République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Université Dr. Yahia FARES de MEDEA**

**Faculté des sciences et de la technologie**

**Département de génie de la matière**

# Mémoire en vue d'obtention du diplôme de Master

**Spécialité :** Génie Mécanique

**Option :** Mécatronique

## THÈME

# Commande d'une résistance chauffante pour l'emboutissage des matières plastiques

**Dirigé par:**

**M. BOUMAHDI Mouloud**

**M. AMMOUR Lamine**

**Présenté par:**

**M.BOUCHOU Soufiane**

**JUIN 2014** .

# *Remerciement*

Je remercie Monsieur Mouloud BOUMAHDI pour avoir accepté d’être le rapporteur de ce mémoire.

J'exprime mes vifs remerciements à monsieur AMMOUR Lamine, pour son aide, ses conseilles précieux, et ses encouragements incessants durant la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier très profondément Messieurs Zouaouine Mahfoud, Fekir Mohamed et Mahdab Salim Professeurs à l'INSFP de Médéa pour leurs soutiens, leurs conseils et leurs expertises. Ils m’ont permis de mettre en œuvre un cadre de travail passionnant et réaliste.

Que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à l’aboutissement de ce travail et à l'impression de ce mémoire, trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance, je les remercie vivement pour leur aide précieuse et pour avoir mis à ma disposition leur expérience.

## ملخص

هذا العمل هو لمراقبة وضمان التحكم في درجة الحرارة في تسخين المقاومات ، ويعتبر خطوة في سلسلة قولبة البلاستيك، ومن أجل تطوير نظام التحكم الآلي بواسطة ميكروكنترولر المرتبط بزرين وشاشة كريستال، وميزان الحرارة الرقمي DS1621 لقراءة درجة الحرارة، وسمحت الدراسة النظرية لنا بتطوير برنامج ميكروباسكال.



**مفتاح الكلمات:التحكم ، الحرارة، ميكروكنترولر،شاشة الكريستال، DS1621**



## Résumé

Ce travail consiste à commander et assurer la régulation de la température des résistances chauffantes ,une étape d'une chaine d'emboutissage des matières plastiques, Il s'agit de développer un système de commande numérique basé sur un Microcontrôleur 16f876A associé à deux boutons poussoirs et afficheur LCD, et un thermomètre numérique DS1621 pour lire la température , une étude théorique nous a permis de développer un programme avec Mikropascal.



**Mots clés : Régulation, Température, Microcontrolleur, LCD,DS1621.**



## Abstrat

This work is to control and ensure the temperature control of heating resistance, a step in a chain stamping plastics, It is to develop a numerical control system based on a microcontroller 16F876A associated with two buttons and LCD display, and a DS1621 digital thermometer to read the temperature, a theoretical study has allowed us to develop a program MikroPascal.



**Keywords : control , temperature, microcontroller, LCD,DS1621.**

# Table des matières

**Introduction Générale** .....1

C**hapitre1 : Transformation des matieres plastiques** .....4
1.1. Introduction .....5
1.2. Thermoplastique .....5
1.2.1. Influence de la température matière : .....7
1.3. Thermoformage .....8
1.3.1. Apport direct de chaleur : .....10
1.3.2. Le système de chauffage : .....13
1.4. Conclusion .....12

**Chapitre 2 : Etude du microcontrôleur Pic16F876 et du capteur thermique DS1621**..13

2.1. Introduction.....14
2.2. Les microcontroleurs .....15
2.1.1. Généralités .....15
2.2.2. Les avantages du microcontrôleur :.....15
2.3. Architecture interne d'un microcontroleur :.....3
2.4. Structure minimale d'un pic : .....18
2.5. Les interfaces.....19
2.5.1. Interfaces parallèles .....19
2.5.2. Interfaces séries .....19
2.6. Caracteristiques generales de la famille 16f876 .....6
2.6.1. Les particularités électriques : .....21
2.6.2. Archétecture interne du 16F876 : .....8
2.6.3. Les ports entrée/sortie :.....10
2.6.4. L'oscillateur :.....10
2.6.5. Brochage du PIC 16F876 : .....10
2.7. Le bus i2c .....11
2.7.1. Caractéristiques du bus I2C.....11
2.7.2. Protocole I2C.....12
A) la condition de départ et la condition d'arrêt. .....12
B)Transmissions d'un octets .....27
C) Transmissions d'une adresse .....28
D) Ecriture d'une données.....29
E)Lecture d'une donnée.....29

F) Restart .....30
2.8. Capteur thermique DS1621 ……..……...…….31
2.8.1. Brochage du DS1621…. ……..…….31
2.8.2. Mot de contrôle…. ……..……...…….31
2.8.3. Contrôle…. ……..……...…….31
2.8.4. Format des octets température..……...…….32
2.8.4. Registre de configuration..……...…….33
2.8.4. Dialogue entre pic16F876 et DS1621.…….....…...….34
2.9.Conclusion……..……...……
166

**Chapitre 3 : Simulation et réalisation de la commande**.....18
3.1. Introduction .....18
3.2. les differentes etapes de réalisation de la carte éléctroniques .....19
3.2.1.-Montage électronique.....19
3.2.2. Brochage du quartz.....19
3.2.3.Afficheur LCD : .....40
3.3. Principe de fonctionnement .....40
3.4. Interconexions pic et DS1621.....42
3.5. Interface commande puissance.....42
3.6. Deroulement du programme.....43
3.7. Conclusion.....29

**Conclusion generale**.....30

**Annexe**.....51

**Bibiliographie**.....59

# Introduction Générale

# Introduction Générale

Le thermoformage consiste à plaquer une feuille de thermoplastique ramollie par la chaleur sur les parois d'un moule pour lui en faire prendre la forme. Le formage peut être réalisé par l'action directe du moule sur la feuille de thermoplastique (emboutissage) ou plus souvent par action combinée avec une aspiration ou une pression facilitant la mise en forme.

Après refroidissement partiel ou total, on procède au démoulage et découpage des bords. La mise en forme d'une feuille ramollie par un dispositif de chauffage. De nombreuses pièces plastiques sont thermoformées : les gobelets, les pots de yaourt, la plupart des emballages (blister), etc.

Le thermoformage offre de nombreuses possibilités de réalisations, des pièces de fines épaisseurs et de petites dimensions, comme les pots de yaourt, jusqu'aux baignoires. Il est possible de fabriquer des pièces entre 0,1 et 15 mm d'épaisseur de dimensions allant jusqu'à 4.5 x 2.3 m et même plus grand.

L'un des principaux avantages du thermoformage est la rapidité à lancer une production par rapport à d'autres procédés tel que l'injection. En effet la conception et la réalisation des outillages étant plus simples, la fabrication d'une pièce en plus ou moins grande série en quelques semaines s'en trouve grandement facilitée.

Par ailleurs, ces équipements relativement plus simples sont également moins coûteux à réaliser.

Le thermoformage se déroule selon les phases suivantes :

1. chauffage de la matière ;
2. retrait des chauffes puis élévation du moule ;
3. mise en forme de la matière sur le moule (par le vide, sous pression...) ;
4. refroidissement (la pièce reste sur le moule) ;
5. démoulage et évacuation de la pièce.

L'objectif de ce travail est d'établir un système de chauffage commandé par un microcontrôleur PIC de telle sorte de maintenir la température constante(asservis) pour chaque matière de plastique, Notre conception est structurée en cinq module principaux :

- Capteur de température
- Unité de commande et traitement

- Système de réglage de la consigne
- Actionneur (chauffage)
- Affichage.

Le capteur de la température utilisé dans cette application est le DS1621 de La firme Dallas doté de Bus I2C.

La base de traitement de ce projet est assuré par un microcontrôleur 16f876A de la famille Micro chip du type mide_ range.

Ce travail est divisé en trois chapitres :

- Le chapitre1 traite le thermoformage de façon générale
- Le chapitre2 présente la structure de Microcontrôleur 16 f 876a et la Bus I2C.
- Le chapitre3 consacré pour la simulation par ISIS PROTEUS et la réalisation pratique de la carte de commande.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

# Chapitre 1

## Transformation des matières plastiques

# Chapitre1 :

# Transformation des matières plastiques

## 1.1. Introduction

Le but de la transformation des matières plastiques est, dans des conditions techniques, économiques et écologiques satisfaisantes, de :

– donner la forme et l'aspect voulus au polymère pour obtenir la pièce ou le demi-produit à fabriquer ;

– des états chimiques différents : monomères, oligomères, polymères thermoplastiques ou thermodurcissables. Dans ce dernier cas le durcissement ou la réticulation constitue une étape supplémentaire intervenant obligatoirement lorsque la mise en forme est effective. Certains polymères utilisés couramment à l'état thermoplastique peuvent être éventuellement réticulés, comme le polyéthylène, ce qui améliore ses propriétés mécaniques et chimiques. D'autres familles de polymères telles que les polyuréthanes existent sous des formes thermodurcissables, la plus courante dans ce cas, et sous la forme thermoplastique, TPU. Les procédés de transformation et les caractéristiques finales sont alors différents. La transformation peut également incorporer des matériaux étrangers :

– autre matière plastique : co-moulage, surmoulage ;

– inserts, feuilles de contre collage ;

– renforts et mousses pour les composites.

## 1.2. Thermoplastique

Les chaînes macromoléculaires acquièrent de la mobilité par élévation de la température, puisque l'énergie de vibration de tous les atomes augmente. La cohésion longitudinale est forte à cause de la force des liaisons chimiques.

Des liaisons latérales entre éléments non chimiquement liés sont beaucoup plus faibles (liaisons de Van der Waals) et des mouvements coopératifs sont possibles qui déplacent les molécules qui glissent les unes sur les autres comme des serpents.

Ces mouvements se traduisent par des déplacements de grande ampleur sous l'influence de contraintes macroscopiques externes, le milieu devient plastique sous l'effet de la température. Ces *thermoplastiques* ne demandent qu'une possibilité de déplacement relatif illimité des chaînes. Il faut qu'aucun nœud ne s'y oppose. Pour le reste ce n'est qu'une question de temps.

En revanche si les chaînes sont liées entre elles chimiquement et forment des réseaux impossibles à défaire sans rupture, on a affaire à des polymères dits *réticulés*. Pour former ces réseaux on part nécessairement d'ensembles à structure moins dense, thermoplastique ; on dit avoir affaire à des produits *thermodurcissables*, supposant que sous l'effet de la chaleur on a fait progresser les réactions chimiques qui conduisent à un réseau de liaisons tridimensionnelles. Cette formation d'un filet aux mailles irrégulières, plus serrées quand progresse la réaction, porte le nom de *réticulation* (de *rete*: filet en latin). Pour obtenir une réticulation il est nécessaire que certains au moins des éléments de base A, B… aient une possibilité chimique de former plus de deux liaisons extérieures.

Connaissant la proportion d'éléments pouvant former plus de deux liaisons – trois et plus – il est possible par un calcul statistique de connaître le degré macroscopique moyen d'avancement de la réaction qui produira le premier ensemble infini. Pratiquement on réalise cette réticulation en une seule opération pour les thermodurcissables tels que les formophénoliques où un même type de réaction est effectué.

Dans le cas des polyesters insaturés on ajoute du styrène qui est polymérisé en chaînes qui se terminent par accrochage à des points précis des chaînes de polyester ; la proportion des constituants et le catalyseur définissent la structure moyenne de ce copolymère à blocs réticulé (blocs PS et polyester). Pour les élastomères que l'on réticule en une deuxième opération appelée *vulcanisation*, on fixe la forme de l'objet préalablement moulé dans son état thermoplastique et on déclenche la vulcanisation par la chaleur.

On peut aussi irradier une forme par des rayons ionisants – électrons accélérés en général, mais aussi rayons gamma –, ce qui crée des liaisons supplémentaires entre atomes voisins dans l'espace mais appartenant à des chaînes ou des portions de chaînes différentes. En couches minces la réticulation par le rayonnement ultraviolet est très employée. On en conclut que la différence de structure qui distingue les thermoplastiques des

thermodurcissables est une différence à grande échelle, due à des points de réticulation qui ne peuvent être rompus sans altérer la nature chimique de la molécule.

Au contraire les éléments de régularité à courte de distance sont responsables d'arrangements locaux qui modifient la cohésion de la matière face à des contraintes thermomécaniques. Suivant les cas, on sera amené à choisir entre un certain nombre de procédés, toutes les méthodes ne pouvant pas s'appliquer à un cas déterminé. Les figures 1.1 présentent un certain nombre de solutions sans prétention d'exhaustivité

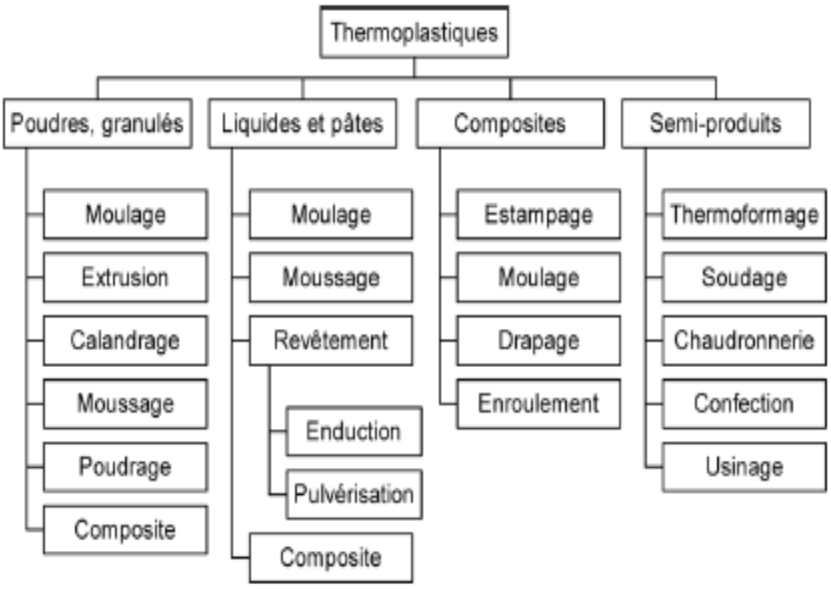



Figure 1.1. procédés de thermoplastiques

### 1.2.1. Influence de la température matière

D'une façon générale, l'augmentation de la température matière dans la zone normale de travail du polymère mis en œuvre :

– augmente la fluidité ;

– diminue l'orientation, donc améliore l'isotropie ;

– réduit la tendance au gauchissement ;

– diminue les différences des retraits longitudinaux et transversaux ;

– peut améliorer la résistance au choc dans certains cas, et diminuer la différence entre les résistances au choc dans les sens d'écoulement longitudinal et transversal.

– joue sur le temps de relaxation des contraintes ;

– diminue le temps total acceptable d'exposition à la température avant dégradation.

Si l'on dépasse la zone normale de travail du polymère mis en œuvre, il y a dégradation d'autant plus rapide que la température est élevée

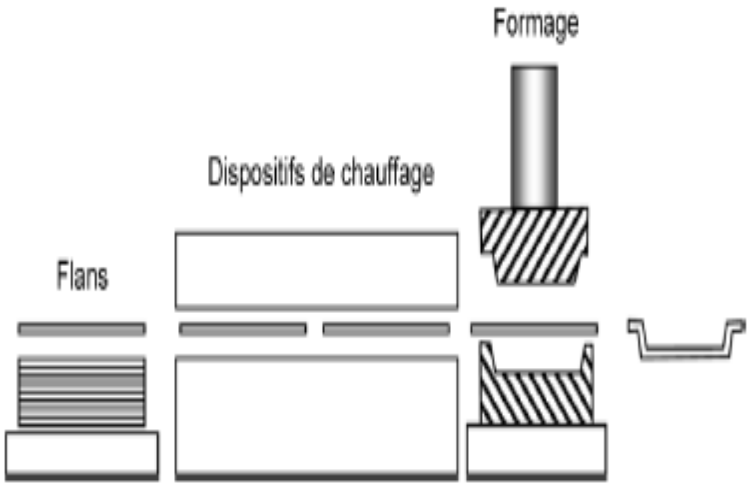



Figure 1.2. Emboutissage des tôles

## 1.3. Thermoformage

Le thermoformage permet de fabriquer, à partir de feuilles destinées à cet usage, des pièces de dimensions finies qui peuvent être importantes.

