCD est le circuit de commande de l'afficheur qui va gérer la gestion du module LCD et la gestion de la communication avec les commandes extérieures.

L'afficheur est alimenté en 5v .La broche contraste (foccus) va permettre, via le réglage d'un potentiomètre, de régler le contraste de l'afficheur.

III.3.3.2.Brochage de l'afficheur LCD :

Au dessus de l'écran à cristaux liquides proprement dit, on trouve une série de 14 broches aux rôles Suivantes :

- Broche 1 : masse.
- Broche 2 : Vcc.
- Broche 3 : luminosité.
- Broche 4, RS (Registre Select) : sert à dire au module dans quel registre il doit écrire les données.
- Broche 5, R/W : sélection du mode lecture ou écriture.
- Broche 6, E : Commande des opérations d'écriture ou de lecture.
- Broche 7à 14 : utilisées pour le transfert des données ou des instructions. Le transfert peut se faire sur 8 bits, toutes les broches sont alors utilisées, ou sur 4 bits.

III.3.3.3.Fonctionnement de l'afficheur LCD :

Un afficheur LCD est capable d'afficher tous les caractères alphanumériques usuels et quelques Symboles supplémentaires. Pour certains afficheurs, il est même possible de créer ses propres Caractères. Chaque caractère est identifié par son code ASCII qu'il faut envoyer sur les lignes D0 à D7 broches 7 A 14. Ces lignes sont aussi utilisées pour la gestion de l'affichage avec l'envoi d'instructions telles Que l'effacement de l'écran, l'écriture en ligne 1 ou en ligne 2, le sens de défilement du curseur.

III.3.4.Le microcontrôleurs PIC16F877:

Le microcontrôleur est une unité de traitement et d'exécution de l'information à laquelle on ajoute des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants annexes, et dans notre projet le PIC 16F877 sert a convertir une tension analogique en code binaire , le convertisseur échantillonne le signal analogique sur 10 bit, alors le signal numérique peut prendre 1023 valeurs (2^{10}) la valeur maximale est le Vss ,et la valeur nominale est le Vdd ,l'opération se faite grâce au registre ADCON0 qui sélectionne la fréquence d'horloge et sélectionne le canal et lance la conversion lorsque le bit GO/DONE est un 1, par contre ADCON1 sélectionne les entrées analogique numérique et donne notre cas c'est le Ra0 qui est une entrée analogique, et fait la justification à droite au à gauche des bits, ainsi le résultat finale sera en code binaire sauvegarder ,soit dans le registre ADRESH(High),ADRESL(low) selon le résultat final ,si en a besoin d'un résultat sur 10 bit en utilisent la justification a droite ,si on a besoin juste de 8 bit ou les deux derniers bits sont faible on utilisent la justification a gauche

La conversion est faite dans un temps de 12*tad (temps de la conversion d'un seul bit)=10 *tad (conversion d'un seul bit*10) +2*tad (le temps d'attend avant le recommencement de la conversion)

A. Le choix du microcontrôleur : Pourquoi choisir le PIC16F877 ?

Le choix d'un microcontrôleur est primordial car c'est de que dépendent en grande partie des performances, la taille, la facilité d'utilisation et le prix du montage.

Le PIC 16F877 possède en plus des instructions très puissantes donc un programme à développer réduit, surtout lorsqu'on utilise le logiciel de programmation micro C qui possède un nombre important de procédures et fonctions prédéfinit et dédié au PIC 16F877. En fait la cause principale du choix de ce type de microcontrôleur est qu'il dispose de l'option du convertisseur A/D pour satisfaire coté acquisition, aussi la possibilité de l'adaptation au protocole I2C et la liaison RS232 mais aussi le nombre de ports d'entrées /sorties nous convient.

III.4.La liste des composants de réalisation :

Dans ce projet on a utilisés les composants suivant :

1. Un microcontrôleur PIC 16F877
2. Un afficheur LCD 16*2
3. Capteur de température LM35
4. Quartez 4 Mhz
5. Condensateur de valeur 22pf (deux condensateur)
6. Résistance (R1=R2=R3= 330 ohm, R4=1khom)
7. Régulateur de 5 voltes7805
8. LED (couleur bleu et rouge)
9. Bouton poussoir

III.5.Simulation et programmation :

.La simulation par ISIS :

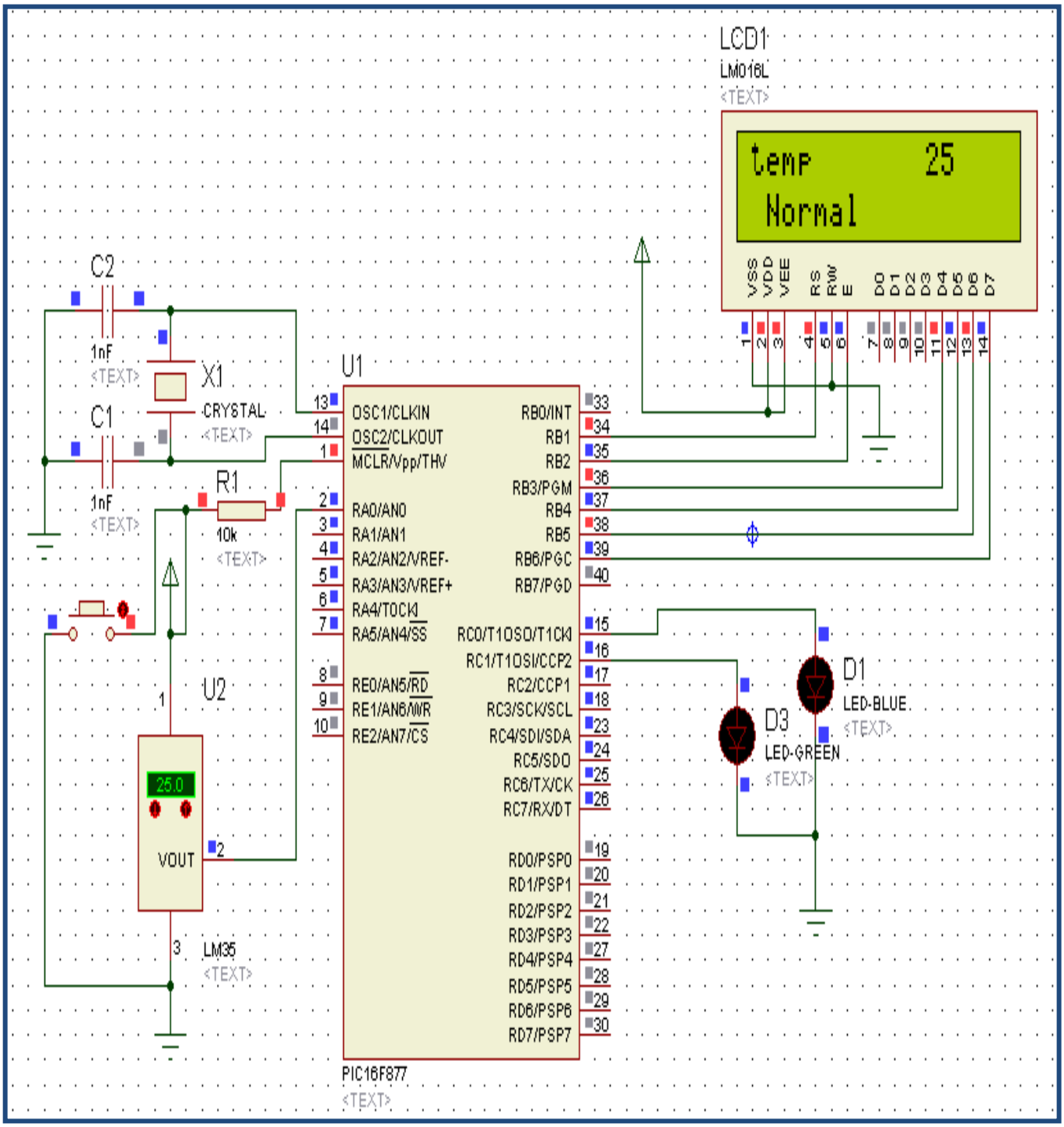


Figure III.5: Le schéma électronique du thermomètre

III.5.1. Les Organigrammes :

