

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Instrumentation

Thème :

*Mesure de la température du sol à base du bus de communication
IIC*

« Inter Integrated Circuit »

Proposé et dirigé par :

Dr. LAGHROUCHE.M

Présenté par :

Mr. NAIT ALAMARA

MEHDI

Année universitaire 2009/2010

Soutenu le: 07/10/2010.

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes dont je voudrais tout d'abord rendre hommage.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à mon directeur de thèse, M. le Professeur *Yves*, pour ses conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion et pour m'avoir dirigé et aidé afin de mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier spécialement mes parents et en particulier ma chère mère pour son soutien, son encouragement et sa présence tout au long de mon cursus scolaire.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Enfin, Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de cette année.

Dédicaces

A la mémoire de mes oncles et tantes SAÏMANE et DOR
A mes deux grands-mères NOLARA et ZAHIA
A mes chers parents MAKKI OUF et MAÏKKA
A mes chers frères DALILA et son mari DJEDOU et NORA
A mes tantes et sœurs AMRAN, sa tante ROZKA et DABIA, SORAYA et DIDI
et en particulier à mon grand frère « AHMED » .

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.
En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et
chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.
Avec toute ma tendresse.
Sincère gratitude.

A mes petits neveux YASMINE et MASSI , LINA et NOUARA

Meilleurs vœux de succès dans votre vie future.

A tous mes amis et à leurs familles et tous ceux qui ont cru en moi .

A mes camarades et tous ceux du département d'Electronique et à leurs familles

Je dédie ce travail.
MEHDI NAIT ALAMARA

SOMMAIRE

Sommaire	I
Liste des figures	II
Nomenclature.....	III
Bibliographie	IV
Annexe	V

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : Généralités sur la mesure de température

I.1. Introduction.....	2
I.2.Historique du thermomètre.....	2
I.3.Acquisition d'une grandeur physique (Capteurs	2
I.3.1.Généralités	2
I.3.2. Définitions	2
I.3.3. Éléments de métrologie (définitions	3
I.3.4. Les différentes familles des capteurs.....	4
I.3.4.1. Capteurs actifs.....	4
I.3.4.2.Capteurs passifs.....	5
I.3.5.Les capteurs de température	5
I.3.5 .1.Thermomètre à thermocouple	5
I.3.5.2.Les thermistances	6
I.3.5.3.Les capteurs de température à semi conducteur	6
I.3.5.4.Les pyromètres optiques	7
I.3.5.5.Les capteurs de température intelligents	7

Chapitre II : Le bus de communication I2C (Inter Integat Circuit)

II.1.Le bus de communication I2C.....	8
II.1.1.Quelques bus série	8
II.1.2.Etude du bus I2C.....	8
II.1.2.1- Présentation	8
II.1.2.1.1- Historique	8
II.1.2.1.2- Caractéristiques.....	8
II.1.2.1.3- Principe	9
II.1.2.1.4.D'autres bus tri filaires.....	9
II.1.2.2.Le protocole I2C	10
II.1.2.2.1.I2C Glossaire	10
II.1.2.2.2.I2C Câblage	10
II.1.2.2.3.La prise de contrôle du bus.....	11
II.1.2.2.4.Ecriture d'un octet (une donnée).....	11
II.1.2.2.5.Transmission d'une adresse	12
II.1.2.2.6.Lecture d'une donnée.....	13
II.1.2.2.7.I2C points clés d'un échange de base.....	14
II.1.2.2.8.Les deux significations de l'ACK "Acknowledge.....	14
II.1.2.2.9.Les adresses des esclaves	15
II.1.2.2.10.La gestion des conflits	15
II.1.2.2.10.1.Mise en situation	15
II.1.2.2.10.2.Principe.....	15
II.1.2.2.11.Les nouvelles caractéristiques.....	17
II.1.2.2.12.Les adresses réservées	17

Chapitre III : Conception et réalisation du système

III.1.Conception matérielle.....	18
III.1.1.Introduction.....	18
III.1.2.Le schéma synoptique du système	18