La forme générale de la pièce doit obéir à certains critères tels qu'éviter les formes trop compliquées et assurer le démoulage. Bossages, nervures pleines, inserts, rayons de courbure trop faibles, trous et évidements, emboutis trop profonds, ne sont pas réalisables mais certaines découpes et poses d'inserts sont possibles après thermoformage.

Le thermoformage, augmentant la surface de la feuille de départ, entraîne un amincissement des parois d'autant plus important que l'étirage est localement élevé. La profondeur des parties embouties est limitée par l'amincissement Supportable pour la fabrication et pour l'utilisation. Les épaisseurs ne sont pas maîtrisées et les tolérances sont larges.

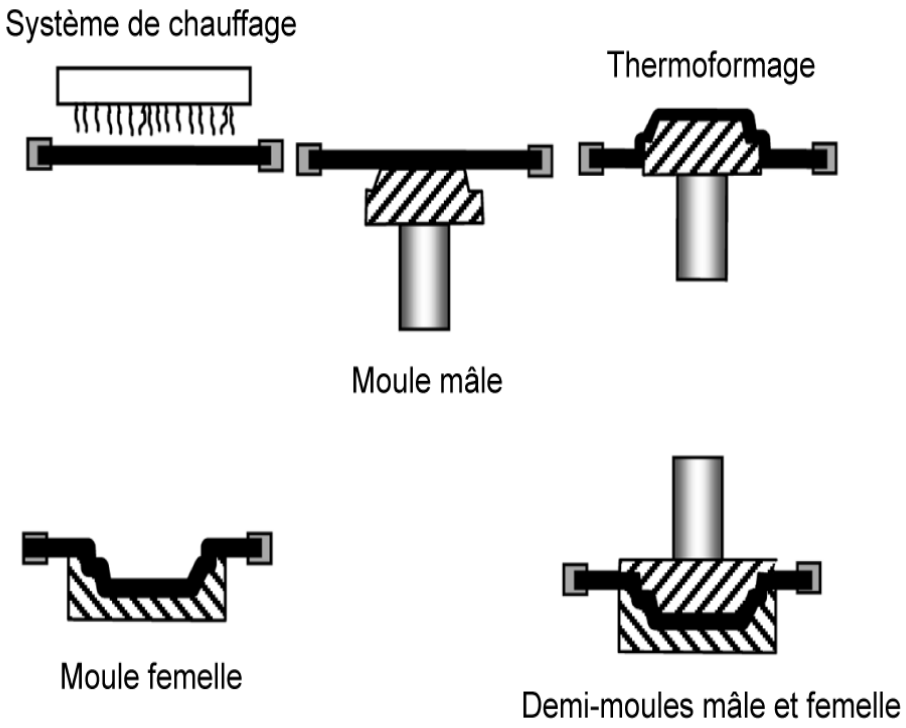



Figure 1.3. thermoformage

Normalement, l'aspect est correct sur toute la surface de la pièce à l'exception des tranches des détourages et il peut subsister des traces d'étirage dans les parties embouties.
Les pièces ne sont pas isotropes à partir du moment où les angles et les profondeurs d'emboutissage atteignent des valeurs non négligeables. Le procédé convient du prototype à la grande série à condition d'utiliser le matériel adapté.

Les moules sont peu coûteux mais les feuilles sont chères et les chutes de détourage importantes. Le choix des matières est limité et des feuilles de grades spéciaux sont nécessaires. Parmi les thermoplastiques de grande diffusion, citons les PS, ABS, PVC, PE, PP et, pour les thermoplastiques techniques, les PMMA, CA,POM, PC, PA, PPE, PSU.

L'offre en thermo- formeuses est très diversifiée, allant des machines manuelles très simples et peu onéreuses jusqu'aux machines très spécifiques produisant un seul type d'article en passant par tout un éventail de modèles standards,

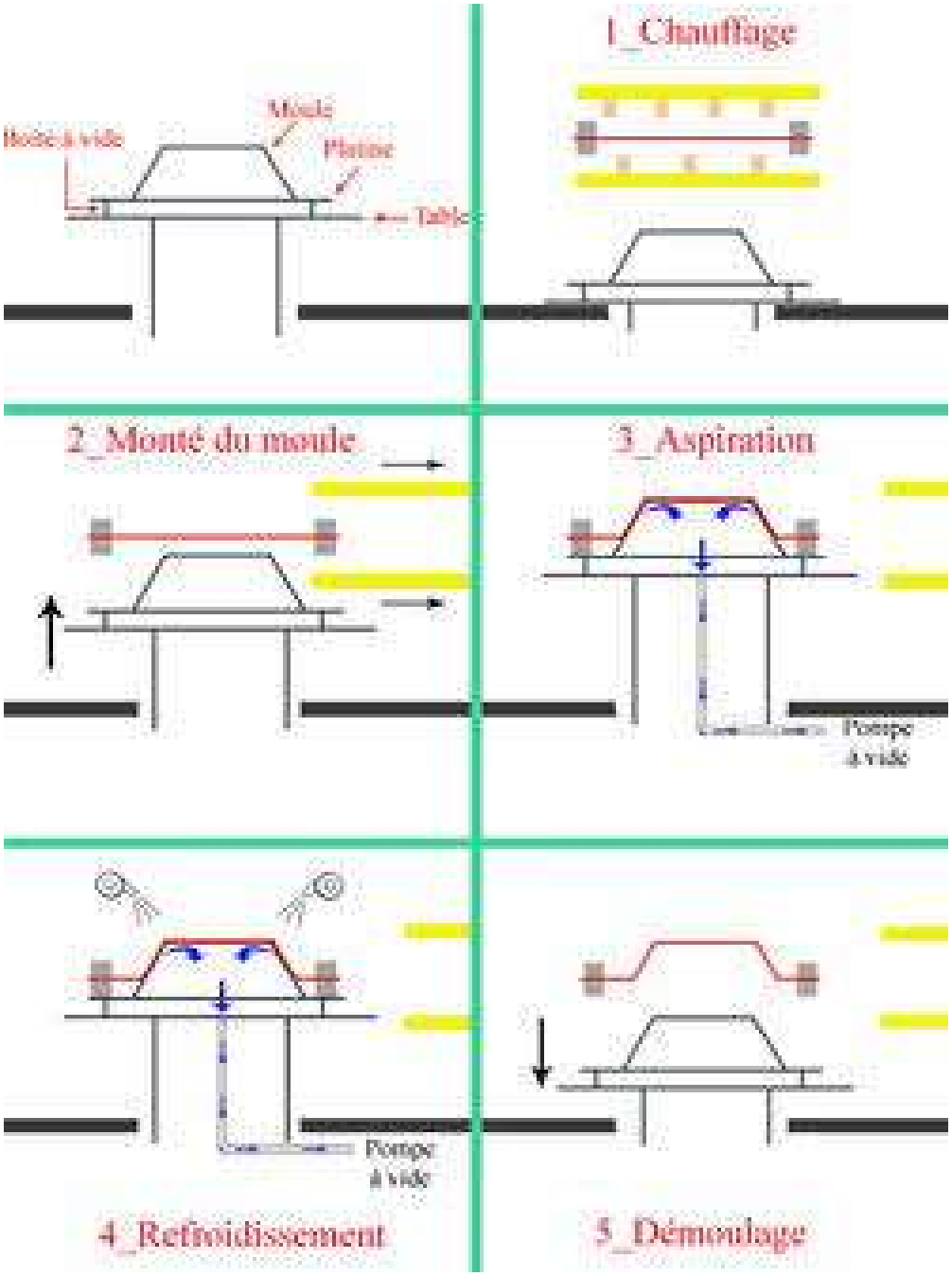



Figure 1.4. Déroulement d'un cycle de thermoformage

### *1.3.1. Apport direct de chaleur*

L'apport direct de chaleur peut se faire par différentes techniques :

– miroir, raquettes chauffantes ;

– air chaud et cordon d'apport de la même matière que les parties à souder par chalumeau électrique avec dispositif de pose du cordon : la soudure exécutée correctement permet d'atteindre des facteurs de soudage (pourcentage de la

résistance du joint par rapport à la résistance à la rupture du matériau d'origine) de 75 à 90 % pour le PVC, 65 à 90 % pour du PP, 50 à 100 % pour du PE ;

– impulsion de chaleur : pinces à souder les films

Le chauffage par résistance électrique utilise souvent des cartouches cylindriques ou crayons chauffants peu onéreux et faciles à installer mais le contact résistance/métal du moule est imparfait et, en conséquence, le rendement thermique est faible. Les résistances plates blindées sont plus chères et nécessitent un usinage plus onéreux des plateaux mais le contact résistance/métal du moule est meilleur et le chauffage également.

Les avantages du chauffage électrique sont sa souplesse de fonctionnement, la parfaite autonomie des presses et la facilité d'obtention de températures supérieures à 200 °C. En revanche, l'amplitude de régulation des températures est importante, la consommation électrique est élevée, le coût total des systèmes de régulation qui doivent équiper chaque plateau est élevé. Le chauffage par induction des plateaux, analogue à celui des plaques de cuisson domestiques,

### *1.3.2. Le système de chauffage*

Si le moule n'est pas chauffé, la transmission de chaleur se fait par les plateaux, principalement par conduction, ce qui entraîne des problèmes d'homogénéité thermique pour les moules hauts par rapport à leur surface en contact avec les plateaux. De plus, la vitesse d'échauffement du moule diminue au fur et à mesure que sa température s'élève et se rapproche de celle des plateaux.

L'équilibre thermique est donc très long à obtenir. Accessoirement, une certaine contribution peut être fournie par convection, mais l'aires mauvais conducteur, ou par rayonnement. La mesure de la température est évidemment un point important et estd'autant plus précise et utile que la sonde est située le plus près possible dumélange ou de préférence dans le moule, aussi près que possible de l'empreinte.

Les plateaux peuvent être chauffés par des résistances électriques situées àl'intérieur des plateaux ou par circulation d'un fluide caloporteur (vapeur, eau surchauffée ou huile) dans des canaux usinés dans les plateaux près de lasurface recevant le moule.

Elle est limitée en fonction de la thermo dégradation du polymère et de sa réticulation éventuelle qui restreint l'aptitude à la mise en forme. La dégradation des matériaux de renfort ou d'apport, par exemple des textiles, du papier, du bois ou des dispositifs électroniques, peut imposer des contraintes supplémentaires. La température de transformation a également des conséquences sur les consommations d'énergie, le refroidissement et le coût final. Le comportement thermique des polymères dépend de leur structurephysico-chimique, notamment de leur caractère semi-cristallin ou amorphe.

Les contraintes conditionnent principalement la rhéologie, le compactage dela matière, les contraintes résiduelles. Dans le cas de surmoulage, des contraintes trop élevées peuvent déplacer et/ou détériorer les dispositifs ou Matériaux à surmouler. Le temps conditionne le réchauffage et le refroidissement, la cristallisation, la rhéologie, les dilatations et retraits, le fluage, la dégradation de la plupart des matériaux.

## 1.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a exposé les procédés de transformation des matières plastiques : le thermoplastique et le thermoformage. Dans le processus de transformation, il est utile de prendre en considération les trois paramètres suivants : la température, les contraintes et le temps. Évidemment, ils agissent les uns sur les autres en provoquant une amplification de leurs actions. La température conditionne principalement la viscosité, les dilatations, les contraintes résiduelles, la cristallinité, la réticulation.

# Chapitre 2

## Etude du microcontrôleur Pic16F876 et du capteur thermique DS1621

# Chapitre2 :

# Etude du microcontrôleur Pic16F876 et du capteur thermique DS1621

## 2.1. Introduction

Etant donné l'utilité de ce composant (PIC) nous avons jugés nécessaire de consacrer un chapitre qui décrit ce type de composant. La connaissance des différentes caractéristiques de ce composant va nous aider à mieux concevoir notre montage.

Un objet technique, intégrant de l'électronique, fait souvent apparaître des fonctions ayant pour rôle le traitement d'information : opérations arithmétiques (Addition, multiplication…) ou logiques (ET, OU…) entre plusieurs signaux d'entrée permettant de générer des signaux de sortie.

Ces fonctions peuvent être réalisées par des circuits analogiques ou logiques. Mais, lorsque l'objet technique devient complexe, et qu'il est alors nécessaire de réaliser un ensemble important de traitements d'informations, il devient plus simple de faire appel à une structure à base de microcontrôleur PIC.

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications grand public ou professionnelles, il en existe plusieurs familles. La société Américaine Microchip Technologie a mis au point dans les années 90 un microcontrôleur CMOS : le PIC (Periphirol Interface contrôler). Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix de revient.

Les PIC font partie de la famille des microcontrôleurs, ils possèdent notamment un jeu d'instructions réduit, ce qui caractérise la famille des circuits RISC (Reduced Instruction Set Computer). Ils sont appréciés pour leur rapidité d'exécution et leur simplicité de mise en œuvre

## 2.2. Les microcontrôleurs

### 2.2.1. 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 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 (voir annexe).

#### 2.2.2.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.

Nous allons voir que le nombre d'entre eux découle du simple sens.

- Tout d'abord, un microcontrôleur intègre dans un seul et même boîtier plusieurs périphériques ce qui n'était pas le cas auparavant dans microprocesseur. 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 imprimer 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.

**2.3. Architecture interne d'un microcontrôleur.**

Un circuit microcontrôleur doit contenir dans un seul boîtier tous Les éléments de bases qu'on verra par la suite. En effet, pour l'analyse des divers systèmes réalisés avant l'avènement des microcontrôleurs, les fabricants des circuits intégrés a affinées un peu la définition de ce qu'il fallait intégrer pour arriver à un schéma type analogue à la figure suivante :

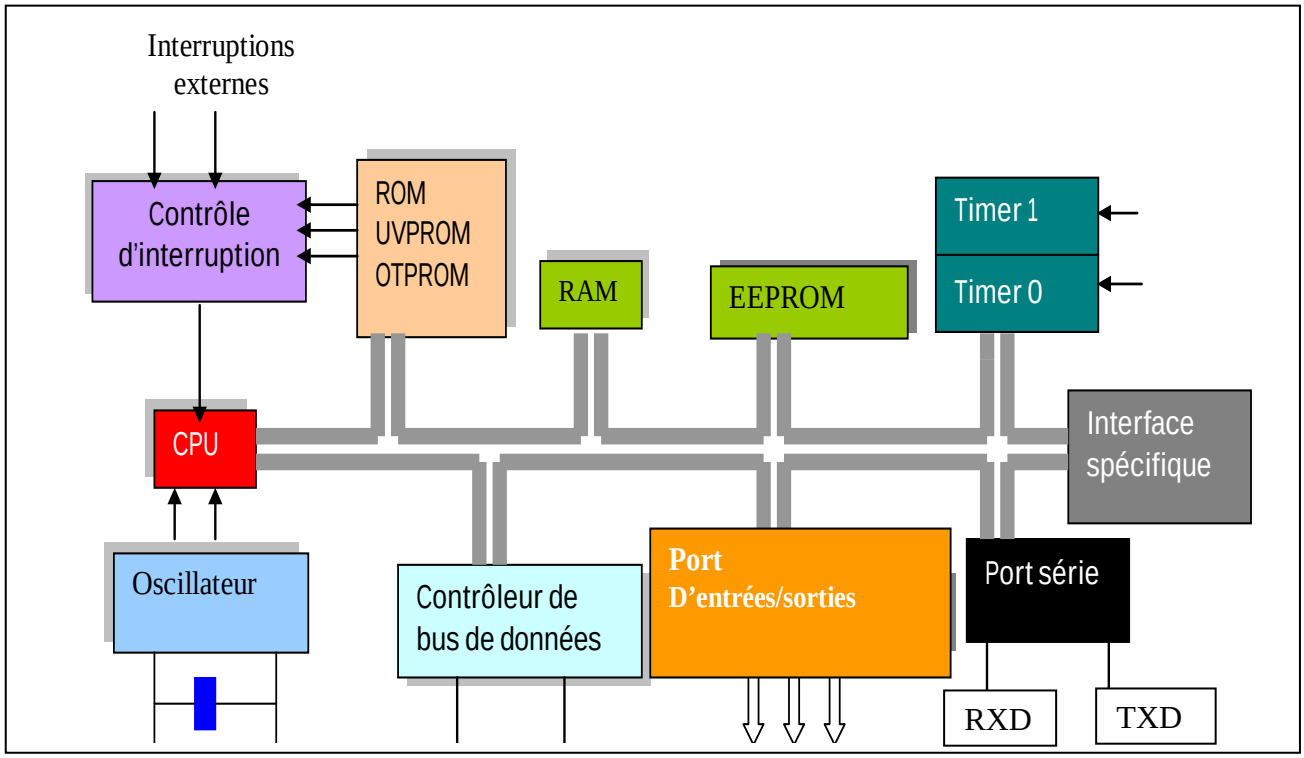



Figure 2.1. Constitution interne d'un microcontrôleur

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.