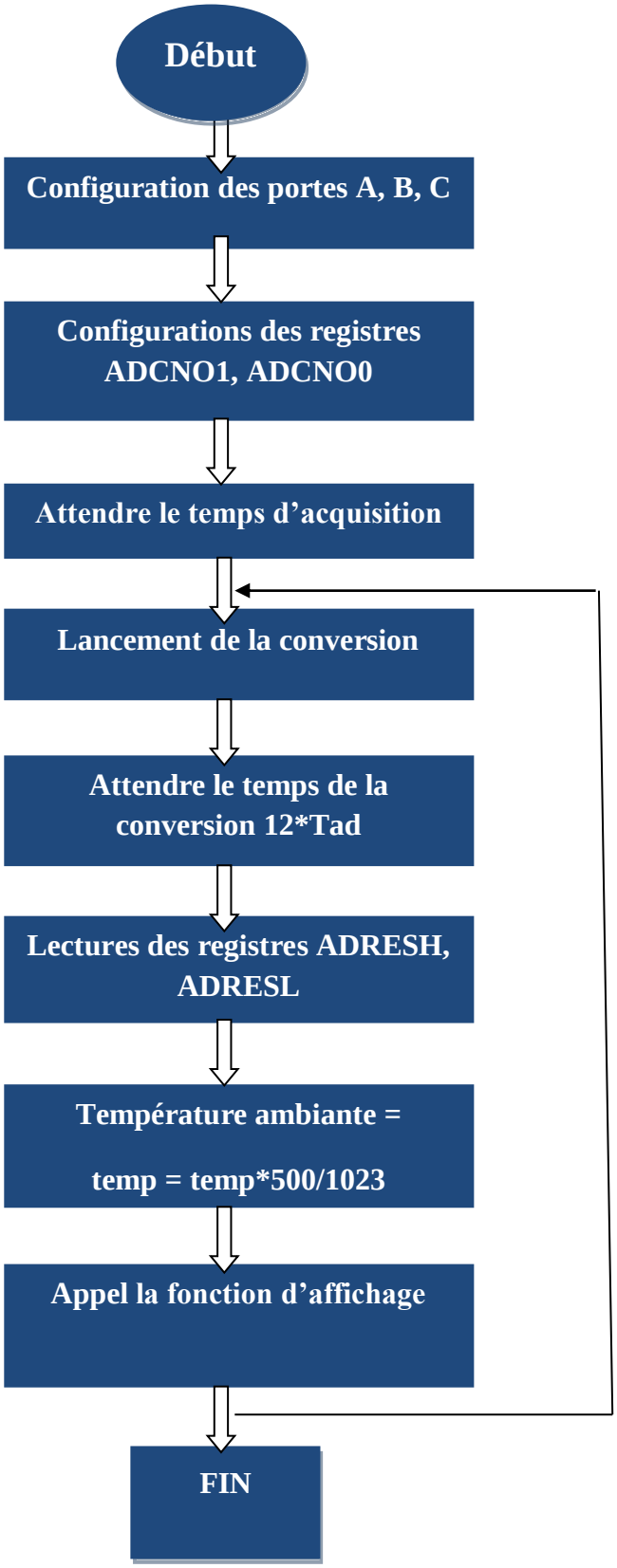


Figure.III.6:Organigramme du programme

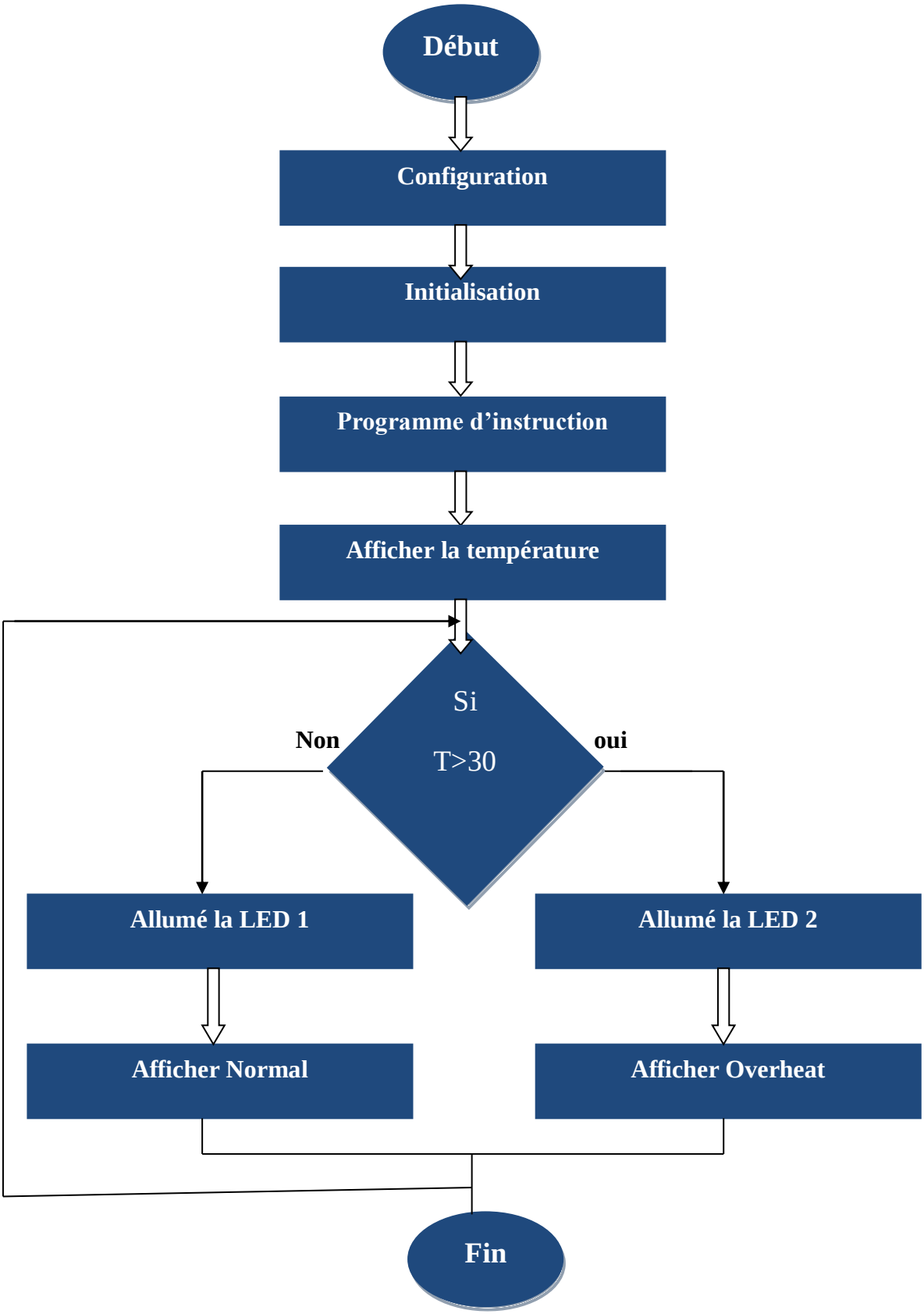


Figure III.7 : Organigramme d'affichage

III.5.2.Ecriture du programme :

La programmation du microcontrôleur se fait avec le logiciel MikroC. Après l'édition du programme, sa compilation permet de voir s'il n'y a pas d'erreurs sur les syntaxes. Si tout est correct, un fichier en format hexadécimal (.hex) sera créé. Cette étape est indispensable pour que le programme soit reconnu et exécuté par le microcontrôleur. Ainsi, une fois le fichier hexadécimal créé, le transfert vers la mémoire programme du PIC pourra se faire.