III.1.3.Description détaillé du système.....	19
III.1.3.1. Bloc d'acquisition (présentation du capteur de température DS 1621	19
III.1.3.2.Transmission des données avec le DS1621	19
III.1.3.3.Les microcontrôleurs	20
III.1.3.3.1.Introduction	20
III.1.3.3.2. Présentation du PIC 16F877A	20
III.1.3.3.3.Organisation externe du pic 16F877A	21
III.1.3.3.4. Configuration minimale du pic.....	22
III.1.3.4.L'afficheur LCD	23
III.1.3.4.1. Le brochage de l'afficheur LCD	23
III.1.3.4.2.Fonctionnement de l'afficheur LCD.....	24
III.1.4.La liaison RS232	24
III.1.4.1.Communication série asynchrone a travers le port série RS232	24
III.1.4.2.Protocole de transmission	25
III.1.4.3. Principe d'adaptation PIC- RS232.....	26
III.1.4.4.Alimentation.....	28
III.2.Conception logicielle.....	29
III.2.1-Les organigrammes	29
III.2.1.1.Organigramme d'initialisation	29
III.2.1.2.Organigramme du déroulement du programme principal.....	29
III.2.1.3.Organigramme d'interruption du timer_1	30
III.2.1.4.Organigramme d'émission/réception série par RS232	31
III.2.2.Ecriture et transfert du programme dans le PIC.....	31
III.2.2.1.Utilisation du logiciel CCS	31
III.2.2.2.WinPic800_3.55G	35
III.2.2.3.Affichage sur micro ordinateur	35
III.2.2.3.1.Présentation de l'environnement DELPHI 7.....	35
III.2.2.3.2.Description du logiciel DELPHI7	36
III.2.2.3.2.1.L'écran de Delphi	36
III.2.2.3.2.2.La barre d'outils (paramétrable	36
III.2.2.3.2.3.La palette des composants	37
III.2.2.3.2.4.L'inspecteur d'objets.....	37
III.2.2.3.2.Programmation sous DELPHI.....	38

III.2.2.4.Réalisation pratique	38
III.2.2.4.1.Circuit imprimé de la carte de commande	38
III.2.2.4.1.1. L'insolation	38
III.2.2.4.1.2. La gravure.....	38
III.2.2.4.1.3. Le perçage	38
III.2.2.4.1.4. Implantation des composantes de la carte de commande.....	39
Conclusion générale	41

Figure-1- : Exemple d'un capteur dans une chaîne d'acquisition.....	3
Figure -2- : Effet thermoélectrique (capteur actif	5
Figure -3- : Structure d'E/S d'un module I2C	9
Figure -4- : I2C câblage10	
Figure -5- : Condition de départ et d'arrêt.....	11
Figure -6- : Exemple de transmission réussie.....	11
Figure -7- : Trame de base : Ecriture d'un octet	12
Figure -8- : Exemple d'octet d'adresse	12
Figure -9- : Exemple de lecture d'une donnée	13
Figure -10- : Trame de base : Lecture d'un octet	13
Figure -11- : Trame de base : état d'attente	14
Figure -12- : Schéma I2C arbitrage	16
Figure -13- : Schéma synoptique du système.....	18
Figure -14- Hystérésis (cas thermostat	19
Figure -15- : Configuration du pic 16F877A	20
Figure -16- : Brochage du pic 16F877A.....	21
Figure -17- : Configuration minimale du PIC 16F877A.....	23
Figure -18- : Câblage de l'afficheur LCD	24
Figure -19- : Schéma fonctionnel d'une liaison série asynchrone de la norme RS232	25
Figure-22- : Exemple de transmission série	26
Figure -21- : Circuit intégré MAX 232	27
Figure -22- : Adaptation PIC avec RS232 à base d'un max 232	27
Figure -23-: L'alimentation de +5V.....	28
Figure -24-: Création et enregistrement du programme.....	32
Figure -25- : Configuration du PIC par logiciel.....	33
Figure -26-: Ecriture du programme	34
Figure -27-: Compilation du programme	34
Figure -28-: Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G.....	35
Figure -29- : L'écran de Delphi.....	36
Figure -30- : La barre d'outils	36
Figure-31- : La palette des composants.....	37
Figure -32- : L'inspecteur d'objets.....	37
Figure -33- : Interface d'affichage	38

Figure -34-: Le coté cuivre du circuit imprimé de la carte d'acquisition.....39
Figure -35-: Le coté composant de la carte d'acquisition40
Figure -36-: Implantation des composants40



Introduction générale

L'acquisition et le traitement de l'information demeurent un aspect capital dans le domaine de la recherche. Ainsi, un traitement approprié de données de toutes sortes apportera de nombreuses réponses à l'individu désirant trouver des explications à divers phénomènes.