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.

On trouve donc à l'heure actuelle aux moins cinq types différents de microcontrôleurs :

*Ceux avec ROM programmable par masque.

*Ceux avec UVPROM ou EEPROM.

*Ceux sans aucune ROM.

*Ceux avec l'OTPROM.

*Ceux avec mélange de ces combinaisons.

Pour ce qui est de la mémoire vive ou RAM, la situation est plus simple. Quasiment tous les microcontrôleurs disposent d'une RAM interne de taille en principe assez faible et lorsqu'elle n'est pas explicitement visible sur le synoptique, c'est que l'unité centrale dispose d'assez de registres pour servir de RAM.

De même on a d'autres éléments de base qui constituent un microcontrôleur qui sont des lignes d'entrées /sorties parallèles en nombre variable selon la vocation et la taille du boîtiers (un problème de nombre importance des broches se posant très vite avec l'accroissement du nombre de ligne).

- Au moins une interface d'entrée/sortie série asynchrone, plus au moins évoluée selon les circuits.

- Un ou plusieurs timers internes dont les possibilités peuvent être très variables mais qui fonctionnent généralement en compteur, décompteur ou générateur d'impulsion programmable.
- Un ou plusieurs convertisseurs analogiques/numériques précédés ou non de multiplexeurs pour offrir plusieurs voies.
- Parfois, mais plus rare, un convertisseur numérique/analogique.

L'horloge fournie au PIC est pré divisé par 4 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 4MHz, nous obtenons donc 1000000 cycles/seconde, or comme le PIC exécute pratiquement une instruction par cycle, hormis les sauts, cela nous donne une puissance de l'ordre de 1MIPS (1 Million d'Instructions Par Seconde).

### 2.4. Structure minimale d'un pic

Nous présentons ci-dessous la structure minimale d'un PIC :

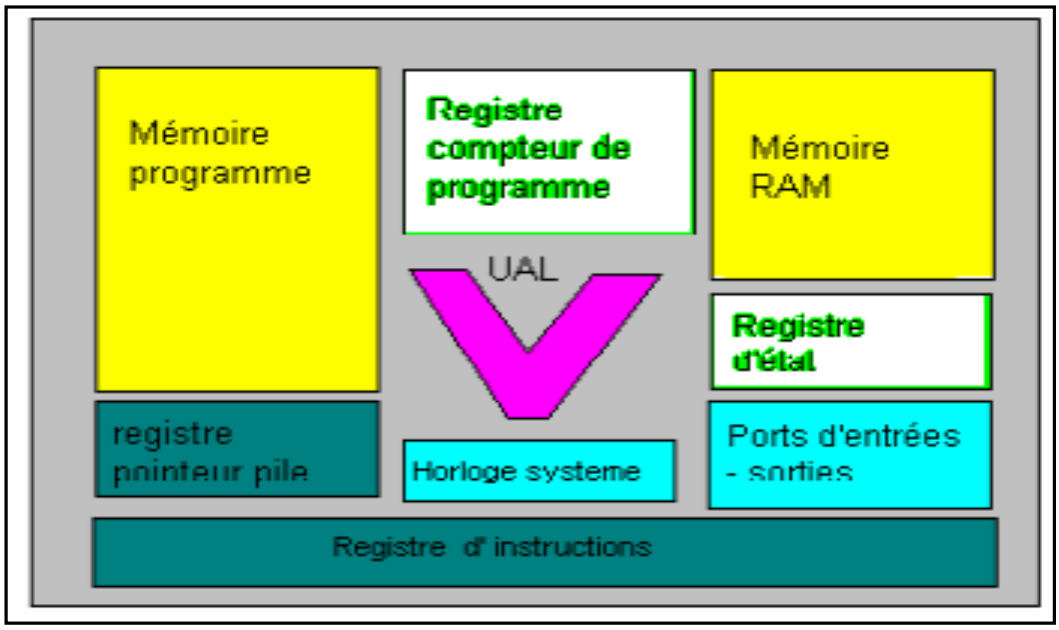



Figure 2.2. Structure de base d'un PIC

Une mémoire de programme : contient le code binaire correspondant aux instructions qui doit exécuter le microcontrôleur. La capacité de cette mémoire est variable selon le PIC.

Une mémoire RAM : sauvegarder temporairement des données.

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.

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

Une horloge système : permet de cadencer tous les échanges internes et externes au 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. 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.

## 2.5. Les interface

### 2.5.1. Interfaces parallèles

Elles peuvent être configurées soit en entrées, soit en sorties, ce qui leur permet de :

– Prendre en compte des états logiques représentant des informations numériques, et des états analogiques représentants par exemple des mesures d'une grandeur physiquesà l'aide des capteurs ;

– Générer des états logiques destinés à la commande d'actionneurs. Les interfaces parallèles sont regroupées en plusieurs ports d'entrées/sorties. Laconfiguration et les états logiques des différentes broches sont définis dans desregistres associés aux ports.

### 2.5.2. Interfaces séries

Une interface série permet de communiquer avec d'autres systèmes. On rencontre principalement une liaison RS232 ; une liaison I2C et une liaison SSP.

## 2.6. Caractéristiques générales de la famille 16F876

Le 16F876 et le 16F877 (et d'autres) font partie de la sous-famille des 16F87x. Cette branche fait partie intégrante de la grande famille des PICS Mid-Range comme le PIC16F84.

On peut considérer que le 16F84 constitue le circuit d'entrée de gamme de cette famille, alors que le 16F877 représente la couche supérieure.

De nouveau circuit ne devraient probablement pas tarder à améliorer encore les performances.

La famille 16F87x comprend toute une série de composants, en notant que les composants sont en constante évolution.

Les différences fondamentales entre ces PICS sont donc les quantités de mémoires disponibles, le nombre d'entrées/sorties, le nombre de convertisseurs de type «analogique/numérique », et le nombre des ports intégrés.

A l'heure actuelle, ces composants existent dans divers types de boîtiers ; Les boîtiers 40 broches sont utilisées par les composants qui disposent d'un port parallèle, comme le 16F877, comme pour le PIC16F84, le numéro peut être suivi d'un « A », et d'un « XX » qui donne la fréquence d'horloge maximum du composant, la tension la plus courante est la tension -20. Donc, la fréquence que nous utiliserons en standard sera de 20MHz.

Nous intéresserons donc dans notre projet au PIC16F876A, qui est le plus utilisé à l'heure actuelle.

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

| Device | Program FLASH | Data Memory | Data EEPROM |
|---|---|---|---|
| PIC16F873 | 4K | 192 Bytes | 128 Bytes |
| PIC16F876 | 8K | 368 Bytes | 256 Bytes |

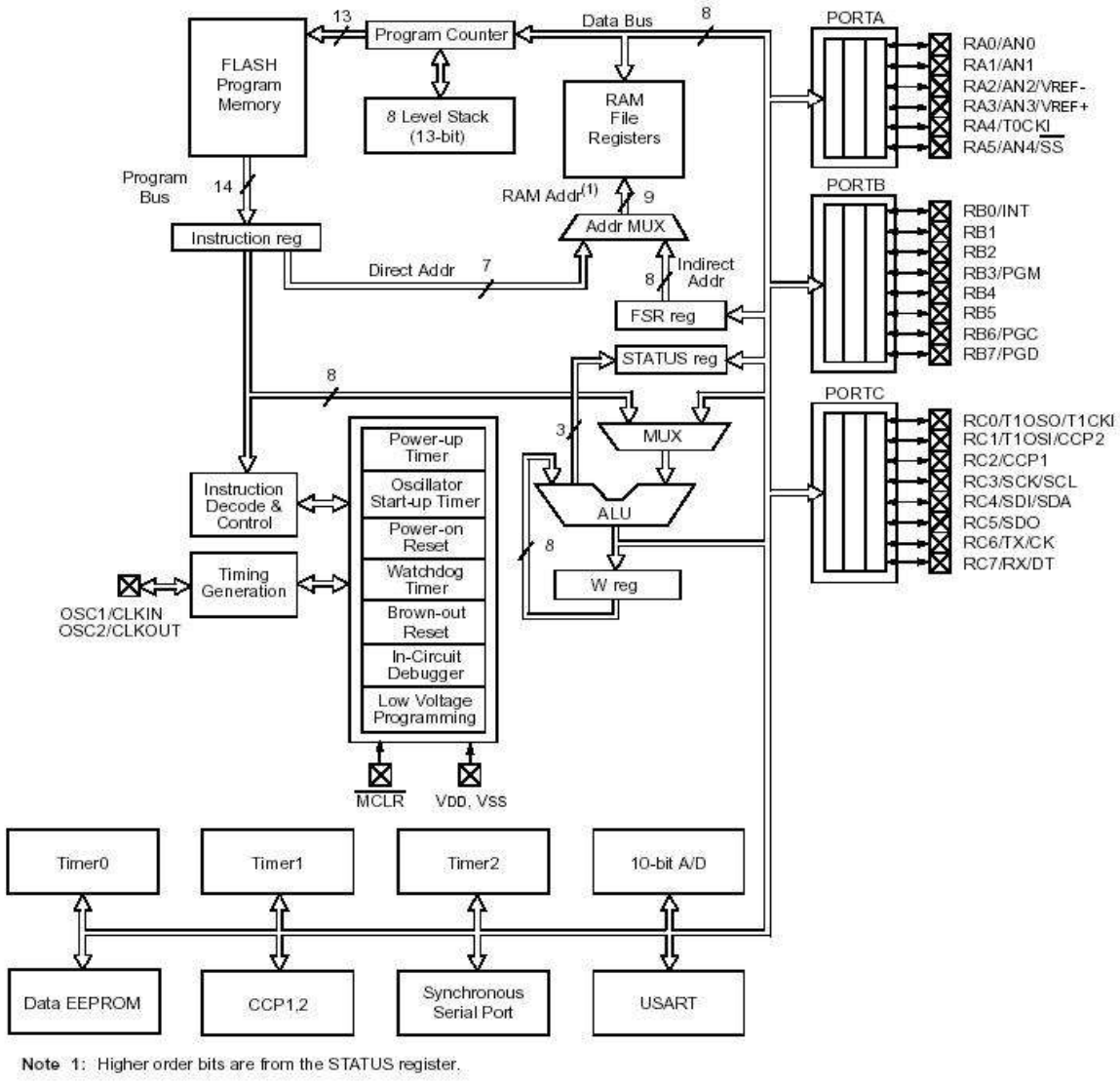



Figure 2.3. Architecture interne du pic 16F876

### 2.6.1. Les particularités électriques

On constate que sur le schéma concernant le 16F876, 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.

### 2.6.2. Architecture interne duPIC16F876

La mémoire du 16F876 est divisée en 3 parties Pour mieux le connaître regardons de près sont Schéma fonctionnel.

- **La mémoire programme :**

La mémoire programme est constituée de 8K mots de 14 bits. C'est dans cette zone que nous allons loger le programme.

- **La mémoire EEPROM :**

La mémoire EEPROM (Electrical Erasable 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.

- **organisation de la mémoire Ram :**

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 16F876 est de 368 octets. Elle est répartie de la manière suivante:

1) 80 octets en banque 0, adresses 0x20 à 0x6F
2) 80 octets en banque 1, adresses 0xA0 à 0XEF
3) 96 octets en banque 2, adresses 0x110 à 0x16F
4) 96 octets en banque 3, adresses 0x190 à 0x1EF
5) 16 octets communs aux 4 banques, soit 0x70 à 0x7F = 0xF0 à 0xFF ;

0x17F=0x1F0 à 0x1FF.

- **Watchdog :**

Sous ce nom étrange nous allons découvrir une fonction capable de surveiller le bon fonctionnement du programme que le micro contrôleur exécute. Le rôle du Watchdog (ou chien de garde) est de "reseter" le micro contrôleur si 1 'on ne remet pas à zéro périodiquement (à intervalle définissable) un registre interne grâce à 1 'instruction clrwdt (clearwatchdog), si le programme tourne par exemple dans une boucle sans fin (c'est un bug !) il ne peut remettre à

0 le chien de garde et ainsi le micro contrôleur se reset afin de relancer le programme. Cette fonction est bien sûr désactivée au moment de la programmation du micro contrôleur, c'est la directive d'assemblage.

**•Le TIMER :**

Un timer est un registre interne au microcontrôleur, celui-ci s'incrémente au grès d'un 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 16F876 possède trois timers dont 2 sont à 8 bits et un timer sur 16bits configurable par logiciel.

### 2.6.3. Les ports entrée/sortie

On dispose de 22 broches d'entrées/sorties, chacune configurables soit en entrée soit en sortie (PORTA, PORTB, PORTC).

Un registre interne au PIC, nommé TRIS, 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.

- **Particularité du port A :**

Le 16F876 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.

- **Particularités du 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, elle, de façon tout à fait classique, en entrée de type TTL. Encore il y a (RB3-RB6-RB7) qui peuvent servir dans la programmation (en mode LVP) en cas d'absence de programmateur commercial.

- **Particularités du port C :**

C'est un port tout ce qu'il y 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) (pin17 et 18).

### II.6.4. L'oscillateur

L'horloge système peut être réalisée soit avec un quartz (a), soit avec une horloge extérieure (b), soit avec un circuit RC(c). 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.

### 2.6.6. Brochage du PIC 16F876

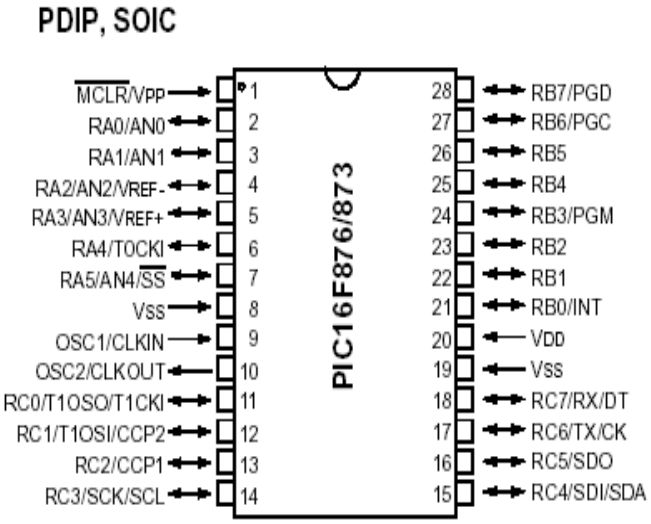



Figure 2.4. Brochage du PIC16f876

## 2.7. Le BUS I2C

Le bus I²C (Inter Integrated Circuit) fait partie des bus sériesynchrones : il dispose de 3 fils pour faire passer l'information.