III.5.3.Transfert du programme au PIC 16F877 :

Après l'écriture et le test (simulation) du programme on a injecté ce dernier se forme d'un fichier (.Hex) dans le pic 16f877 a l'aide d'un programmateur de pic et le logiciel flash PIC selon les étapes suivantes :

1. Connexion du programmateur au PC via une fiche USB.
2. Installation et ouverture du logiciel flash PIC et insertion du PIC 16F877 dans ce programmateur
3. Définir le modèle du PIC a programmé
4. Transfert de programme au PIC 16F877

III.6. Testes des composants et réalisation du circuit imprimé :

III.6.1.Testes des composants électronique sur la maquette :

Dans cette partie on a testé tous les composants dans une maquette pour s'assurer du bon fonctionnement de ces derniers pour pouvoir les soudés dans le circuit imprimé, alors on a réalisé notre circuit électronique qui contient le LM35, Pic16f877, résistances, Leds, condensateurs, régulateur 7805 ainsi l'alimentation était faite par une pile de 9V(DC) dans une maquette électronique.

III.6.2.Réalisation du circuit imprimé :

- **A-Réalisation de typon :**

Afin de produire le typon, on a utilisés le logiciel HEAGLE qui permet de passer directement de schéma au typon ainsi on a imprimé le typon par l'impression sur une feuille transparente avec l'imprimante jet d'encre.

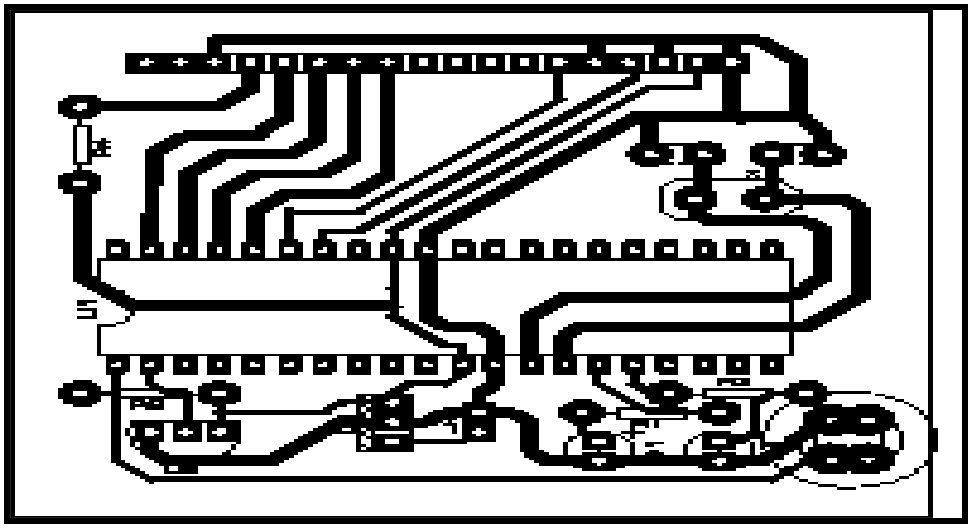


Figure III.8: Réalisation du typon

❖ **B-L'insolation :**

Il déconseillé de travailler en plein soleil ou avec éclairage démesuré. Après avoir préparée la plaque, on procède à l'insolation. On met le typon à plat contre la plaque de verre de l'insoleuse, il faudra placer correctement le typon et la plaquette dans l'insoleuse. Ensuite, on enlève l'autocollant protégeant la face sensible cuivrée (face pré sensibilisée) et on la met sur le typon. Après il faut fixer le temps nécessaire de l'insolation grâce à la lumière UV. Ce temps dépend à la fois de l'intensité de l'éclairage ainsi que des plaques utilisées (environ 3 min).

❖ **C-La révélation :**

Il faut dans cette étape aussi éviter de travailler en plein soleil ou avec un éclairage démesuré. Le produit nécessaire (sous forme de liquide ou poudre à diluer avec de l'eau) est un produit chimique dangereux, qui impose le port de gants. On verse la solution de révélateur dans un bac (de taille convenable à fin de pouvoir y plonger et y manipuler facilement la plaquette), la face pré sensibilisée vers le haut pour pouvoir la voir. Dès que le circuit apparaît clairement sur le fond cuivré, on retire la plaquette et on la plonge dans un autre bac rempli d'eau. Cette révélation dure en général entre 1 min à 3 min. Puis on passe à l'étape suivante, la gravure.

❖ **D- La gravure :**

La gravure peut être effectuée manuellement ou à l'aide de la machine. Manuellement, il existe plusieurs méthode soit on utilise le chlorure de fer, c'est la méthode la plus utilisé, ce produit chimique s'achète dans les magasins électroniques (il est relativement cher par rapport à

D'autres produits qui servent pour la même étape) .On doit agiter d'une façon permanente pour bien agir .Le perchlorure de fer doit être chauffé pour être efficace (il est en plus dangereux et salissant). L'acide chlorhydrique + l'eau oxygénée (produits très dangereux) peut jouer le même rôle, se trouve en grande surface. Cette méthode est moins utilisable mais plus efficace. On surveille la plaquette régulièrement. La gravure est finie quand tout le cuivre qui n'est pas recouvert de résine (découvert pendant la révélation) est rongé (cela dure entre 5min et 25min).

Nettoyage de la face pré sensibilisée On plonge après la plaque dans un bec d'eau. Une fois la plaquette rincée, on imbibe un chiffon d'acétone et on frotte la plaquette avec à fi de retirer la résine qui protégé le cuivre lors de la gravure. La carte sera prête à être percer et souder. On peut laisser cette étape après le perçage.

- **D-Le perçage :**

Il existe plusieurs types de perceuses, on a utilisé une perceuse à vitesse variable pour mieux adapter une vitesse convenable aux forêts qu'on possède.

- **F-L'étamage :**

L'étamage a comme but la protection contre l'oxydation ainsi la facilitation de soudage. Cette étape consiste à recouvrir le cuivre nu d'une couche d'étain. Cela permet aussi d'améliorer la conductivité des pistes et faciliter la soudure des composants. L'étamage permet également de détecter les ruptures de pistes et les court-circuites de cuivre.

- **G-Soudage:**

Généralement on commence par souder les composants neutres, passifs (résistances, condensateurs,…) et puis actifs (diodes, transistors…). Le soudage consiste à amener le fer à souder au contact de la pastille et de la patte du composant puis amener le fil de soudure de l'autre côté (au contact de ma pastille et de la patte du composant). Dès que la soudure fondue enrobe la pastille et la patte, on retire le fi de soudure puis le fer à souder. Et en coupe la patte du composant au ras de la soudure avec une pince coupante à bout pointu