Depuis longtemps l'homme cherchait à définir la température pour l'importance de celle-ci dans tous les domaines santé ou industriel.....etc., c'est à cet effet que le thermomètre a fait son apparition .

Au départ les thermomètres étaient sous forme de chaîne de mesure analogique peu précise et complexe, avec l'avancé technologique de l'électronique en générale et des semi-conducteurs en particulier, la mesure de la température a progressé considérablement.

Dans notre projet on s'intéressera au capteur de température à sortie numérique directe « DS 1621 » qui sera contrôlé par un microcontrôleur (pic 16f877A) à base du bus de communication I2C « Inter Integrat Circuit », l'ensemble de ce projet aura comme but ultime de faciliter l'utilisation du capteur et du microcontrôleur et bénéficier pleinement de ses fonctionnalités. Ainsi, les cartes d'acquisitions conséquentes devront être créées et combinées aux divers autres éléments assurant ainsi l'atteinte de l'objectif fixé.

Notre projet est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre fait l'objet d'introduction sur les notions générales de la mesure de la température, l'histoire du thermomètre et la définition des différents types de capteurs en général et le capteur de température en particulier.

On a consacré le deuxième chapitre dans son intégralité pour parler du bus I2C car ce dernier est utilisé dans notre projet afin de permettre la transmission de données entre le capteur et le microcontrôleur, tandis que le troisième chapitre fera l'objet de la conception et réalisation de la carte d'acquisition (conception matérielle et logiciel).

CHAPITRE I

CHAPITRE I

Généralités sur la mesure de la température

I.1. Introduction :

La mesure de la température s'effectue à l'aide d'un thermomètre ou plus exactement d'une sonde thermométrique .Il s'agit d'un instrument permettant de repérer la température du milieu avec lequel il doit être en équilibre thermique. Un thermomètre utilise une grandeur thermométrique dont les variations associées à une échelle de mesure permettant de repérer des températures.

I.2.Historique du thermomètre :

Nom de l'échelle	Auteur	Date de création	Température de la glace fondante	Température d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique normale
Echelle Fahrenheit	David Fahrenheit	1724	32°F	212°F
Echelle Réaumur	Antoine Ferchault de Réaumur	Seconde moitié du XVIII ème Siècle	0°R	80°R
Echelle Celsius	Anders Celsius	1742	0°C	100°C
Echelle centigrade usuelle	Jean Pierre Christian	1743	0°C	100°C

De nos jours l'unité de température la plus utilisée est le Kelvin (K).Elle mesure la température absolue, c'est-à-dire la température qui ne dépend pas de certaines propriétés du corps. Elle fut inventée par le mathématicien et physicien britannique sir William Thomson Kelvin au XIXe siècle. La plus petite température que l'on puisse théoriquement atteindre est le zéro absolu 0 K soit -273,15°C (T Celsius=T Kelvin-273,15).les écarts de température sont identiques sur les échelles Kelvin et Celsius.

I.3.Acquisition d'une grandeur physique (Capteurs) :**I.3.1.Généralités :**

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, ...). Le capteur est l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques.

I.3.2. Définitions :

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

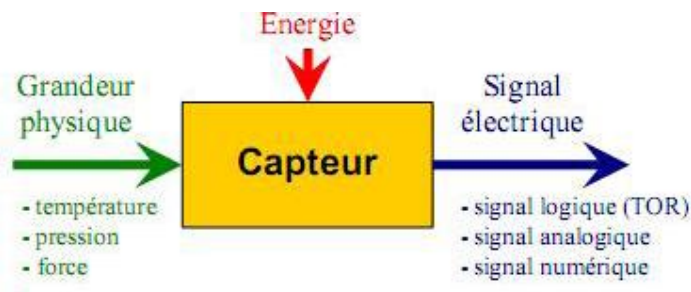


Figure -1- : Exemple d'un capteur dans une chaîne d'acquisition

Etendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurées par le capteur.

Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée,

Exemple : Le capteur de température LM35 a une sensibilité de 10mV / °C.

Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la vraie valeur.

Rapidité : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.

I.3.3. Éléments de métrologie (définitions) :

Ø **Le mesurage** : C'est l'ensemble des opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur.

Ø **La mesure (x)** : C'est l'évaluation d'une grandeur par comparaison avec une autre grandeur de même nature prise pour unité.

Exemple : 2 mètres, 400 grammes, 6 secondes.

Ø **La grandeur (X)** : Paramètre qui doit être contrôlé lors de l'élaboration d'un produit ou de son transfert.

Exemple : pression, température, niveau.

On effectue des mesures pour connaître la valeur instantanée et l'évolution de certaines grandeurs.

Renseignements sur l'état et l'évolution d'un phénomène physique, chimique, industriel.

Ø **L'incertitude (dx)** : Le résultat de la mesure x d'une grandeur X n'est pas complètement défini par un seul nombre. Il faut au moins la caractériser par un couple (x, dx) et une unité de mesure. dx est l'incertitude sur x. Les incertitudes proviennent des différentes erreurs liées à la mesure.

Ainsi, on a : $x-dx < X < x+dx$

Exemple : 3 cm ±10%, ou 3 cm ± 3 mm.

Ø **Erreur absolue (e)** : Résultat d'un mesurage moins la valeur vraie du mesurande. Une erreur absolue s'exprime dans l'unité de la mesure. $e = x - X$

Exemple : Une erreur de 10 cm sur une mesure de distance.

Ø **Erreur relative (er)** : Rapport de l'erreur de mesure à une valeur vraie de mesurande. Une erreur relative s'exprime généralement en pourcentage de la grandeur mesurée.

$er = e/X$;

$er\% = 100 er$

Exemple : Une erreur de 10 % sur une mesure de distance (10 % de la distance réelle).

I.3.4. Les différentes familles des capteurs :

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories.

I.3.4.1. 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 prélever (énergie thermique, mécanique ou de rayonnement)

I.3.4.1.1. Les effets physiques les plus classiques sont :

I.3.4.1.1.1.Effet thermoélectrique : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique $e(T_1, T_2)$.

I.3.4.1.1.2.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.

I.3.4.1.1.3.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).

I.3.4.1.1.4.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.

I.3.4.1.1.5.Effet Hall : Un champ magnétique B et un courant électrique I créent dans le matériau une différence de potentiel U_H .

I.3.4.1.1.6.Effet photovoltaïque : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

I.3.4.1.1.7. Tableau des capteurs actifs :

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photo émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo électrique	Tension
Force ou pression	Piézo- électrique	Charge électrique
Accélération ou vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (Aimant) Courant	Effet hall	Tension

I.3.4.2. Capteurs passifs :

Les capteurs dont le signal électrique délivré est une variation d'impédance sont dits passifs. En effet, il nécessite une source d'énergie électrique pour que l'on puisse lire x . Les capteurs passifs transforment donc le mesurande en une variation d'impédance.

La variation d'impédance résulte :

Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteurs de positions, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

Soit d'une déformation résultante de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

I.3.4.2.1. Tableau des capteurs passifs :

Grandeur physique à mesurer.	Caractéristique électrique sensible.	Type de matériaux utilisés.
Température	Température	Métaux : Platine, nickel, cuivre
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de nickel, silicium dopé.
	Perméabilité magnétique.	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité.	Matériaux magnéto résistants Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité.	Chlorure de lithium.