- Il a été développé au début des années 1980, par Philips pour minimiser les liaisons entre les circuits intégrés numériques de ses produits (Téléviseurs, éléments Hifi, magnétoscopes, ...). I²C est un des bus qui a émergé de la «guerre des standards" lancée par tous les acteurs du monde électronique. Ainsi, dans votre téléviseur, tous les ensembles sont sur un bus I2C (récepteur de la télécommande, réglages des

amplificateurs basses fréquences, tuner, horloge, gestion de la prise péritel, etc.).Aujourd'hui, de nombreux circuits intégrés sont compatibles I²C. Le protocole utilisé est simple et rapide.

- Le poids de l'industrie de l'électronique grand public permis des prix très bas aux nombreux composants.

### 2.7.1. Caractéristiques du bus I2C

Le bus I2C utilise trois fils :

– un fil pour les données (SDA) ;
– un fil pour l'horloge (SCL) ;
– un fil de masse (référence des potentiels).

Il s'agit d'une liaison série synchrone et bidirectionnelle transmettant des mots de huit bits. Le débit est de 100 kb/s en mode standard, de 400 kb/s en mode rapide et de 1 Mb/s en mode très rapide. Les applications du bus I2C concernent donc des domaines où une grande rapidité n'est pas nécessaire.

Les entrées et les sorties sont en collecteur ouvert ou en drain ouvert pour éviter les conflits électriques. Les lignes SDA et SCL doivent donc être munies de résistances de rappel qui imposent un niveau haut au repos. Le nombre de circuits reliés est limité par la charge capacitive maximale des lignes qui vaut 400 pF.

Le bus I2C assure la communication entre un maître (par exemple un microcontrôleur) et un esclave (par exemple une mémoire, un convertisseur numérique-analogique, etc.) identifié par une adresse. Plusieurs maîtres et plusieurs esclaves peuvent être branchés sur le bus, mais le dialogue se fait entre un maître et un esclave. Par exemple, pour connecter une EEPROM ou une RAM à un microcontrôleur classique, il faut relier entre eux les bits de données et les bits d'adresses des différents composants, et, en plus, il faut bien souvent ajouter une logique de sélection.

Avec des composants prévus pour se connecter au bus I²C, il suffit de les relier par deux pistes seulement. Si, par la suite, on souhaite ajouter des composants sur le circuit, le nombre de pistes à ajouter sera vraiment plus réduit .De nombreux fabricants ont adoptés l'I2C, pour des systèmes très variés :

- microcontrôleurs
- expandeurs de bus (entrée/sortie 8 bits)
- convertisseurs A/N et N/A
- mémoires (RAM, EPROM, EEPROM, etc.)
- récepteurs infra-rouge (télécommande RC5)
- capteurs de température
- circuits audio (égaliseur, contrôle de volume, etc.)
- drivers d'affichage LCD ou à LEDs
- etc...

### 2.7.2. Protocole I2C

Le protocole du bus I²C définit la succession des états possibles sur les lignes SDA et SCL, et comment doivent réagir les circuits en cas de conflit.

Pour transmettre des données sur le bus I²C, il faut surveiller deux conditions particulières :

**A) la condition de départ et la condition d'arrêt.**

●Avant de tenter de prendre le contrôle du bus, un circuit doit vérifier que les lignes SDA et SCL sont au repos, c'est-à-dire à l'état haut. Si c'est le cas, le circuit indique qu'il prend le contrôle du bus en mettant la ligne SDA à 0. A partir de ce moment là, les autres circuits savent que le bus est occupé et ils ne devraient pas tenter d'en prendre contrôle. Le circuit qui vient de prendre le contrôle du bus en devient le maître. C'est lui qui génère le signal d'horloge, quel que soit le sens du transfert.

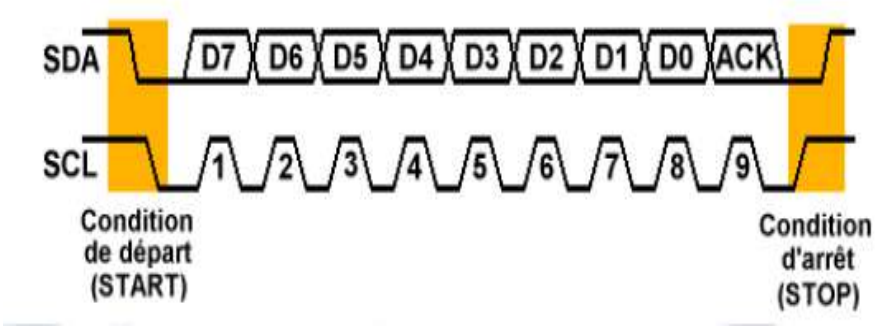


Figure 2.5. la condition de départ et la condition d'arrêt

### B) Transmissions d'un octets

Avant de placer les bits qui forment l'octet à transmettre sur le bus, le maître doit placer la ligne d'horloge SCL à 0.

- Tant que la ligne SCL est au niveau haut, la ligne SDA ne doit pas changer d'état, sinon cette condition sera interprétée comme la condition d'arrêt.

- La condition d'arrêt peut survenir même au milieu de la transmission d'un octet, pour abandonner la transmission et libérer le bus pour les autres circuits.

- Pour transmettre correctement les bits sur la ligne SDA, le maître doit donc tout d'abord placer la ligne SCL à 0.

Ensuite, le maître peut placer la ligne SDA au niveau correspondant au bit à transmettre et replacer la ligne SCL au niveau 1 pour indiquer que le bit présent sur la ligne SDA est valide.

- La même opération va se répéter autant de fois que nécessaire pour transmettre les 8 bits de données. Notez que c'est le bit de poids fort qui est transmis en premier.

- Une fois les 8 bits transmis, le circuit qui vient de recevoir les données doit imposer un bit d'acquittement ACK sur la ligne SDA. Pour imposer un bit d'acquitement, pendant que la ligne SCL est au niveau bas, le maître place sa propre sortie au niveau haut, tandis que le récepteur (aussi appelé l'esclave) place sa sortie au niveau bas.

- Puisque les sorties sont à collecteur ouvert, la ligne SDA restera au niveau bas à cause de l'esclave. Le maître relit ensuite la ligne SDA une fois qu'il a passé la ligne SCL au niveau haut :

Si la valeur lue pour le bit ACK est 0, c'est que l'esclave s'est bien acquitté de l'octet reçu, sinonc'est qu'il y a une erreur et le maître doit générer la condition arrêt.

Si le bit R/W précédemment envoyéétait à '0', cela signifie que le maître doit transmettre un ou plusieurs octets de données.

- Après chaque bit ACK valide, le maître peut continuer d'envoyer des octets à l'esclave ou bien il peut décider de terminer le dialogue par une condition d'arrêt.

### C) Transmissions d'une adresse

Le nombre de composants qu'il est possible de connecter sur un bus I²C étant largement supérieur à deux, le maître doit pouvoir choisir quel esclave est censé recevoir les données.

- Dans ce but, le premier octet que transmet le maître n'est pas une donnée mais une adresse. Le format de l'octet d'adresse est un peu particulier puisque le bit de poids le plus faible est réservé pour indiquer si le maître demande une lecture à l'esclave ou bien au contraire si le maître impose une écriture à l'esclave

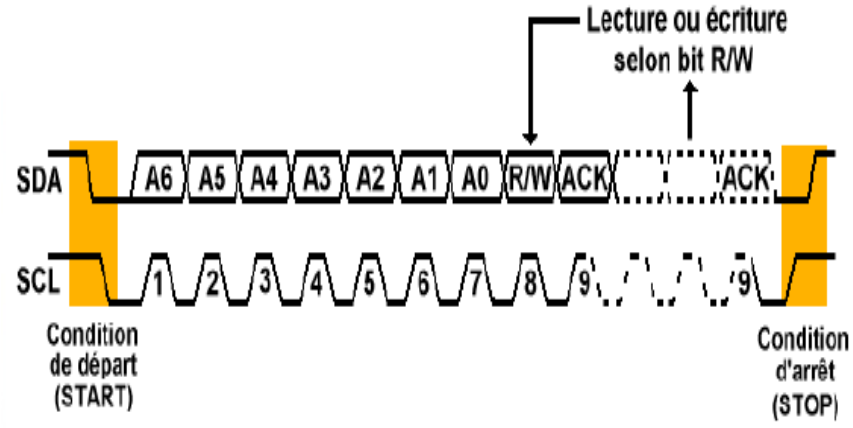



Figure 2.6. Transmissions d'une adresse

Chaque circuit connecté au bus I²C possède une adresse, qui doit être unique. Une fois l'adresse envoyée sur le bus,l'esclave concerné doit répondre en plaçant le bit ACK à '0'.

- Si le bit ACK vaut '1', le maître comprend qu'il y a une erreur de sélection et il génère la condition arrêt.
- En revanche, si le bit ACK vaut '0', le maître peut continuer les opérations.

### D) Ecriture d'une données

Si le bit R/W précédemment envoyéétait à '0', cela signifie que le maître doit transmettre un ou plusieurs octets de données.

●Après chaque bit ACK valide, le maître peut continuer d'envoyer des octets à l'esclave ou bien il peut décider de terminer le dialogue par une condition d'arrêt.




Figure 2.7. Ecriture d'une données

### E)Lecture d'une donnée

Si le bit R/W transmis en même temps que l'adresse est à '1', cela signifie que le maître veut lire des données issues de l'esclave.

●C'est toujours le maître qui va générer le signal d'horloge SCL. En revanche, après le bit ACK de l'adresse, c'est l'esclave qui va garder le contrôle de la ligne SDA.

● Pour cela, le maître va placer sa propre sortie SDA au niveauhaut pour permettre àl'esclave de prendre le contrôle de la ligne SDA. L'esclave doit alors scruter la ligne SCL et attendre le niveau bas pour changer l'état de la ligne SDA, faute de quoi le maître détectera une condition arrêt et abandonnera le transfert (l'électronique intégrée dans l'esclave se doit de détecter aussi qu'il y a eu une condition arrêt, bien entendu). Après que l'esclave a transmis les 8 bits de données, c'est le maître, cette fois-ci, qui va générer un bit d'acquittement.

● Si le maître désire lire des octets supplémentaires, il placera le bit d'acquittement à '0'.

- En revanche, si le maître décide que la lecture est terminée, il placera le bit ACK au niveau '1'. L'esclave comprendra alors que le transfert est terminé. ▪ Cette fois-ci, bien que le bit ACK soit au niveau '1', cela ne correspond pas à une condition d'erreur mais à une fin de transfert.

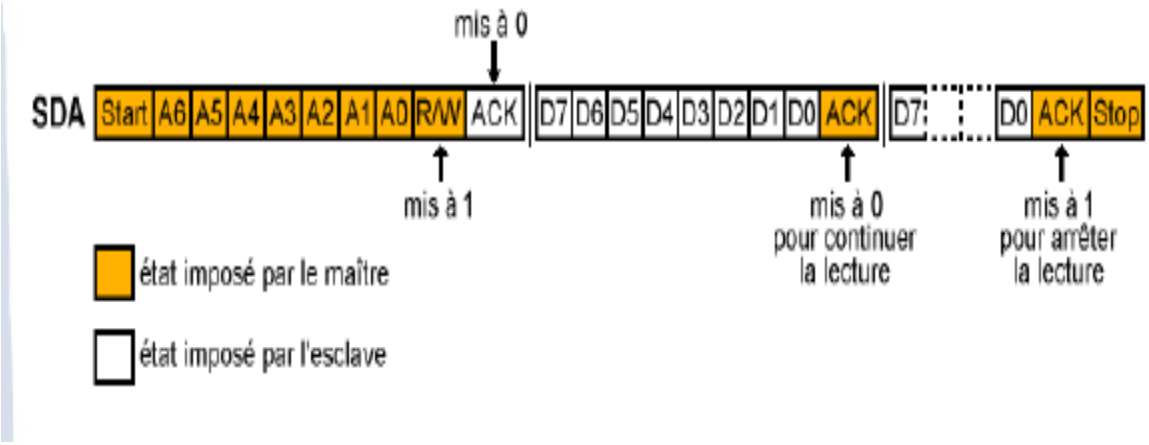



Figure 2.8. Lecture d'une donnée

**F) Restart**

- Il est possible d'enchaîner écriture et lecture de l'esclave sans avoir à passer par une condition arrêt.

- Par exemple, dans le cas de la lecture d'une RAM, le maître commence par envoyer l'adresse du composant avec le bit R/W positionné sur l'écriture ('0').

- La RAM adressé, elle renvoie ACK = 0. Ensuite, le maître transmet l'adresse interne de la case mémoire demandée. Une fois encore, l'esclave répond par ACK = 0. Le maître envoie alors à nouveau une condition de départ (sans passer par une condition d'arrêt), puis de nouveau l'adresse du composant sélectionné mais en plaçant le bit R/W sur la position lecture ('1').

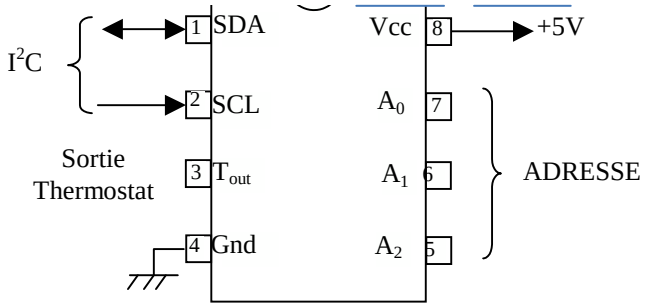
- L'esclave va répondre par ACK = 0 et enchaîner par la transmission du contenu de la case mémoire demandée.

● C'est toujours le maître qui impose l'horloge SCL mais c'est l'esclave, en l'occurrence la RAM, qui contrôle la ligne SDA. Une fois les 8 bits de données transmis par la RAM, si le maître veut lire le contenu de la case mémoire suivante, il placera le bit ACK au niveau '0'. Dans ce cas, la RAM recommence la lecture avec la case mémoire suivante.

En revanche, si le maître souhaite en terminer avec la lecture, il placera le bit ACK au niveau 1 et il générera ensuite la condition arrêt.

### 2.8. Capteur thermique DS1621

#### 2.8.1. Brochage du DS1621




Tout dialogue du Maître avec un DS1621 esclave doit débuter par l'envoi d'un mot de contrôle.

#### 2.8.2. Mot de contrôle

| 1 | 0 | 0 | 1 | $A_2$ | $A_1$ | $\overline{A_0}$ | R/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

$Adresse A_0, A_1, A_2$ Pins:5,6et 7

1=Lecture
0=Ecriture

#### 2.8.3. Commande

Le maître envoi ensuite une commande, suivie ou non de données.

| Commande (enhexa) | D |
|---|---|
| A | Accès au registre de configuration (lecture ou écriture). |
| E | Début de conversion. |
| 2 | Arrêt conversion. |
| A | Lecture de la température.DS1621 renvoi 2octets. |
| A | Lecture ou écriture du seuil haut du thermostat:TH. |
| A | Lecture ou écriture du seuil bas du thermostat:TL. |

Les commandes AC, EE et 22 ne sont pas suivie de l'envoi de données. Par contre la commande AA est suivie de l'envoi par le DS1621de 2 octets représentant la température. Les commandes A1etA2 sont suivies elles aussi de 2 octets envoyés par le maître dans le cas d'une écriture des seuils du thermostat ou bien retournés par le DS1621 dans le cas d'une lecture.

### 2.8.4. Format des octets température

**MSB:** Nombre signé donnant la température entre +125°et-55°C.

**LSB:** Seul le bit 7 de cet octet est significatif. Si "1" température MSB +0,5°C

**Rappel nombre signé:**

Un nombre positif est codé normalement en BCD avec les 7 premiers bits. Le MSB est toujours à "0". On peut donc coder de 0 à + 127.