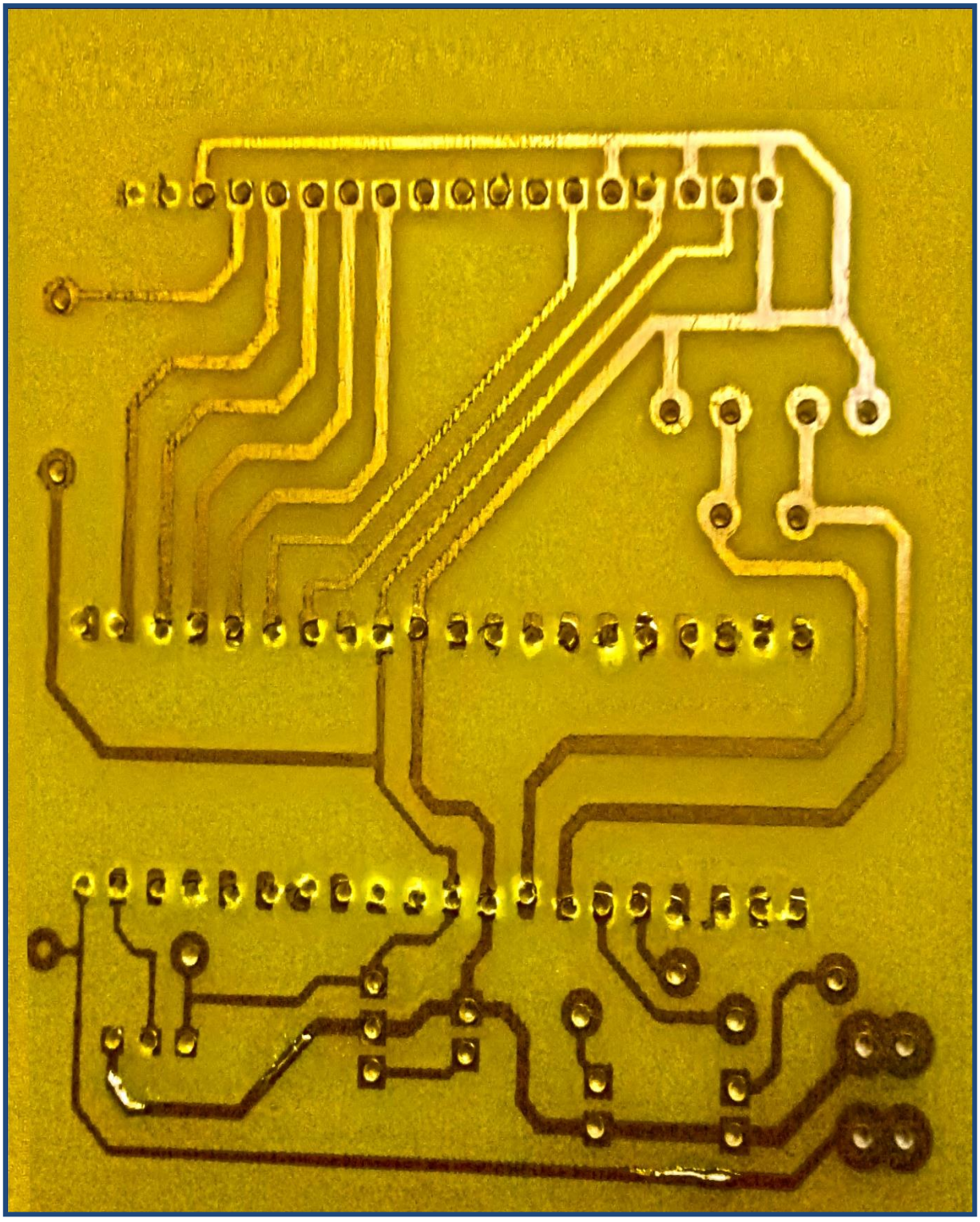


Figure III.9: Le circuit imprimé du thermomètre.

III.7. Le résultat final

Figure III.10 : La réalisation finale du thermomètre électronique

Apres avoir soudé touts les composants sur la plaquette de cuivre photosensible Avec l'étain et allumé le montage la température s'affiche sur l écran du LCD et on note T=25°C.

Conclusion :

Le chapitre 3 est une étape finale importante pour réaliser un thermomètre électronique à base d'un PIC 16F877 et un capteur de température LM35.

D'abord on a commencé par la simulation de schéma électronique sur un logiciel ISIS proteuse, ainsi de tester le bon fonctionnement de notre schéma, puis en passe à l'écriture de programme sur un logiciel MicroC, après on l'injecte dans un microcontrôleur PIC, en fin on réalise notre circuit imprimé et on implante les composants pour avoir notre dispositif voulu.

Conclusion générale

Cette étude était focalisée principalement sur la conception d'un thermomètre électronique avec en arrière plan la mise en évidence de quelques bases d'électroniques générale, l'électronique numérique en introduisant les notions de capteurs.

Au cours de ce travail, nous avons abordé plusieurs thèmes. C'est dans ce cadre que nous avons mis en pratique nos connaissances acquises ces dernières années, et d'autre connaissance qu'on a appris durant ce mémoire, mais également nous avons appris à nous adapter pour optimiser et non plus appliquer pour réaliser.

Le capteur de température LM 35 utilisé nous a conduits à des résultats qui sont satisfaisante grâce a sa précision et sa proportionnalité à la température en degré Celsius.

L'utilisation du pic 16F877 nous a facilité la tache soit dans la partie conversion analogique numérique qui est une partie indispensable dans notre travail ou il converse le signal analogique en signal numérique en utilisant la possibilité qu'a le PIC pour effectuer des calculs, soit dans la partie circuit ou il nous a évité l'utilisation de grand nombre de composants qu'il remplace.

La manipulation de plusieurs logiciels dans la partie pratique était indispensable comme ISIS PROTUES 8 professionnel ou on a pu simuler nos montages à base de microcontrôleur PIC16F877 ainsi que ARES 8 pour la réalisation des circuits imprimés a savoir aussi MikroC RPO FOR PIC qui est destiné à la compilation et l'assemblage des programmes écrit pour le PIC 16F877.

Ce modeste travail n'est pas une fin en soi mais notre contribution a suscité pour nous, les grandes possibilités de développement de cet axe comme la conception des thermomètres de divers model miniature. Les intérêts pratiques de ces thermomètres à model réduits seront d'une utilité certaine et d'une grande importance dans divers domaines d'interventions.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Cette étude était focalisée principalement sur la conception d'un thermomètre électronique avec en arrière plan la mise en évidence de quelques bases d'électroniques générale, l'électronique numérique en introduisant les notions de capteurs.

Au cours de ce travail, nous avons abordé plusieurs thèmes. C'est dans ce cadre que nous avons mis en pratique nos connaissances acquises ces dernières années, et d'autre connaissance qu'on a appris durant ce mémoire, mais également nous avons appris à nous adapter pour optimiser et non plus appliquer pour réaliser.

Le capteur de température LM 35 utilisé nous a conduits à des résultats qui sont satisfaisante grâce a sa précision et sa proportionnalité à la température en degré Celsius.

L'utilisation du pic 16F877 nous a facilité la tache soit dans la partie conversion analogique numérique qui est une partie indispensable dans notre travail ou il converse le signal analogique en signal numérique en utilisant la possibilité qu'a le PIC pour effectuer des calculs, soit dans la partie circuit ou il nous a évité l'utilisation de grand nombre de composants qu'il remplace.

La manipulation de plusieurs logiciels dans la partie pratique était indispensable comme ISIS PROTUES 8 professionnel ou on a pu simuler nos montages à base de microcontrôleur PIC16F877 ainsi que ARES 8 pour la réalisation des circuits imprimés a savoir aussi MikroC RPO FOR PIC qui est destiné à la compilation et l'assemblage des programmes écris pour le PIC 16F877.

Ce modeste travail n'est pas une fin en soi mais notre contribution a suscité pour nous, les grandes possibilités de développement de cet axe comme la conception des thermomètres de divers model miniature. Les intérêts pratiques de ces thermomètres à model réduits seront d'une utilité certaine et d'une grande importance dans divers domaines d'interventions.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Olivier français. Capteurs et électronique associée. ESIEE-(2000)

[2] http://www.technologuepro.com/cours-genie-electrique/cours-27-capteurs-actionneurs-instrumentation/

[3] Capteur : Georges ASCH et collaboration, " Les capteurs en Instrumentation Industrielle " Edition DUNOD, paris 2010.

[4] www.gecif.net > BSite > Classifcapteur

[5] Datasheet de LM 35 :

http://freedatasheets.com/downloads/LM35.pdf.

[6] Les microcontrôleurs (PICs de Microship) 1ère Partie, www.technologuepro.com.pdf,

[7] A.OUMNAD, MICROCONTROLEURS Famille Mid-Range de Microchip (LE PIC 16F876/877), www.oumnad.123.fr/microcontroleurs/pic16f877.pdf,

[8] Thomas GRENIER et Dominique TOURNIER, Famille pic 16, www.creats.insalyon.

fr.pdf,

[9] MICROCONTROLEURS PIC 16F876 et 16F877, Daniel.menesplier

.free.fr/doc/pic16f877.pdf, 2001, consulté le 25 janvier 2013

[10] Jérôme VICENTE, Les microcontrôleurs, insti.polytech.univ/mrs.fr.pdf

Bigonoff, LA PROGRAMMATION DES PIC, (SECONDE PARTIE),

[11] www.abcelectronique.com/bigonoff/load part2.php

[12] Christian TAVERNIER, les microcontrôleurs PIC, page 14 et 15, 3eme édition2005

[13] Bert VAN DAM, 50 nouvelles applications des microcontrôleurs PIC page 199 et 200,

Elektor 1ere édition janvier 2012.