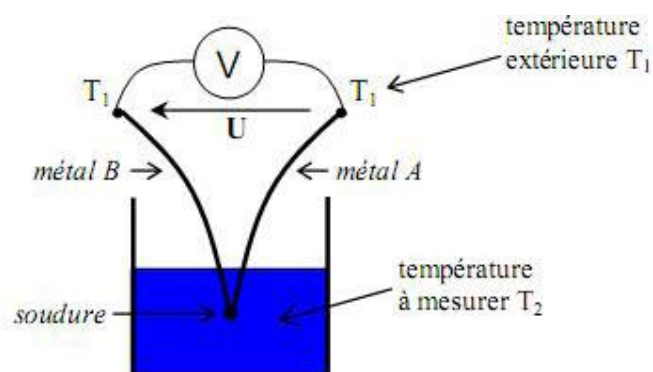
I.3.5. Les capteurs de température :**I.3.5.1. Thermomètre à thermocouple :**

Figure -2- : Effet thermoélectricité (capteur actif)

Principe : Soit un circuit fermé, constitué de deux conducteurs A et B de nature différente. On constate que si la température T_2 est différente de T_1 alors il apparaît une tension U aux bornes des deux fils soumis à la température T_1 .

Le phénomène inverse est aussi vrai : si on applique une tension, alors il y aura un échauffement ou un refroidissement au point de liaison des deux conducteurs (modules à effet Peltier).

Application : Mesure des hautes températures ($900 > 1300^{\circ}\text{C}$).

I.3.5.2. Les thermistances :

Une thermistance est un composant dont la résistance varie en fonction de la température. En première approximation, la relation entre résistance et température est la suivante :

$$R_{\theta} = R_0 (1 + a\theta)$$

R_{θ} : est la résistance à la température θ .

R_0 : est la résistance à la température 0°C .

a : est le coefficient de température.

Remarque : si $a > 0$ alors on a une thermistance CTP ($R \nearrow$ quand $\theta \nearrow$)
si $a < 0$ alors on a une thermistance CTN ($R \searrow$ quand $\theta \searrow$).

Utilisation : On insère la thermistance dans un pont de jauge.

On obtient ainsi une tension V en sortie du pont $V = k (\theta - \theta_0)$.

Si on prend $\theta_0 = 0^{\circ}\text{C}$, on obtient $V = k.\theta$.

On peut aussi alimenter la thermistance avec un générateur de courant. La tension à ses bornes sera donc proportionnelle à la résistance.

I.3.5.3. Les capteurs de température à semi conducteur :

Principe : La tension aux bornes du semi-conducteur (formant une diode ou un transistor) et le courant qui le traverse dépendent de la température.

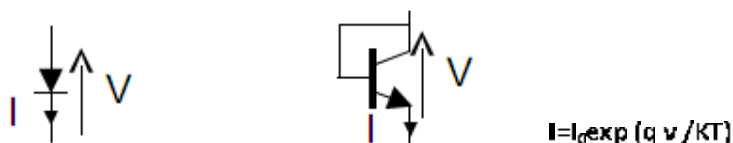


Figure (2) : A courant constant, la tension v est linéaire en fonction de la température

$$V = aT + b$$

a : dépend de l'élément sensible et il est $\approx -2,5\text{mv}/^{\circ}\text{C}$.

Avantages

- simplicité d'utilisation, peu coûteux, bonne linéarité.

Défauts

- étendue de mesure limitée (-50°C - 150°C).

I.3.5.4. Les pyromètres optiques :

La pyrométrie optique est une méthode de mesure de la température basée sur la relation entre la température d'un corps et le rayonnement optique (infrarouge ou visible) que ce corps émet. L'intérêt de la pyrométrie optique est de permettre la détermination d'une température sans contact avec l'objet.

Les pyromètres optiques sont utilisés principalement dans les conditions où il est impossible de traiter avec des capteurs classiques comme :

- température très élevée (supérieure à 2000°C).
- mesures à grande distance.
- environnement très agressif.
- pièce en mouvement.

I.3.5.5. Les capteurs de température intelligents :

Les capteurs qu'on a vu précédemment nécessitent tous un montage d'amplification et de traitement du signal, avec l'avancé technologique et l'apparition du LSI (large scale intégration) et VLSI (very large scale intégration), les capteurs peuvent être intégrés aux circuits de traitement du signal sur la même puce pour réaliser l'ensemble des fonctions.

On les appelle « capteurs intelligents », ce sont des capteurs qui regroupent un bon nombre d'avantages tel que :

- Ø Amélioration du rapport signal/bruit par adaptation d'impédance et amplification ;
- Ø Prétraitement du signal, tel que compensation en température et en variation d'alimentation, remise à zéro automatique, filtrage de signaux parasites, correction de non-linéarité ;
- Ø Traitement du signal, tel que codage et modulation des signaux de sortie, et une redondance moyenne pour acquérir le même signal avec plusieurs capteurs.
- Ø Réduction de la consommation.
- Ø Atténuation des perturbations extérieures (grandeurs d'influence).