Un nombre négatif aura toujours le MSB à "1". Pour le coder on prend le complément à 2 du nombre sans signe et on ajoute "1".

**Exemple**: codage de -25

25= 00011001

Complément à 2 de 25 = 11100110

Ajout de +1= 00000001

-25= 11100111

Autre méthode: Le bit 7 vaut $-2^7$ soit -128. Les autres bits sont inchangés ($2^0$=1, $2^1$=2, $2^2$=4,.....$2^6$=64).

Un nombre positif as on bit 7 à "0".Un nombre négatif a ce bit 7 à "1". On vérifie que 25 est bien -128 (bit7 à "1") + 103(1+2+4+32+64).

**Codage des valeurs:**

h'3F'= 01111111= +127

h'01'= 00000001= +1 h'00' = 00000000= 0 h'FF'= 11111111= -1

h'81'= 10000001= -127 h'80'= 10000000= -128

### 2.8.5. Registre de configuration

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DONE | THF | THL | NVB | 1 | 0 | POL | ONE SHOT |

**DONE:**"1" = conversion finie. "0" = conversion en cours. En mode 1 SHOT uniquement. **THF:**Flag seuil haut du thermostat. Passe à "1"et y reste si température supérieure à TH.

**TLF:**Flag seuil bas du thermostat. Passe à "1" et y reste si température inférieure à TL.

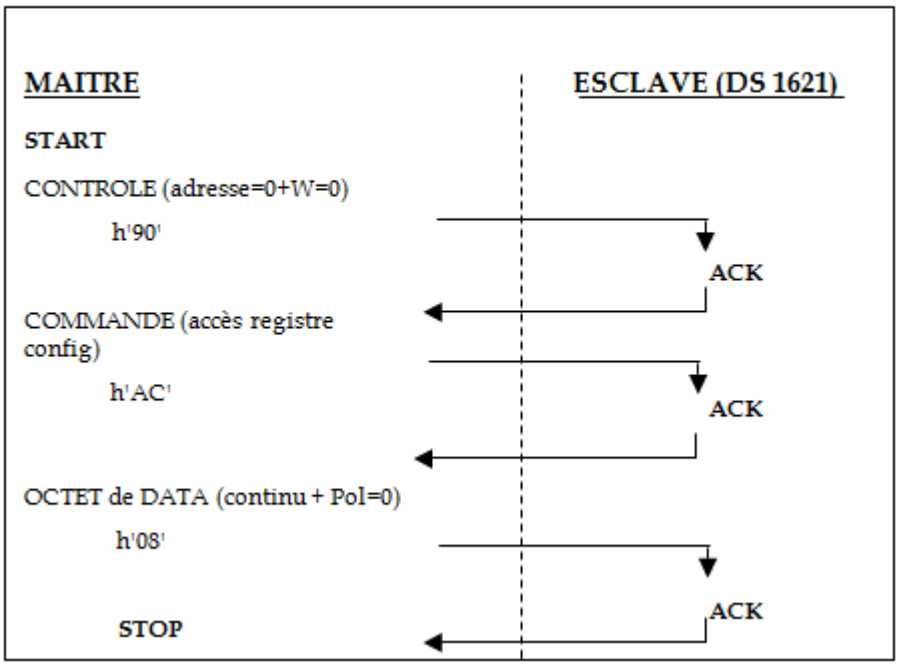
**NVB:**"1" = mémoire EEPROM en écriture. "0" = mémoire EEPROM écriture terminée.

**POL:**Polarité de $T_{out}$(pin 3). "1" = actif sera un niveau HAUT. "0"= actif sera un niveau BAS.

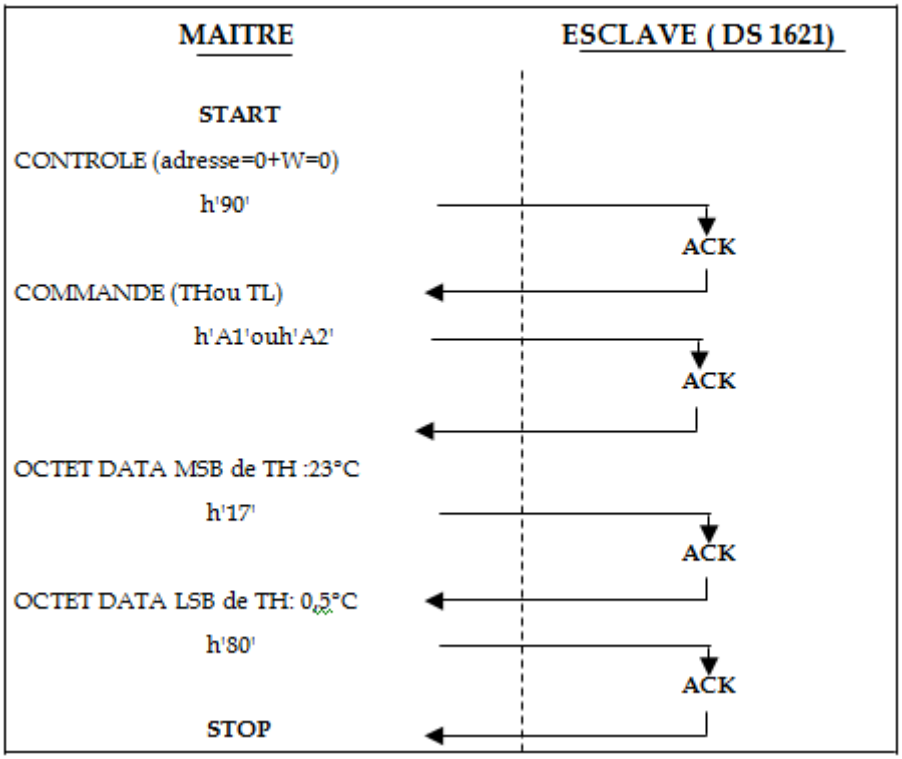
**ONESHOT:**"0"=conversionencontinu. "1" = conversion 1 fois.

### 2.8.6. Dialogue entre pic16F876 et DS1621

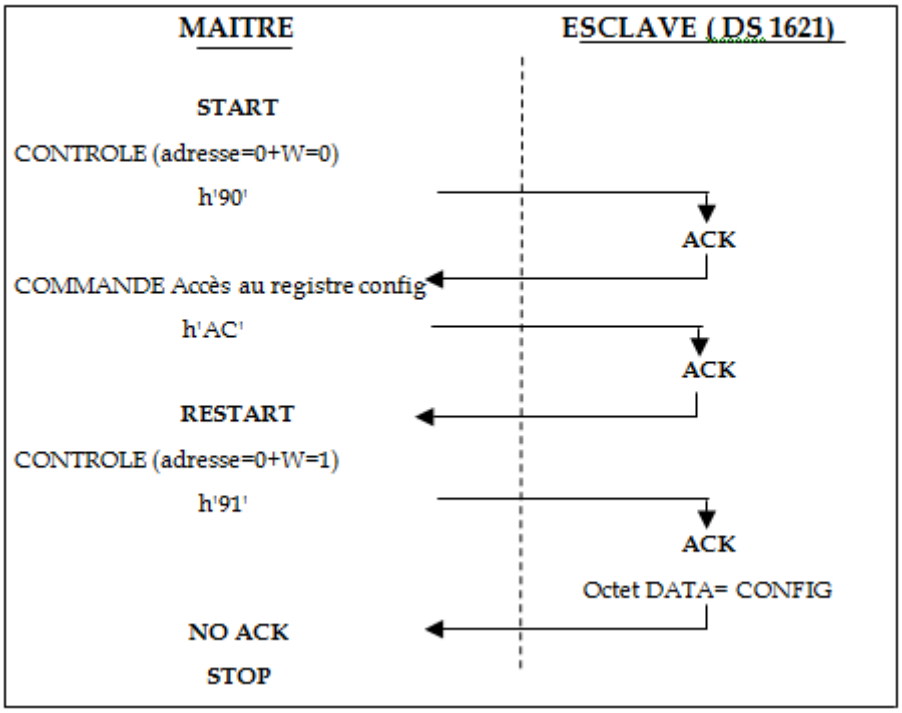
**ECRITURE CONFIGURATION (1 octet)**



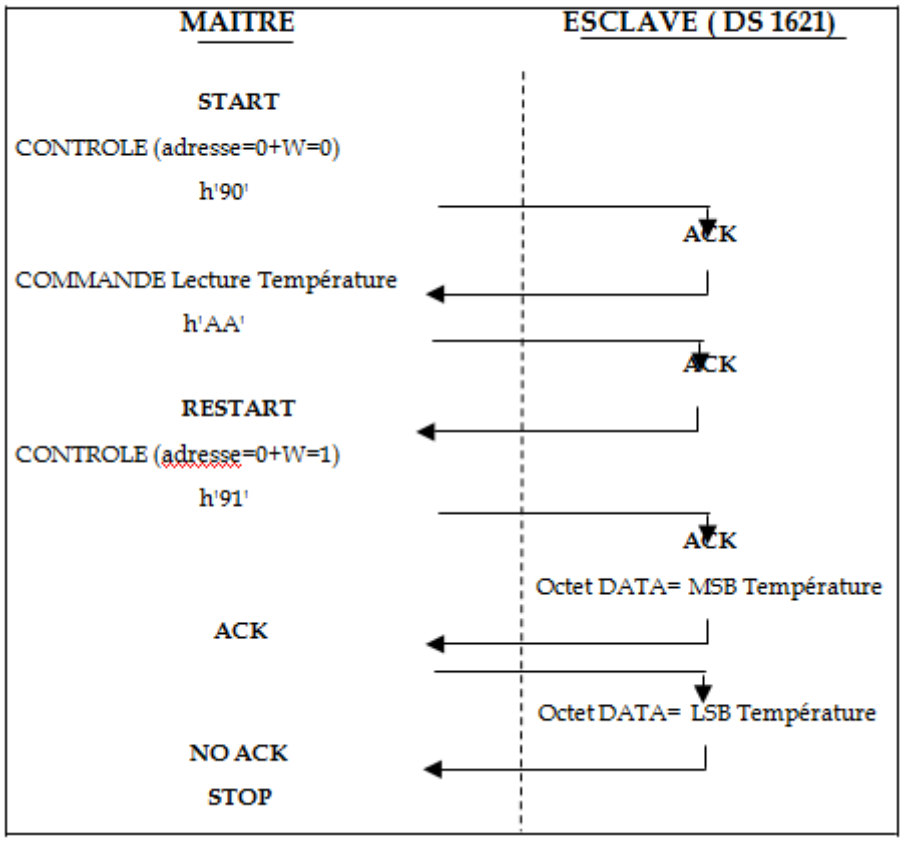

**ECRITURE des SEUILS TH et TL (2 octets)**



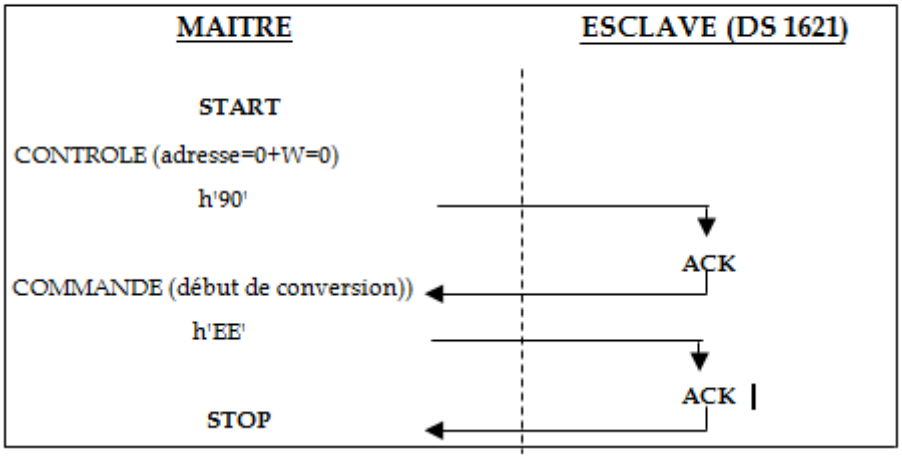
**LECTURE DU REGISTRE DE CONFIGURATION (1 octet)**




**LECTURE de la TEMPERATURE ou des SEUILS TH et TL (2 octets)**



**ECRITURE d'une COMMANDE (début ou arrêt conversion)**




## 2.9. Conclusion

Ce chapitre est consacré à la présentation du microcontrôleur tout en illustrant ces différentes caractéristiques afin de mieux l'exploiter. Le microcontrôleur 16F876A peut jouer le rôle d'une unité de contrôle pour notre système. Pour fonctionner l'unité de contrôle, il faut la programmer et l'adapter à un compilateur de programmation.

Ensuite on a décrit le BusI2C**,** ces caractéristiques et le protocole de fonctionnement (Transmission d'une

# Chapitre 3

## Simulation et réalisation de la commande

# Chapitre 3 :

# Simulation et réalisation de la commande

## 3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons une description détaillée pour la réalisation de la carte qui commande Dans ce chapitre on va présenter le montage électronique et on va l'étudier et le simuler et réaliser ainsi la partie pratique Maintenant, nous pouvons passer à la conception puisque le composant le plus important dans notre système nous est déjà familier.

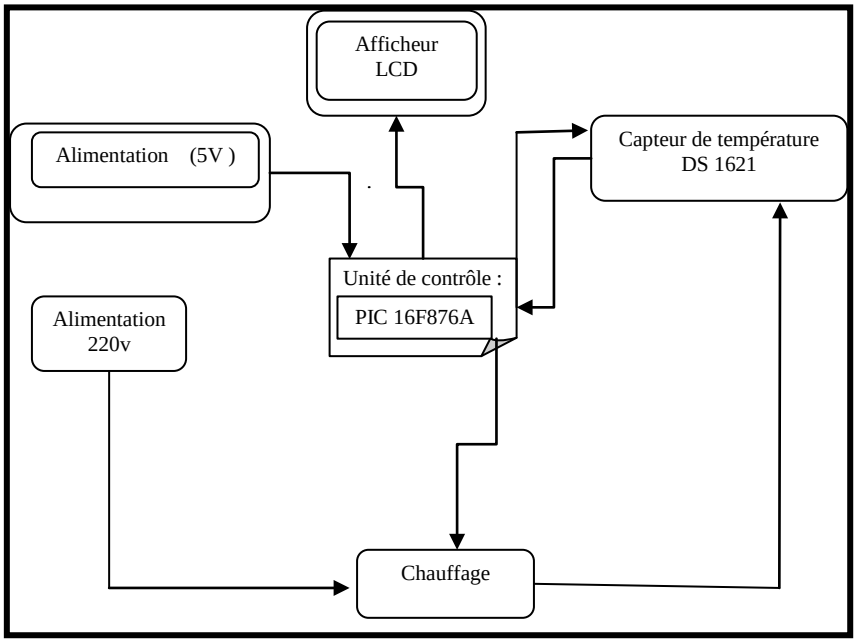



Figure 3.1. Schéma synoptique

## 3.2. Les différentes étapes de réalisation de la carte éléctronique

### 3.2.1. Montage électronique

Le cahier de charge nous impose la réalisation D'un système d'asservissement de la température utilisée pour un système d'emboutissage des matières plastiques.