[14] Datasheet du régulateur de tension 7805.
http://fr.farnell.com/stmicroelectronics/l7805cv/regulateur-5-0v-7805-to-220-3/dp/9756078

[15] Datasheet de l'afficheur LCD 16*2.

https://www.aurel32.net/elec/lcd.php

BIBLIOGRAPHIE

[16] Messaoudene A.Karim et kartous Mouloud, «Etude et réalisation d'un thermomètre à base de pic 16f877»Mémoire de fin d'étude d'ingénierie en électronique, Université A. Mira de Bejaia 2006.

[17] Boukhelifa Makhlouf « Etude et réalisation d'un thermomètre à base d'un pic 16F877» Mini projet, Université Abderrahmane Mira- Bejaia-2010.

[18] P. Poulichet, 'cours sur l'électronique de conditionnement du capteur', groupe ESIEF, Paris, Novembre 2006.

[19] https://www.abcelectronique.com/annuaire/montages/instrumentation-thermometres.php

ANNEXE

Brochage LM35

Configuration du capteur de température (LM35) :

Le capteur de température, LM35, donne une relation, tension/température, qui est de 10mV/1°C. Pour l'affichage et la comparaison de la température il est nécessaire de convertir la tension de sortie, donnée par le capteur, en valeur de température proprement dit.

Le CAN interne du microcontrôleur dispose de huit canaux d'entrée analogique et donne 10bit numérique en sortie, soit 210=1024 (de 0 à 1023). Dans notre projet, la tension de référence au CAN est la même que la tension d'alimentation du microcontrôleur, à savoir 5V. La résolution du CAN peut être calculée comme suit : $R = \frac{\text{Vref}}{1023}$

Le capteur donne une tension qui sera convertie par le convertisseur analogique numérique du PIC. La relation est donnée comme suit : $\text{ADC}_{\text{VAL}} = \frac{Vin}{R}$

Où :

- Vin : la tension donnée par le capteur.
- $ADCval$: la valeur donnée par le convertisseur A/N.
- R : la résolution du convertisseur A/N.
- $Vréf$: la tension d'alimentation.

La relation tension/température est de 10mV/1°C, donc il ne reste qu'a convertir la valeur donnée $ADCval$ par le CAN pour avoir la température mesuré :

$$\text{Temp} = (\text{ADC}_{\text{val}} * \text{V}_{\text{ref}}) / 10$$

PIN DIAGRAMS du PIC 16f877A :

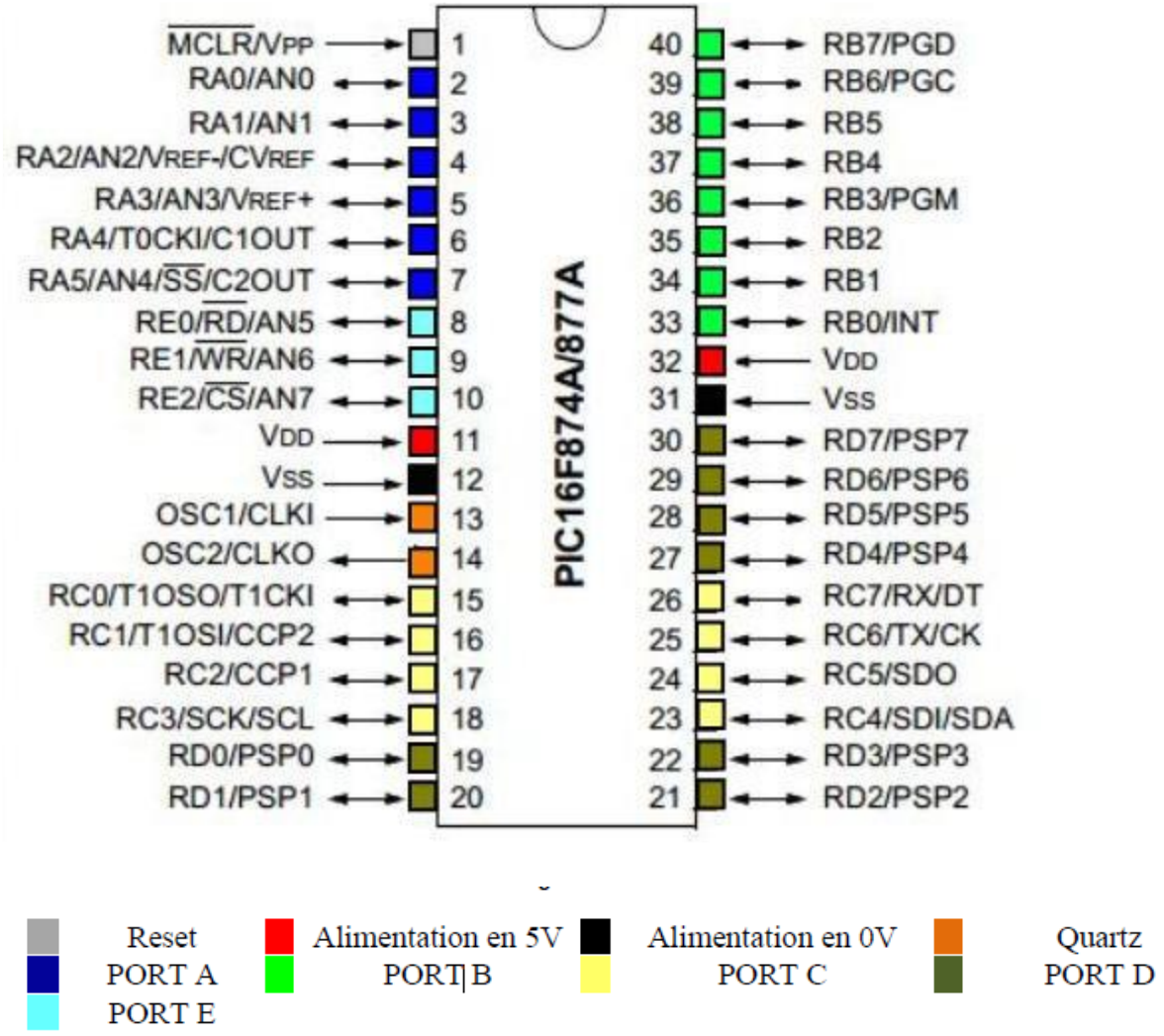


Figure I : PIN DIAGRAMS du PIC 16f877A

Plan Mémoire des registres du PIC16F877 :