Exemple : La famille des LM135/LM235/LM335 et la famille des DS 75/DS 1620 et les DS 1621 de DALLAS qui seront l'objet de notre étude, délivrent directement un mot binaire, image de la température, en leur sortie. Ils intègrent, dans un seul boîtier (DIL 08) le capteur + le circuit de mise en forme + le CAN.

CHAPITRE II

Etude du bus de communication I2C.
(Inter Integrat Circuit)

II.1.Le bus de communication I2C :

L'objectif est de permettre la communication entre plusieurs équipements, il existe une très grande variété de bus de communication car aucun bus n'est universel.

Il faut choisir le bus en fonction :

- § de la distance entre les équipements (cm, m, km).
- § du nombre d'équipements à relier.
- § du débit de données (contrôle ou data).
- § de la consommation autorisée (pile/secteur).
- § de la stabilité nécessaire (bruit).
- § du catalogue disponible.
- § du cout (en générale, la bonne solution est trop chère).

Chaque bus existe en plusieurs versions, en générale compatibles entre elles mais avec un rapport débit / distance différent.

II.1.1.Quelques bus série :

Bus	Distance (mètres)	Débit bits \sec	avantages	Usages
Can	100-10 000	5k-33k	Distance-sure	Domotique
USB	25	1.5-480M	Débit	Périphérique informatique
RS232	15	100k	Simple	Périphérique informatique
I2C l s	100	100k	Cout, protocole facile et disponible	Domotique
I2C h s	0.5	3.4M	Cout, protocole facile et disponible	Périphérique électronique
spi	0 .1	10M	Débit, cout	Périphérique électronique

Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, il est souvent possible de jouer (manipuler) avec les bus cités ici, ils sont souvent proposés en standard par les microcontrôleurs.

Le pic 16f877 propose : RS232, I2C, SPI.

II.1.2.Etude du bus I2C :**II.1.2.1- Présentation :****II.1.2.1.1- Historique :**

Le bus I2C (Inter Integrated Circuit) a été développé au début des années 80 par Philips semi-conducators pour permettre de relier facilement à un microprocesseur les différents circuits d'un téléviseur moderne .

II.1.2.1.2- Caractéristiques :

Le bus I2C permet de faire communiquer entre eux des composants électroniques très divers grâce à seulement trois fils : Un signal de donnée (SDA), un signal d'horloge (SCL), et un signal de référence électrique (Masse). Ceci permet de réaliser des équipements ayants des fonctionnalités très puissantes (En apportant toute la puissance des systèmes micro

programmés) et conservant un circuit imprimé très simple, par rapport à un schéma classique (8bits de données, 16 bits d'adresse+ les bits de contrôle).

Les données sont transmises en série à 100Kbits/s en mode standard et jusqu'à 400Kbits/s en mode rapide. Ce qui ouvre la porte de cette technologie à toutes les applications où la vitesse n'est pas primordiale.

De nombreux fabricants ayant adopté le système, la variété des circuits disponibles disposant d'un port I2C est énorme : Ports d'E/S bidirectionnels, Convertisseurs A/N et N/A, Mémoires (RAM, EPROM, EEPROM, etc..), Circuits Audio (Equaliseur, Contrôle de volume, ...) et autre drivers (LED , LCD , ...)

Le nombre de composants qu'il est ainsi possible de relier est essentiellement limité par la charge capacitive des lignes SDA et SCL : 400 pF.

II.1.2.1.3- Principe :

Afin d'éviter les conflits électriques les Entrées/Sorties SDA et SCL sont de type "Collecteur Ouvert".