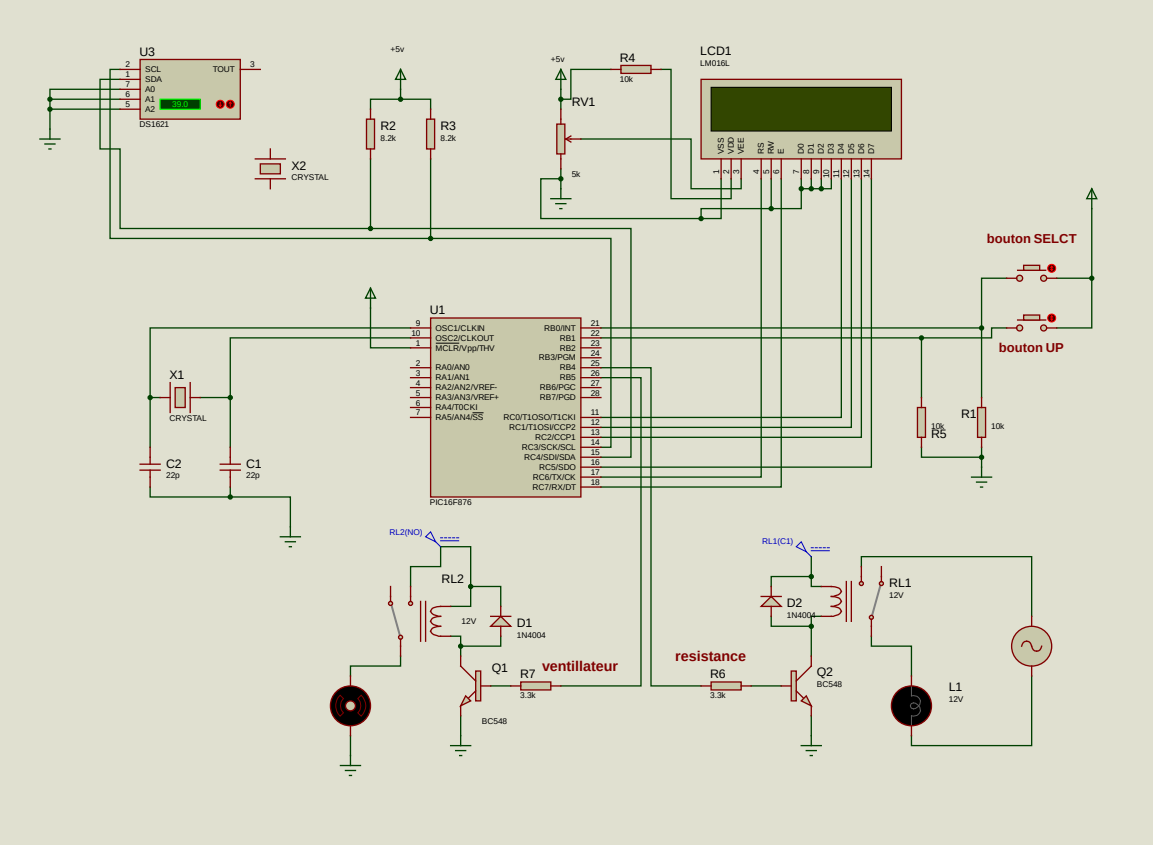



Figure 3.2. schéma électronique global sur ISIS

### 3.2.2. Brochage du quartz

On trouve le quartz, qui peut être remplacé par un résonateur ou par un simple réseau RC. Les condensateurs de découplage, du fait de la fréquence plus importante du quartz utilisé, sont de valeur environ 15pF.

La tolérance sur ces composants permet d'utiliser d'autres valeurs.

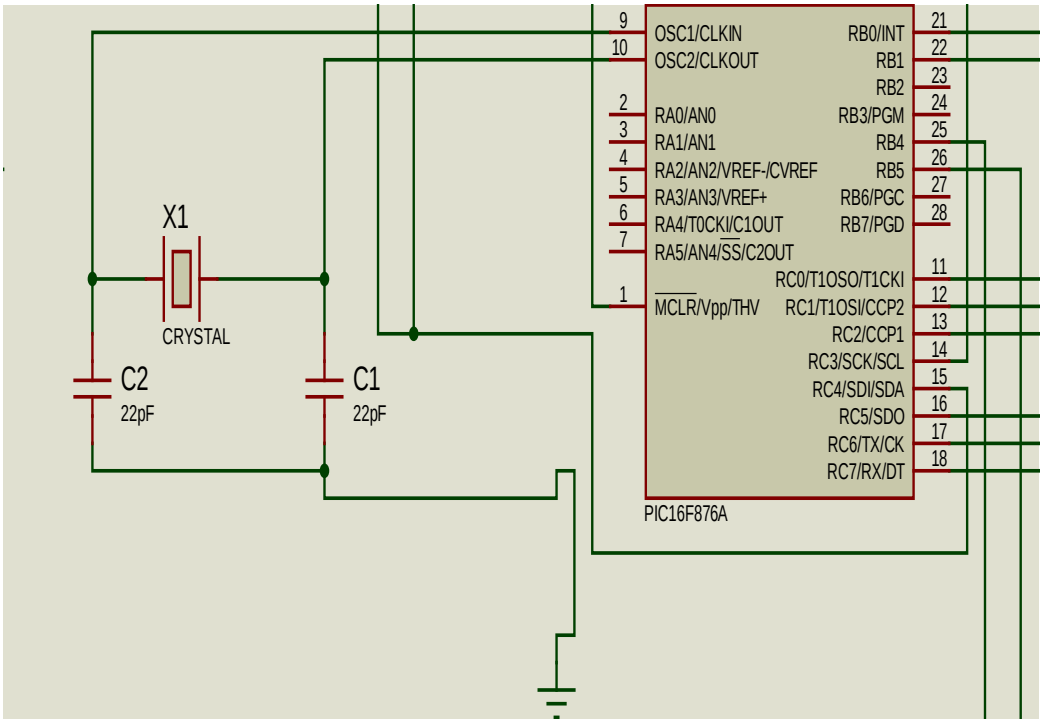



Figure 3.3. Brochage du quartz

-OSC1 /CLKIN ,OSC2/CLKOUT

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

### 3.2.3. Afficheur LCD

Dans notre carte on est a besoin d'un afficheur LCD, 02 lignes et 16 colonnes est utilisé comme interface de sortie pour notre

Application sur une ligne est affichée la température consigne ,alors que sur l'autre c'est la température réelle qui s'affichera

## 3.3. 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 (D4à D7) de l'afficheur sont utilisés pour transmettre les données et les lires.

En connecte les pins RC0,RC1,RC2et RC5 de Pic avec les pins D4 ,D5,D6,D7 de l'afficheur qui sert pour le transfert de données/controles.

Les pins (D0 à D3) de l'afficheur sont reliés à la masse.

La ligne E reliée avec la ligne RC7 de pic qui sert à générer les impulsions du pic vers l'afficheur.

La ligne RS relié avec RC6 du pic qui indique une commande ou une donnée.

La ligne R/W de l'afficheur est relié à la masse pour ne valider que l'écriture.

La ligne Vee de l'afficheur reliée à une résistance variable RV1=5k ohms qui règle la luminosité du LCD.

La ligne Vdd de l'afficheur est directement reliée au VDD

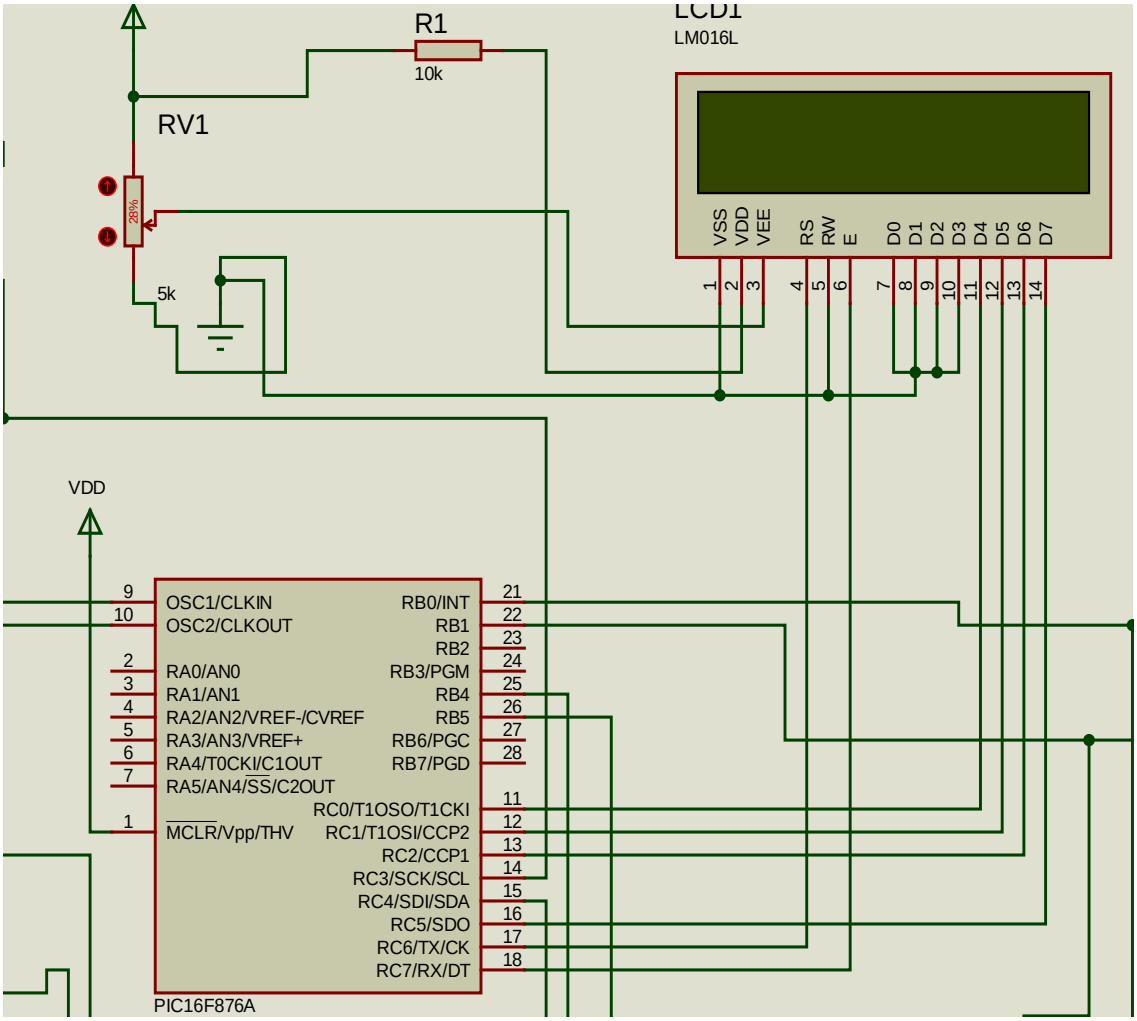



Figure 3.4. Interconnexions pic et LCD

## 3.4. Interconnexions PIC ET DS1621

Le DS 1621 et un circuit basé sur la communication I2C , ce qui nous oblige à connecter les lignes SDA et SCL de ce circuit avec celle du PIC

La ligne SDA de DS1621 bronché à la RC3(SCL) de PIC.

La ligne SCL de DS1621 bronché à la RC3(SDA) de PIC.

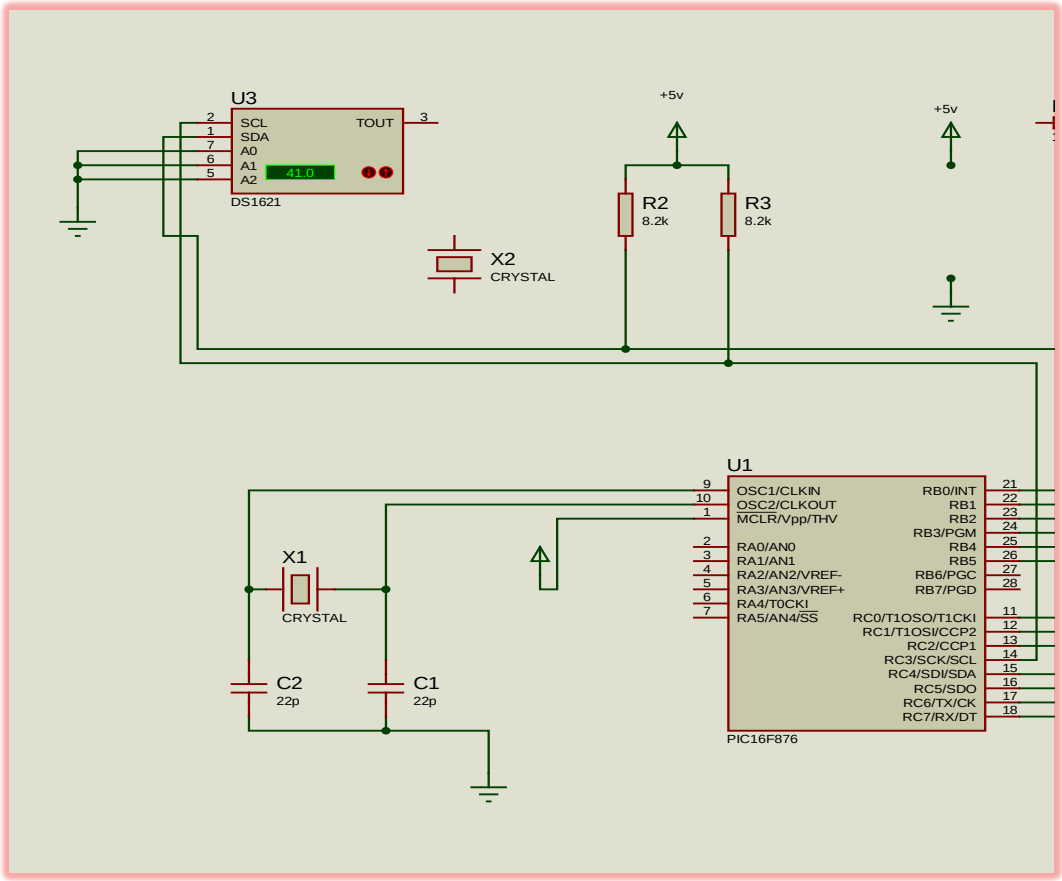



Figure 3.5. Interconnexions PIC ET DS1621

## 3.5. Interface commande puissance

Dans notre application nous avons utilisé un relais piloté via des transistors de commande, des diodes de roue libre sont montées aux bornes des relais pour la protection de ces derniers. Des résistances liés à la base des transistors pour les protéger contre le sur intensité comme il est indiqué sur la figure ci dessous

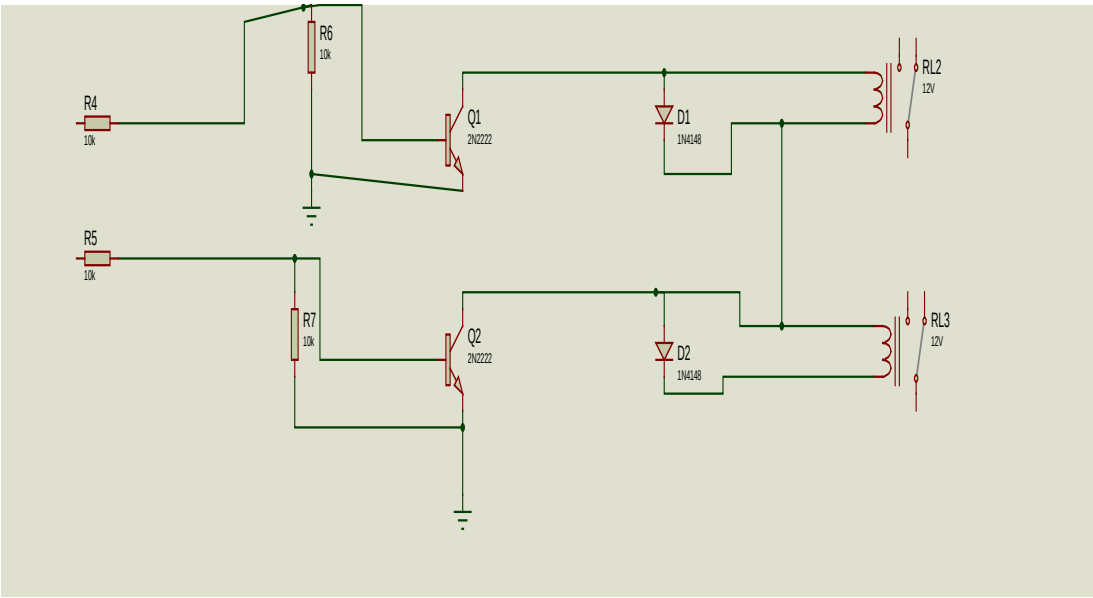



Figure 3.6. Interface commande puissance

Afin de pouvoir changer ou régler les paramètres de température, nous avons prévu deux boutons poussoirs, un bouton est utilisé pour la sélection du paramètre à régler sur la première ligne (température consigne), alors que la deuxième permettra l'incrémentation du paramètre jusqu'à atteindre la valeur désirée.