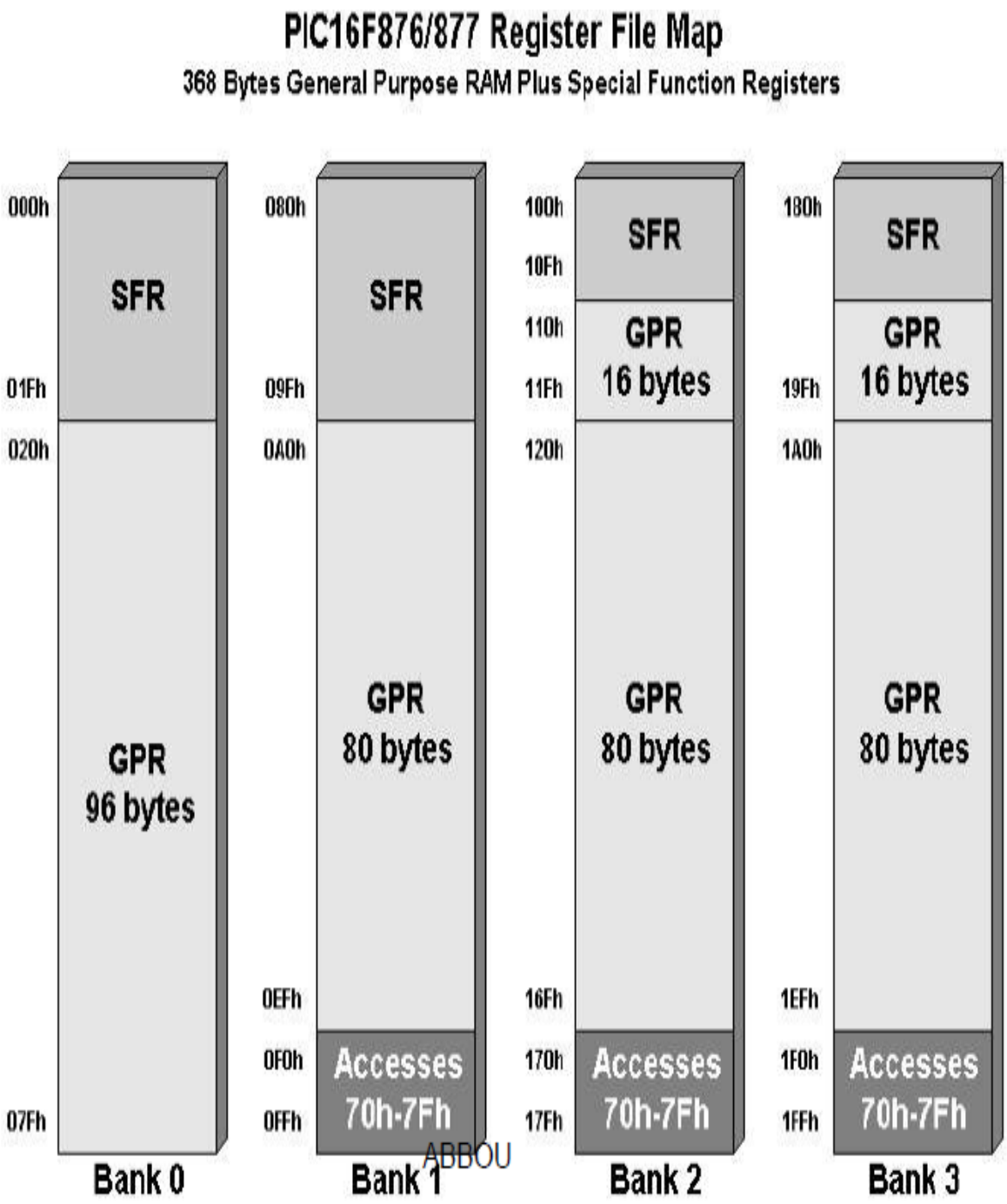


Figure II : **Plan Mémoire des registres du PIC16F877**

Organisation de la mémoire RAM du PIC16877 :

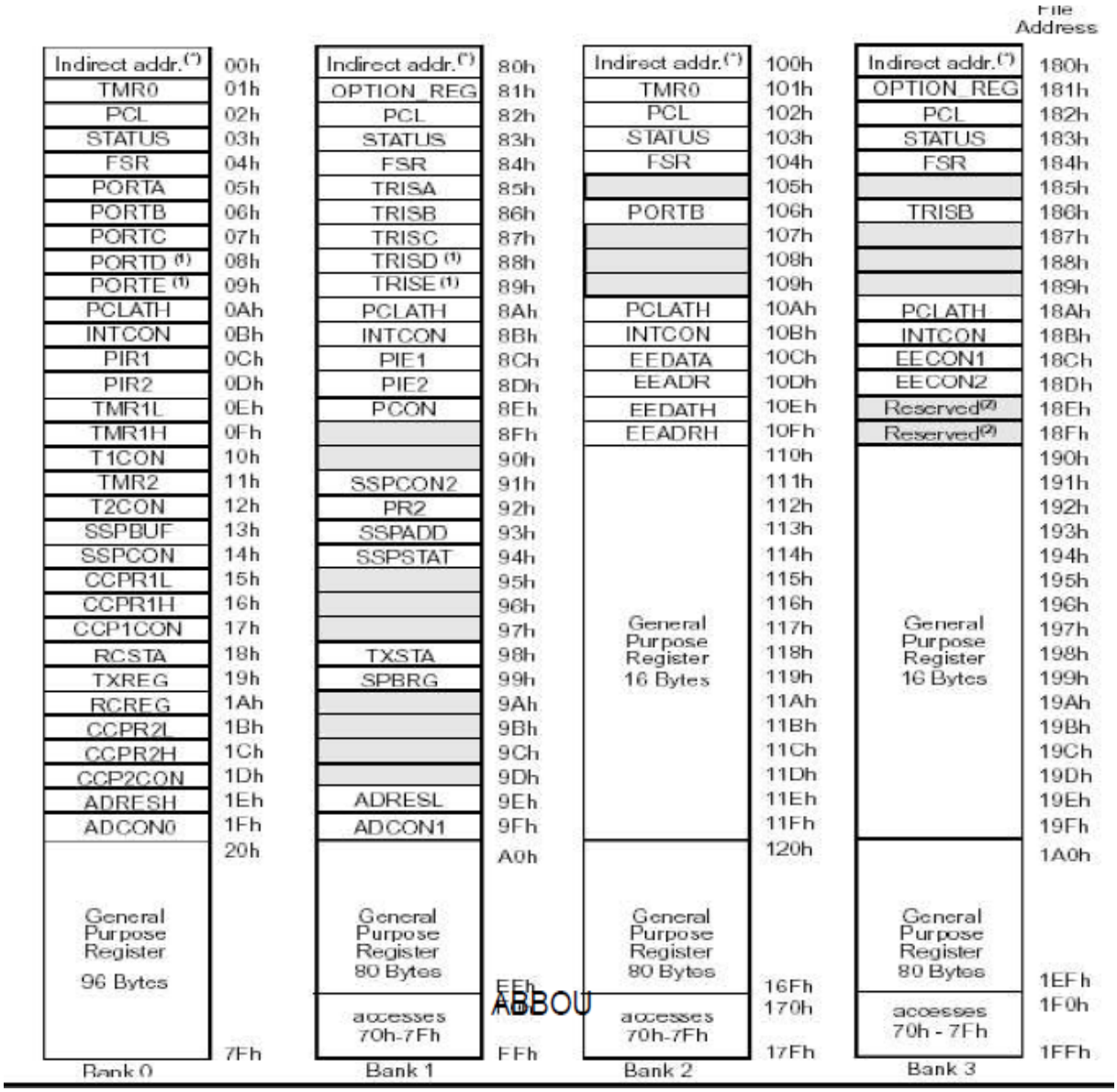


Figure III : **Organisation de la mémoire RAM du PIC16877**

Vous disposerez de **368** octets libres réparties de la manière suivante:

- 80 octets en banque 0, adresses 0x20 à 0x6F

- 80 octets en banque 1, adresses 0xA0 à 0XEF

- 96 octets en banque 2, adresses 0x110 à 0x16F

- 96 octets en banque 3, adresses 0x190 à 0x1EF

-16 octets communs aux 4 banques, soit 0x70 à 0x7F = 0xF0 à 0xFF = 0x170 à 0x17F =0x1F0 à 0x1FF.

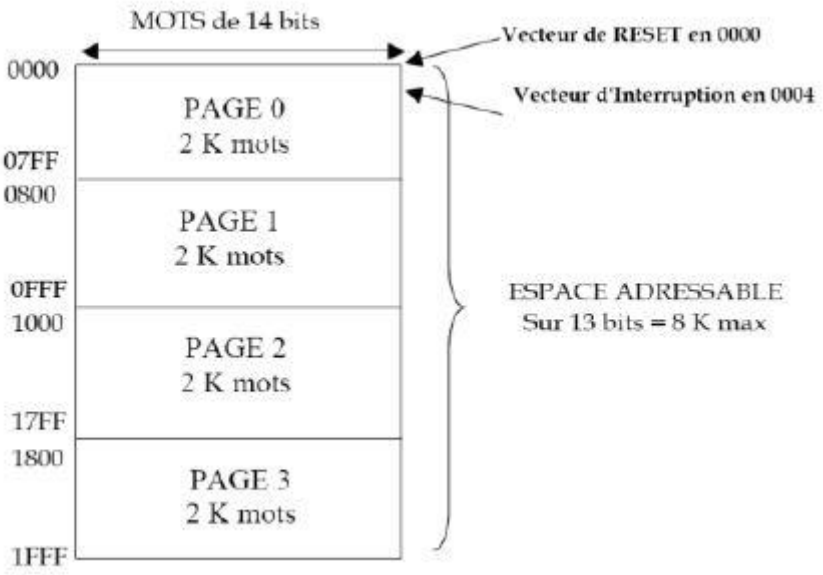


Figure IV : organisation de mémoire programme

Logiciel ISIS

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

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.