## 3.6. Déroulement du programme

### A. Fonctionnement

En mode réglage, deux boutons poussoirs sont dédiés à ce mode ,le premier dit 'select' et le deuxième dit 'up'.

Le réglage est fait sur la première ligne de l'afficheur, les trois premiers enfoncements du bouton 'select' permettent le passage entre les paramètres de température consigne (dizaine/unité/résolution).

Le quatrièmes enfoncement permet le retour au mode contrôle (lectures la température du DS 1621 ,puis comparaison et actionnement du chauffage)

L'enfoncement sur le Bouton Up permet de réglage des différents paramètres de la température consigne.

### B. Programmation et simulation de la carte

***-Programmation du PIC sur Mikropascal* :**

- Première étape : Edition du projet
- Deuxième étape : Saisie du programme

a- Les différents variables globaux de programme.

b- Connexion I2C avec le pic

```
/ connexion du bus I2C

var Soft_I2C_Scl     : sbit at RC3_bit;
    Soft_I2C_Sda     : sbit at RC4_bit;
    Soft_I2C_Scl_Direction :sbit at TRISC3_bit;
    Soft_I2C_Sda_Direction :sbit at TRISC4_bit;
```

c - connexion LCD avec le PIC

```
Connexion de l'afficheur LCD
var LCD_RS : sbit at RC6_bit;
LCD_EN :sbit at RC7_bit;
    LCD_D4 :sbit at RC0_bit;
    LCD_D5 :sbit at RC1_bit;
    LCD_D6 :sbit at RC2_bit;
    LCD_D7 :sbit at RC5_bit;
    // direction
LCD_RS_Direction :sbit at TRISC6_bit;
LCD_EN_Direction :sbit at TRISC7_bit;
    LCD_D4_Direction :sbit at TRISC0_bit;
    LCD_D5_Direction :sbit at TRISC1_bit;
    LCD_D6_Direction :sbit at TRISC2_bit;
    LCD_D7_Direction :sbit at TRISC5_bit;
```

c- Lecture de la température

```
begin
    Soft_I2C_Start();
    Soft_I2C_Write(0x90);
    Soft_I2C_Write(0xAC);
    Soft_I2C_Write(0X09);
    Soft_I2C_Write(0xD1);
    Soft_I2C_Stop();
    Soft_I2C_Start();
    Soft_I2C_Write(0X90);
    Soft_I2C_Write(0xEE);
    Soft_I2C_Stop();

     Soft_I2C_Start();
     Soft_I2C_Write(0x90);
     Soft_I2C_Write(0xAA);
     Soft_I2C_Start();
     Soft_I2C_Write(0x91);
temp_H:=soft_I2C_read(1);
temp_L:=soft_I2C_read(0);
Soft_I2C_Stop();
```

```
if (temp_H>=REF)      then
begin
        RB4_bit:=0;
        RB5_bit:=0;
end;


if (temp_H<REf    ) then
begin
        RB4_bit:=1;
        RB5_bit:=1;
end;
```

- Troisième étape : Compilation
- Quatrième étape : Simulation

La simulation du programme peut se faire facilement avec le logiciel ISIS.

***-Simulation sur ISIS***

***. Organigramme***

L'organigramme est un diagramme qui se lit à différents niveaux. Ici, le système est abordé de deux points de vue différents.

L'écriture du programme ainsi que sa mise au point doivent suivre le diagramme suivant :

# Les photos de la réalisation

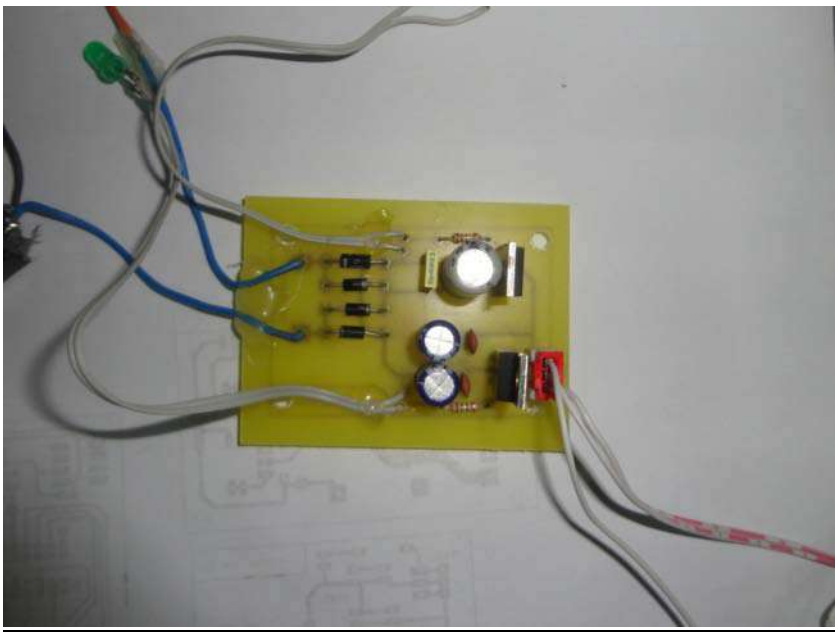


Figure 3.7. L'Alimentation



Figure 3.8. La carte mère

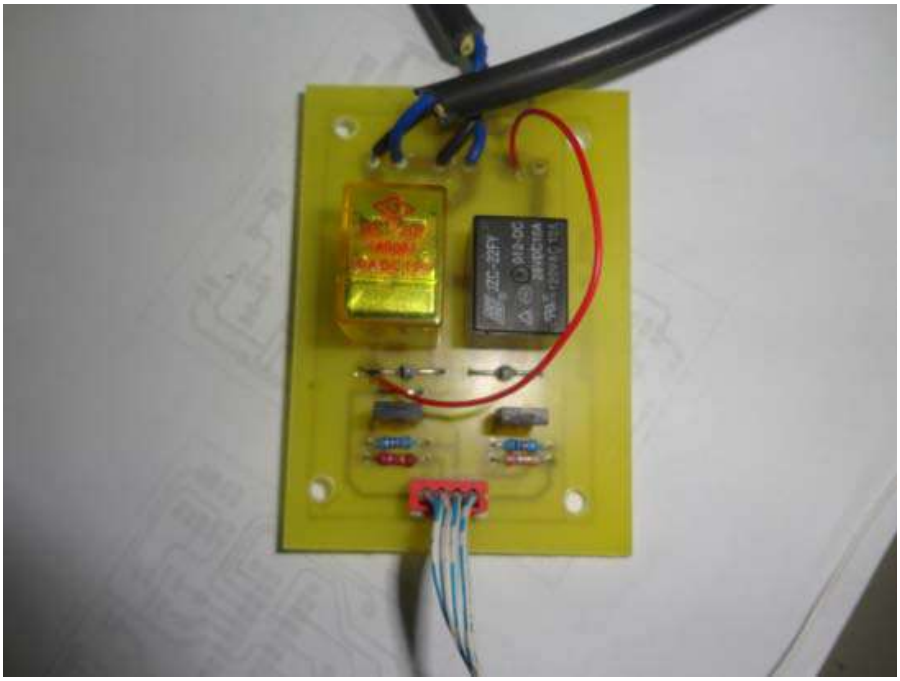


Figure 3.9. La partie de la puissance



Figure 3.10. Schéma globale

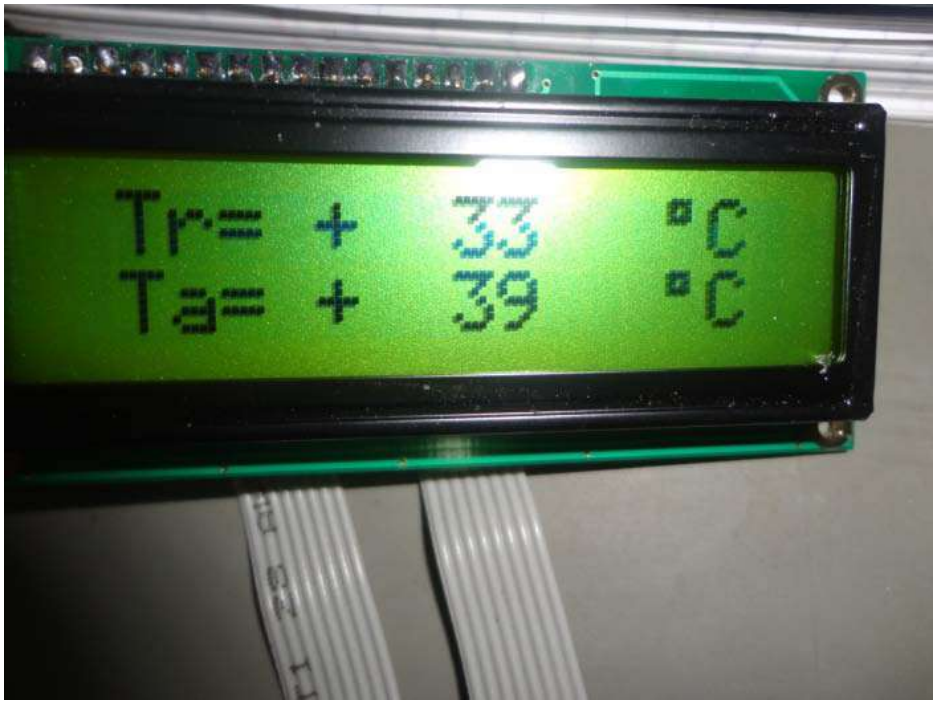



Figure 3.11. L'Affichage de la température

## 3.7. Conclusion

Ce chapitre a exposé la méthodologie d'analyse hiérarchique et les différentes étapes pour la réalisation de la commande. La mise en marche et les tests effectués par l'utilisation de la carte électronique de commande ont montré qu'il est possible de varier la température de la résistance chauffante dans l'intervalle [de 0 c° à 130 C°].Cet intervalle est suffisant pour l'opération d'emboutissage des matières plastiques.

# Conclusion générale

# Conclusion générale

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

Lors de cette manipulation, on a essayé d’asservis la température pour avoir un système thermoformage pour l'emboutissage des pièces plastique.

Ce travail constitue un des multiples aspects de la richesse des applications de l’électronique et mécanique.

L'étude consiste à détailler ainsi qu'à réaliser une carte électronique de commande à base d’un microcontrôleur et un thermomètre numérique intelligent au profit d’une machine d’emboutissage des matières plastiques.

La mise en marche et les tests effectués par l'utilisation de la carte électronique de commande ont monté qu'il est possible de varier la température de la résistance chauffante dans l'intervalle [de 0 c° à 130 C°]. Cet intervalle est suffisant pour l'opération d'emboutissage des matières plastiques.

J’espère que ce projet est suivi par d’autre projet complémentaire par l’ajout des moteurs de la montée et la décente du moule, et du système d’aspiration et refroidissement.

En fait, ce projet a été une source de découverte de plusieurs domaines d’études tels que la programmation des Microcontrôleur et le design des schémas électroniques, sans oublier le savoir-faire dans le domaine électronique qui consiste à réaliser pratiquement les circuits électroniques

# Bibliographie

# Bibliographie

**1**- À propos de la future réglementation européenne sur les additifs des plastiques, Revue Plast Europe, 2001.

**2**-Maurice Reyne, Technologie Des Plastiques, Hermes Science Publications - 23/02/1998

**3**-A Dobraczynski, Précis De Matières Plastiques - Structures-Propriétés, Mise En Oeuvre, Normalisation, Nathan - 10/06/1998

**4**-Rémi Deterre, Introduction Aux Matières Polymères, Tec & Doc Lavoisier - 01/03/1997

**5**-Maurice Reyne, Le Renouveau Des Plastiques, Hermes Science Publications - 1990

**6**-Maurice Reyne, les Plastiques Dans L'emballage - Polymères, Technologie De Mise En Forme, Recyclage, Hermes Science Publications - 01/11/1991

**7**- Loup de Saintonge, Moulage et Thermoformage plastique sous vide pour amateurs et artisans, Edition Loup de Saintonge 2011

**8**- Bert van Dam, 50 applications des microcontrôleurs PIC

**9**-Pascal Mayeux, Apprendre La Programmation Des Pic Mid Range Par L'expérimentation Et La Simulation).

**10**-Warwick A. Smith, Arm Microcontroller Interfacing, Publitronic-Elektor

**11**-Christian Tavernier, Microcontrôleurs Avr : Des Attiny Aux Atmega - Description Et Mise En Œuvre, Dunod - 2013

**12**-Christian Tavernier, Microcontrôleurs Pic 10, 12, 16 - Description Et Mise En Œuvre, Dunod, 14/11/2007.

# Annexe

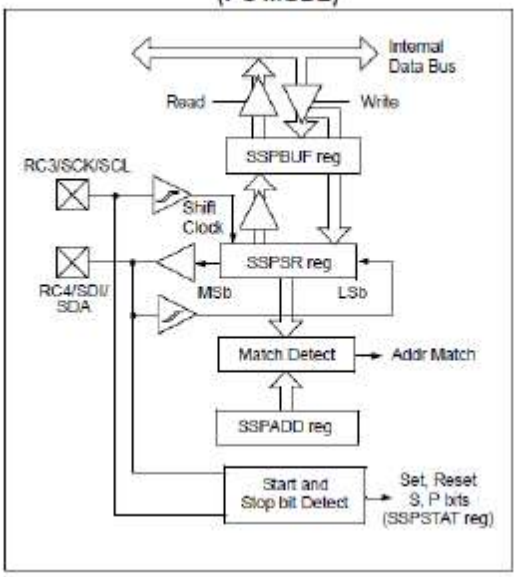
# Module MSSP DU PIC

## MSSP en mode I2C Master

Une sequence de communication est toujours initiée par le master qui commence par envoyerun START bit (SSPCON2.SEN), suivi de l'adresse du slave. L'adresse sera codée seulement sur 7bits, Le LSB qu'on appelle bit R/W permet de préciser le sens de l'échange qui va suivre, R/W=0pour transmission, R/W=1 pour réception. On envoie ou on reçoit les données et on termine lacommunication par un stop bit (SSPCON2.PEN).