ISIS: Intelligent Schematic Input System :

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques puis procéder à une animation en temps réel du montage. 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 utilisé dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

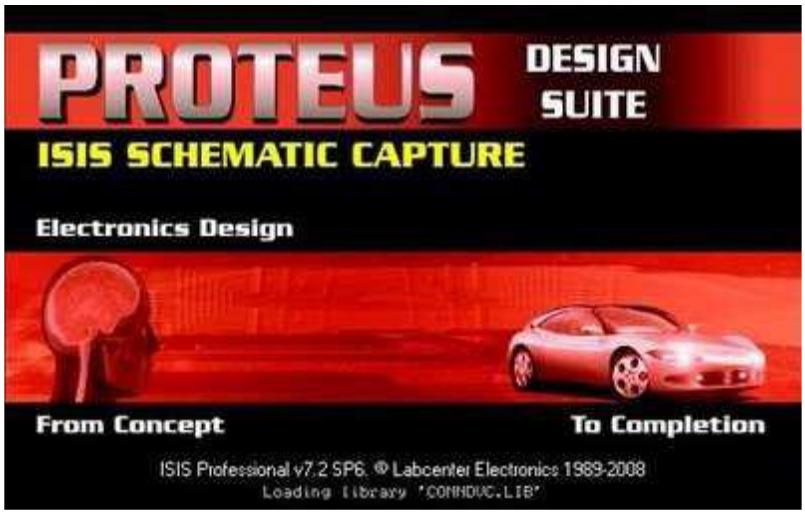


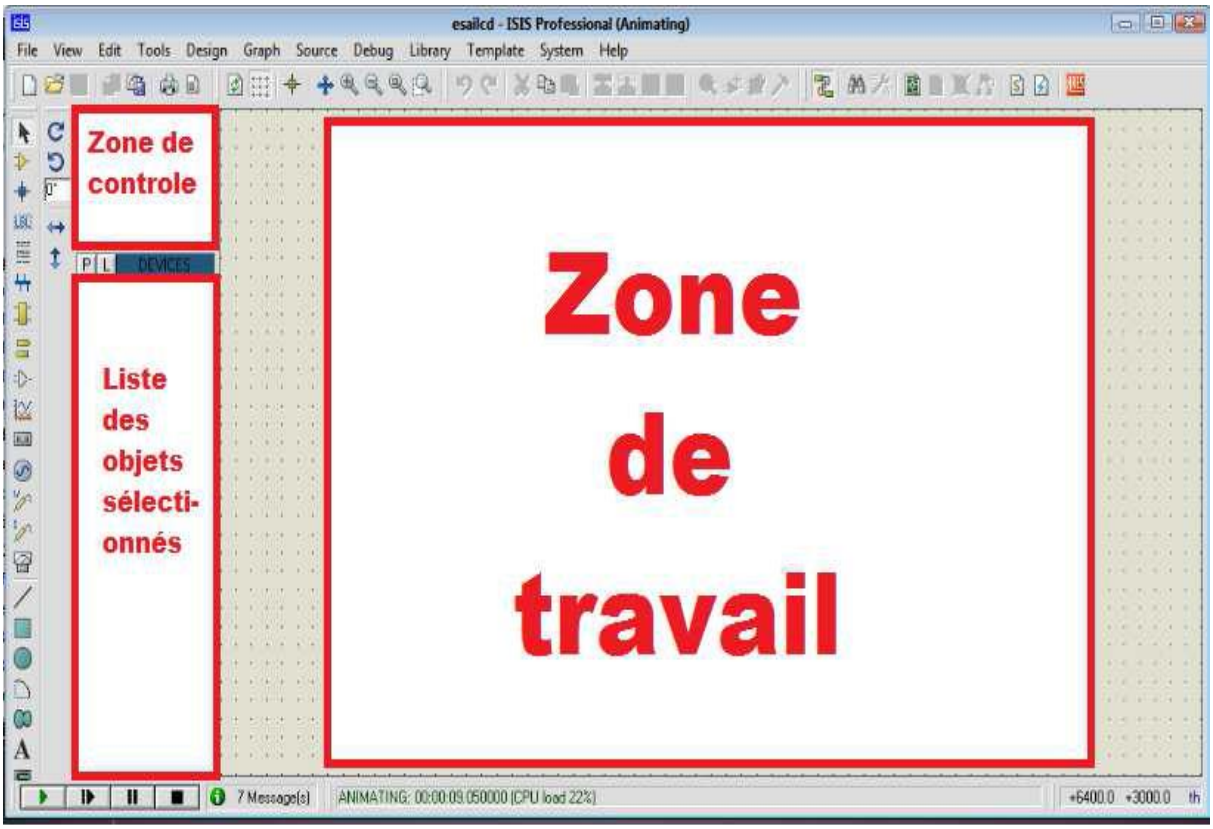
Figure V : Logiciel ISIS

Prise en main du logiciel ISIS :

a. La saisie de schéma:

L'écran se compose de plusieurs parties:

- la zone de travail, dans laquelle sera disposé le schéma,
- la zone de contrôle qui permet de se déplacer d'un endroit à un autre de la zone de Travail,
- le clavier,
- la liste des objets sélectionnés pour réaliser le schéma.



FigureVI : Présentation de page d'ISIS

Démarrer le logiciel :

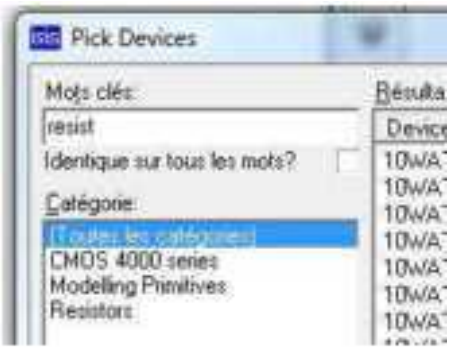
On lance depuis le raccourci du bureau ou du menu Démarrer de l'ordinateur le logiciel

Proteus – ISIS :

Création de la liste des composants :

- On sélectionne l'icône composant
- Dans la fenêtre du sélectionneur d'objets, on clique sur P :

Une nouvelle fenêtre (**Pick Devices**) de choix de composants s'ouvre : On trouve les composants désirés à partir **d'un mot clé**, ou dans **la catégorie** proposée, puis dans la **sous-catégorie** (par défaut choisissez dans la sous-catégorie **Generic)**.

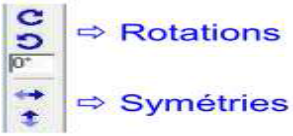


On clique une fois pour faire apparaitre le composant, s'il convient on double clique pour qu'il s'inscrive sur la liste de travail **DEVICES**.

On procède ainsi, pour placer dés le début du travail tous les composants que nous aurons besoin par la suite sur la liste du travail, puis on ferme la fenêtre en cliquant sur OK.

Placement des composants sur le schéma :

- On sélectionne le composant à placer dans la liste faite précédemment et le placer dans la zone de travail de la fenêtre d'édition.
- Eventuellement le tourner ou lui faire une symétrie à l'aide des outils d'orientation du menu de la boite à outils :



- Pour les composants placés, il faut définir leurs paramètres au cas du besoin (Par exemple : définir la valeur d'une résistance): on clique gauche sur le composant, le symbole devient rouge, on reclique gauche, une fenêtre pour éditer les propriétés s'ouvre.

Placement des différentes connexions externes :

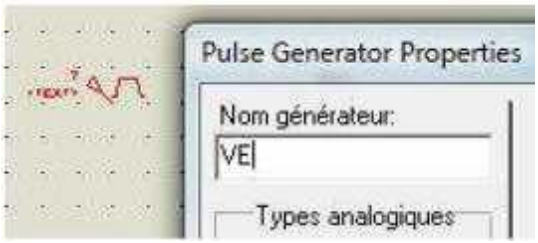
Pour **GROUND** ; **OUTPUT** ; **INPUT**…

- Après avoir cliqué sur cette fonction , on sélectionne la connexion et après l'avoir mise dans le « panier », la placer sur le schéma.

Placement des alimentations et des générateurs :

Il faut maintenant placer les différentes alimentations ou générateurs utilisés.

- On clique sur et on sélectionne un générateur (DC, SINE, PULSE…).



- Ensuite on clique sur le schéma pour le placer (ici Pulse = rectangle).
- Les alimentations ou générateurs placés, il faut leur donner un nom et régler les différents paramètres qui sont fonctions du type de générateurs choisi.
- Lorsqu'on clique gauche sur le générateur, le symbole devient rouge, lorsqu'on reclique gauche, une fenêtre pour éditer les propriétés s'ouvre. Grâce à cette fenêtre on donne un nom et une amplitude des tensions, et on peut aussi régler la forme de la fréquence du signal.

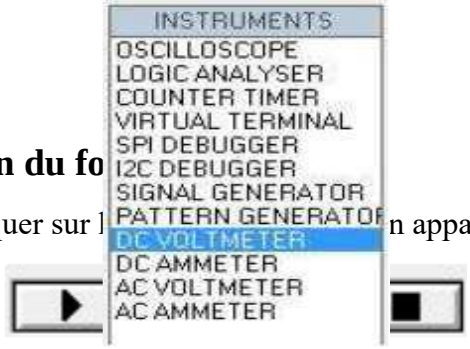
Réalisations des connexions :

- Il nous reste à relier les connexions entre les différents symboles.

Sélectionner dans le menu : Aller sur l'extrémité d'un composant, cliqué, le début de la liaison est créé, puis aller cliquer sur le composant à relier pour finir la liaison, le logiciel positionne seul le chemin.

Placement des instruments de mesure :

Il faut choisir le ou les appareils de mesure que l'on souhaite utiliser en cliquant sur l'icône :



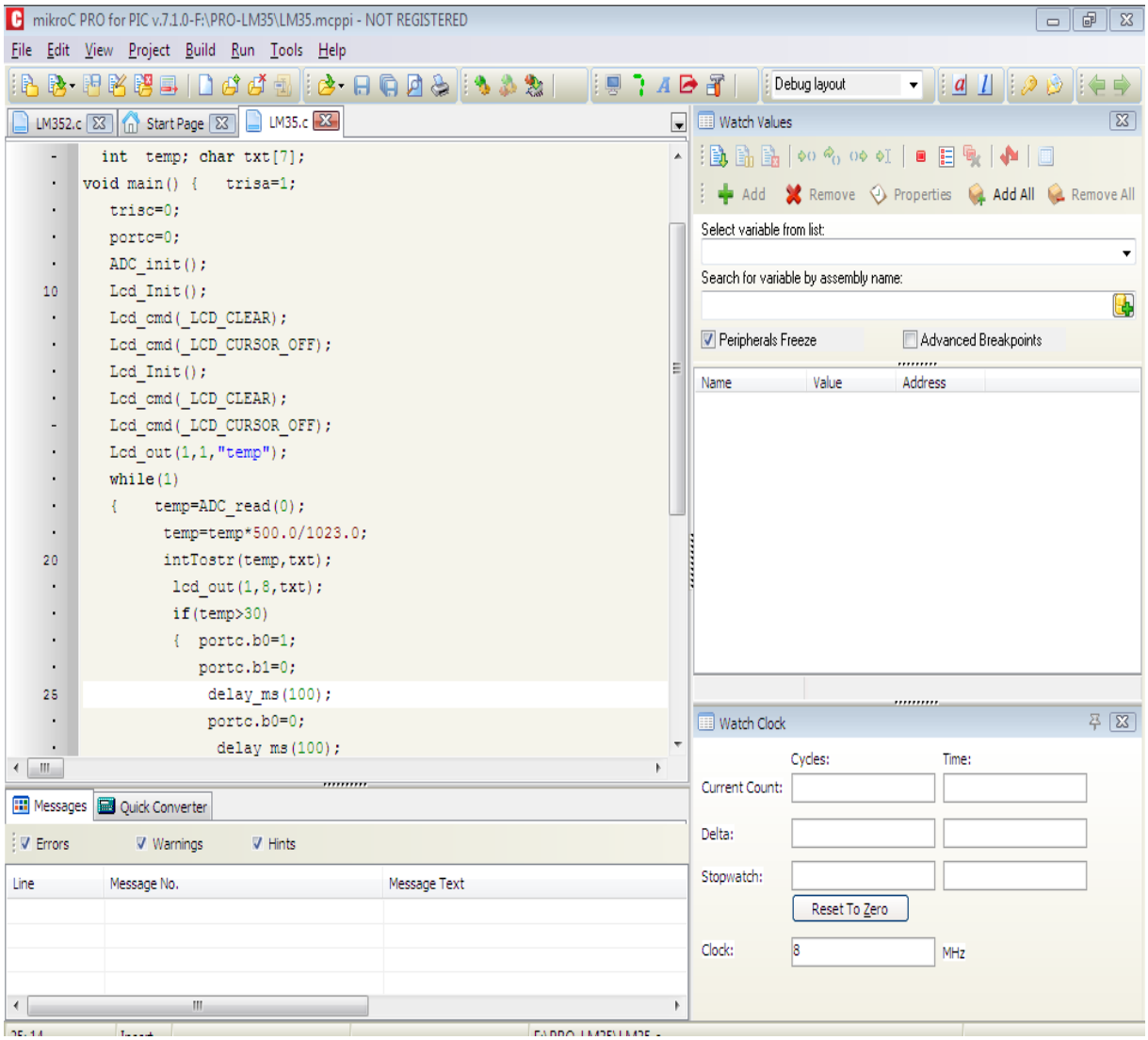
Animation et simulation du fo

Pour lancer l'animation. Cliquer sur l n appareil multimédia.

La programmation du microcontrôleur :

Le compilateur MikroC :

Le compilateur mikroC pour PIC sauvegarde les applications au sein de projets qui s'apparentent à un fichier 'projet' unique (avec l'extension .ppc) ainsi qu'à un ou plusieurs fichiers sources (avec l'extension .c). l'environnement du compilateur mikroC pour PIC ne permet la gestion que d'un seul projet à la fois. Les fichiers sources ne peuvent être compilés que s'ils font partis d'un projet.



FigureVII: Logiciel MikroC

Programme du pic 16f877 :

```
#include "C:\Documents and Settings\Administrateur\Bureau\lcd.h"% appel a la function d'affichage de LCD
 int  temp; char txt; %  déclaration des entiers  et des caractères
void main() % programme principale
{   trisa=1; % configuration de port a comme entrée
  trisc=0; % configuration de port c comme sortie
  portc=0;% configuration de port c comme sortie
  ADC_init(); % initialisation de  ADC
  Lcd_Init(); % initialisation de l'afficheur LCD
  Lcd_cmd(_LCD_CLEAR);%effacer LCD
  Lcd_cmd(_LCD_CURSOR_OFF);%Tourner cursor off
  Lcd_Init();% Initialiser LCD
  Lcd_cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
  Lcd_out(1,1,"temp"); % affichage du mot temps dans la première ligne et la première colonne dans l'afficheur LCD.
  while(1)% la boucle tant que.
  {    temp=ADC_read(0); %lire la valeur dans RA0
       temp=temp*500.0/1023.0; %la relation qui calcule la température en degré Celsius

intTostr(temp,txt);% Conversion  d'entrée d'un nombre entier signée   on  string(sortie)

lcd_out(1,8,txt) ;% l'affichage de valeur de température dans l'LCD a partir de la première ligne et la huitième colonne .
       if(temp>30) % la condition si la température est supérieure à 30 .
       {portc.b0=1 ; activation de portc0
          portc.b1=0;
           delay_ms(100);
           portc.b0=0;
            delay_ms(100);
       Lcd_out(2,2,"12verheat");%
```

```
        }
        if(temp<=30)
        {portc.b0=0;
          portc.b1=1;
              portc.b2=0;
        Lcd_out(2,2,”Normal”);
        }
    }

}
```