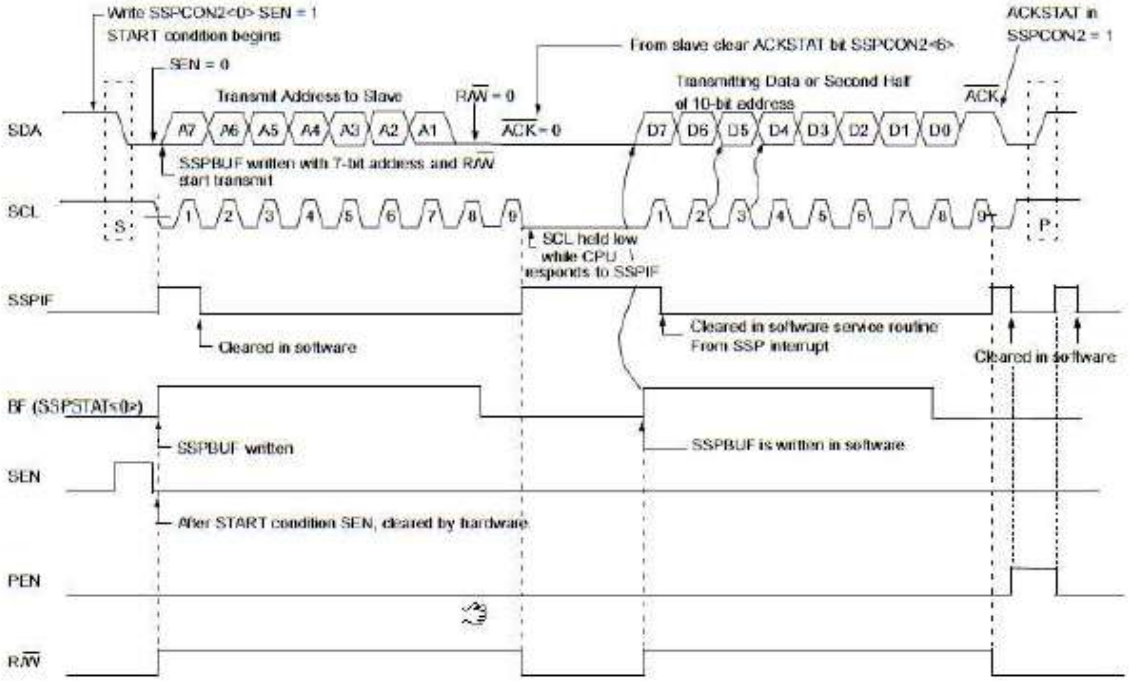
Si l'on désire changer le sens de l'échange avant l'envoi du stop, ce qui évite l'éventualité deperdre la ligne au profit d'un autre master, il faut envoyer un RepeatStart condition suivi del'adresse accompagnée d'un R/W différent

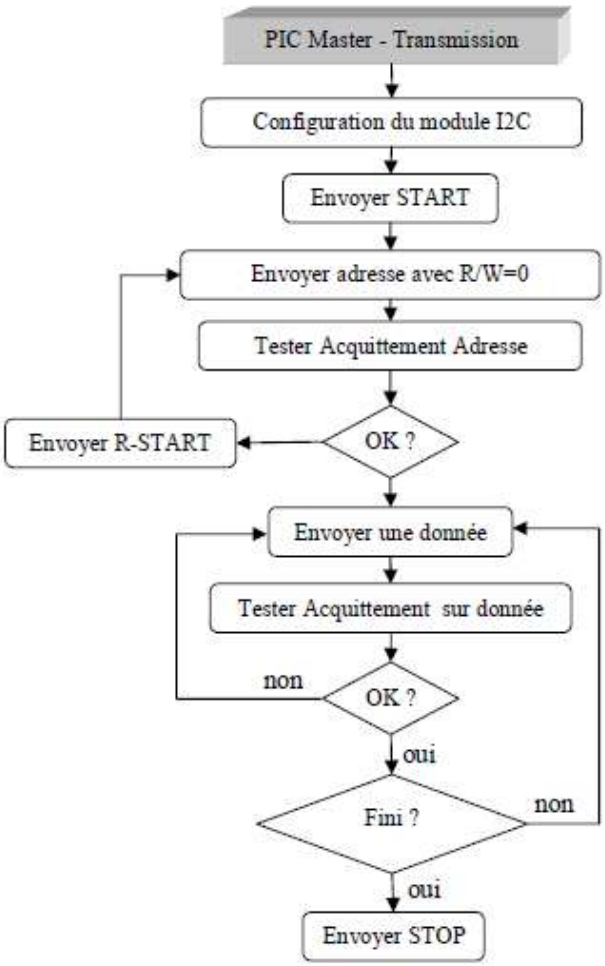
FIGURE 17-7: MSSP BLOCK DIAGRAM ($I^2C$ MODE)



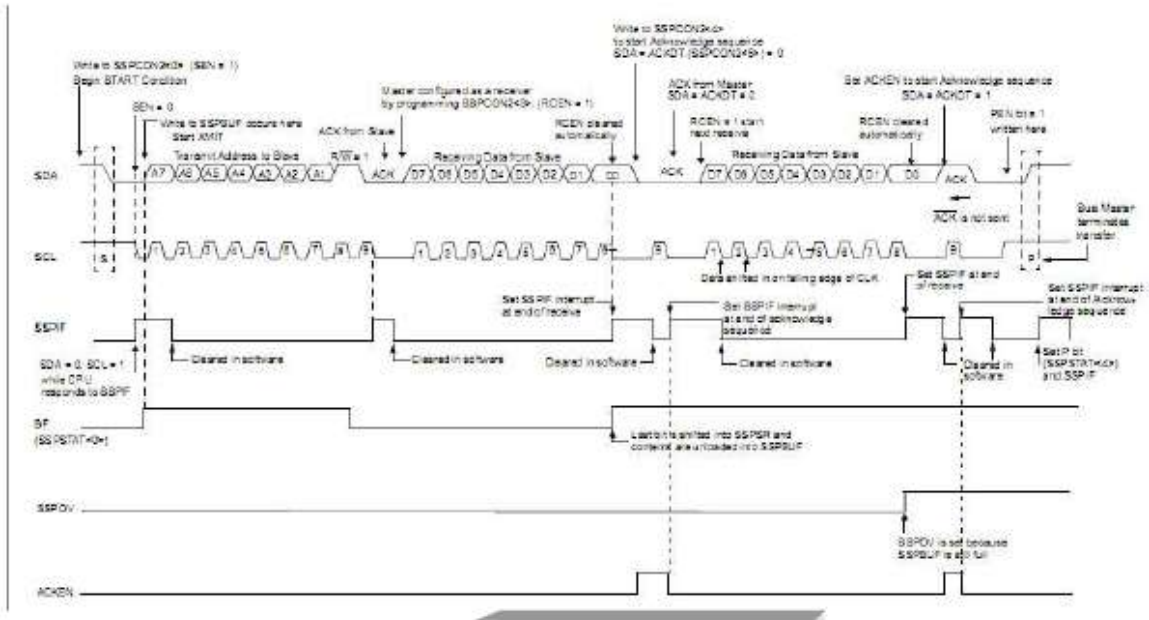
## Master en transmission

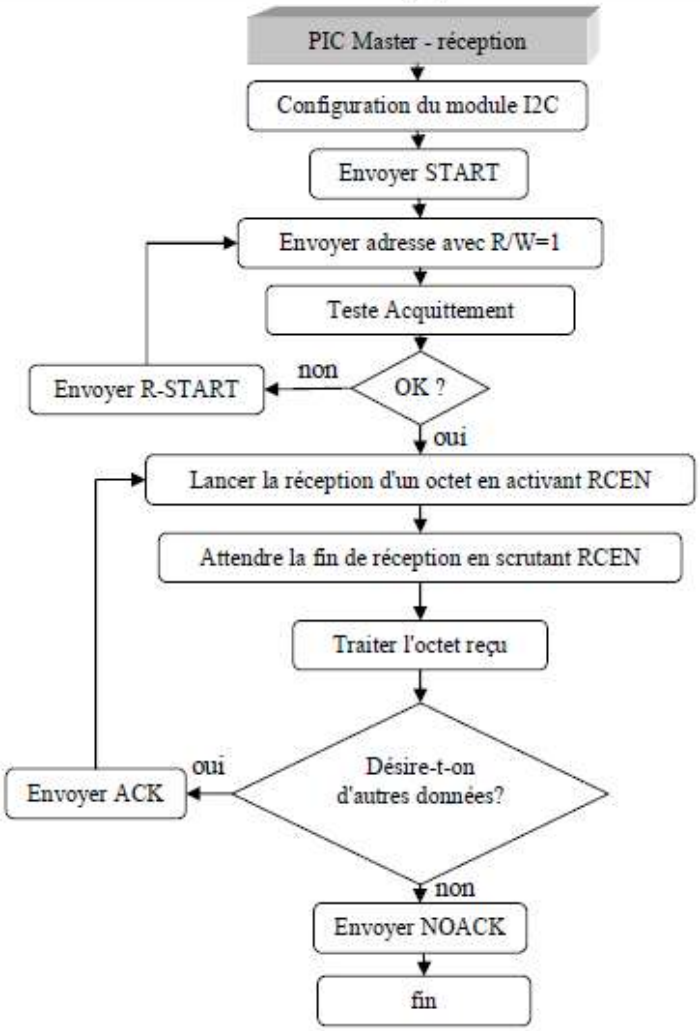
63



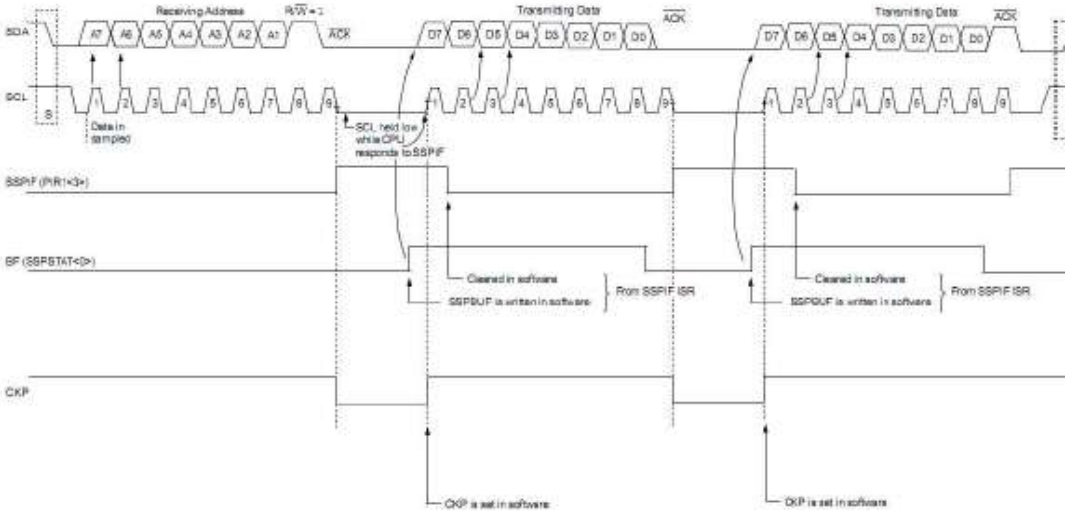



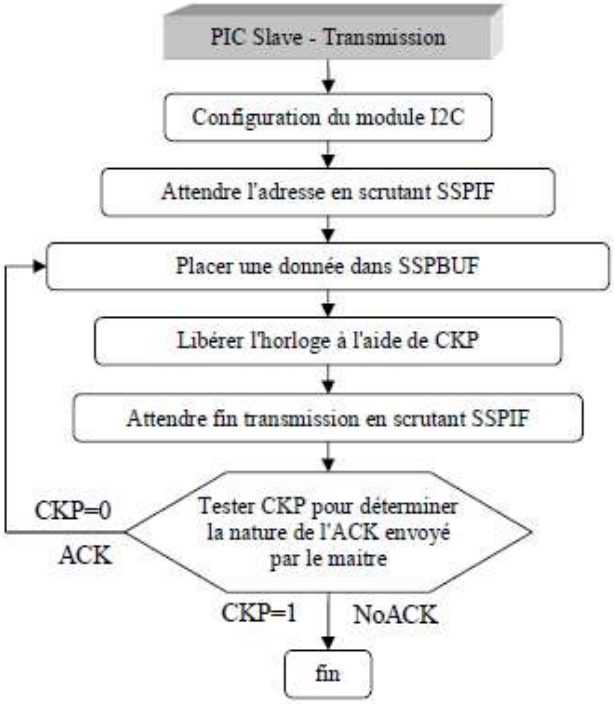
## Master en réception



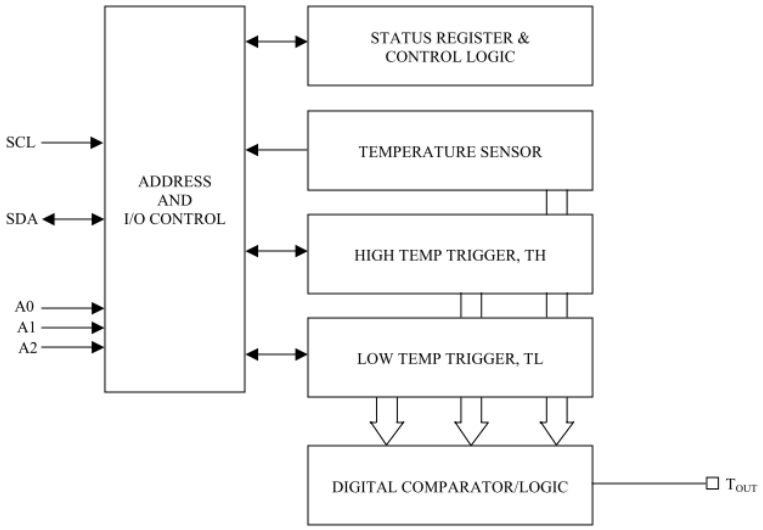
**Slave en transmission de données (vers le master)**



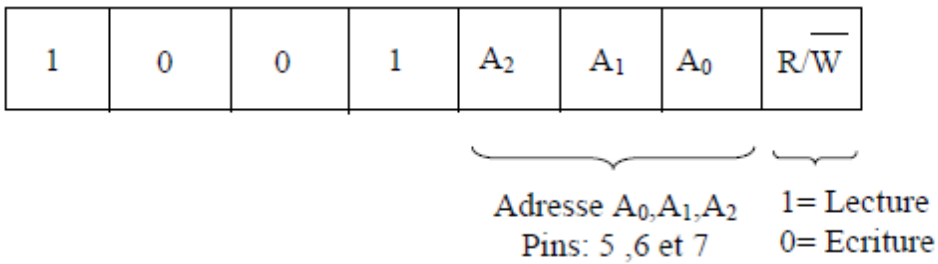
## Capteur de température I2C (DS1621)

Parmi les nombreux dispositifs de lala famille I2c on trouve maintenant le DS1621 (en boitier DIL 8 broches fabriqué par dallas , ce composant intègre toute la chaine de traitement , il suffit alors d'aller consulter les registres internes (selon le protocole I2C) pour lire la température ;une sorte peut changer d'etat logique lorsque la température passa au delà d'un seuil bas ou au delà d'unseuil haut.




Tout dialogue du Maître avec un DS1621 esclave doit débuter par l'envoi d'un mot de CONTROLE.

## Mot de contrôle




**Commande :**

Le maître envoi ensuite une commande, suivie ou non de données.

| COMMANDE(en hexa) | DESCRIPTION |
|---|---|
| AC | Accès au registre de configuration (lecture ou écriture). |
| EE | Début de conversion. |
| 22 | Arrêt conversion. |
| AA | Lecture de la température. DS1621 renvoi 2 octets. |
| A1 | Lecture ou écriture du seuil haut du thermostat : TH. |
| A2 | Lecture ou écriture du seuil bas du thermostat : TL. |

Les commandes AC, EE et 22 ne sont pas suivie de l'envoi de données.
Par contre la commande AA est suivie de l'envoi par le DS1621 de 2 octets représentant la température. Les commandes A1 et A2 sont suivies elles aussi de 2 octets envoyés par le maître dans le cas d'une écriture des seuils du thermostat ou bien retournés par le DS1621 dans le cas d'une lecture.

## Registre de configuration :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DONE | THF | THL | NVB | 1 | 0 | POL | ONE SHOT |

**DONE :** "1" = conversion finie. "0" = conversion en cours. En mode 1 SHOT uniquement.
**THF :** Flag seuil haut du thermostat. Passe à "1" et y reste si température supérieure à TH.
**TLF :** Flag seuil bas du thermostat. Passe à "1" et y reste si température inférieure à TL.
**NVB :** "1" = mémoire EEPROM en écriture. "0" = mémoire EEPROM écriture terminée.
**POL :** Polarité de $T_{out}$ (pin 3). "1" = actif sera un niveau HAUT. "0" = actif sera un niveau BAS.
**ONE SHOT :** "0" = conversion en continu. "1" = conversion 1 fois.