Voici un schéma de principe :

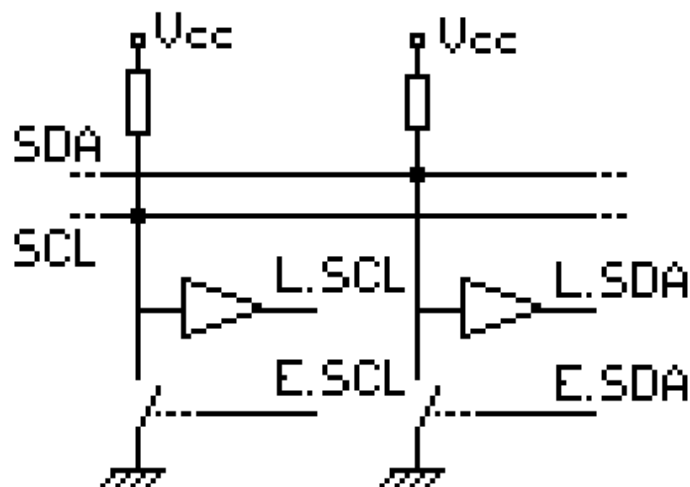


Figure -3- : Structure d'E/S d'un module I2C.

II.1.2.1.4.D'autres bus tri filaires :

- C Bus de Phillips est l'ancêtre du bus I2C.
- SPI de Motorola.
- μ Wire de National Semi Conductor.

Plusieurs circuits pouvant être branché en même temps sur le même bus, il a été nécessaire d'instaurer un protocole entre eux, afin d'éviter les problèmes dues à une prise de parole simultanée de différents modules. C'est le protocole I2C.

II.1.2.2.Le protocole I2C :

Le protocole I2C définit la succession des états logiques possibles sur SDA et SCL et la façon dont doivent réagir les circuits en cas de conflits.

II.1.2.2.1.I2C Glossaire :

Abonné tout élément connecté sur le bus.

Emetteur . . . tout abonné qui envoie des données sur SDA.

Récepteur . . tout abonné qui reçoit des données de SDA.

Maître tout abonné qui démarre et termine un échange.

Le maître place l'horloge sur SCL.

Esclave tout abonné adressé par un maître.

Un esclave a la possibilité d'arrêter l'horloge du maître.

Adresse.numéro attribué à un esclave.

Sur le bus tous les esclaves ont une adresse unique.

Echange . . . dialogue entre un maître et un esclave.

Il commence par une adresse émise par le maître, suivie d'une ou plusieurs données émises par le maître ou l'esclave. Un maître peut chaîner plusieurs échanges d'affilé.

Arbitrage . . . résolution du conflit d'un accès simultané par 2 maîtres.

II.1.2.2.2.I2C Câblage :

Les lignes SCL et SDA sont à VDD si personne ne parle.

Pour mettre 1 sur SCL ou SDA, un abonné programme le port en entrée, la résistance R_p se charge de tirer la ligne à 1. Pour mettre 0 sur SCL ou SDA, un abonné doit écrire un 0, c.-à-d. relier la ligne à la masse.

Il ne peut jamais y avoir de conflit électrique (court-circuit VDD-GND).

Voir figure suivante :

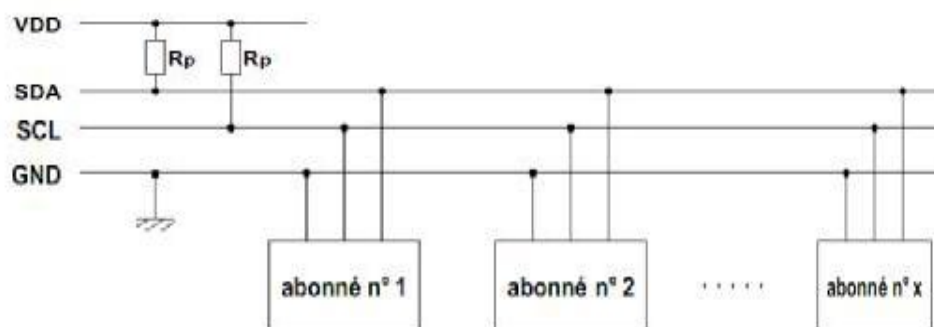


Figure -4-: I2C câblage.

II.1.2.2.3. La prise de contrôle du bus :

Pour prendre le contrôle du bus, il faut que celui-ci soit au repos (SDA et SCL à '1').
 Pour transmettre des données sur le bus, il faut donc surveiller deux conditions particulières :
 - la condition de départ. (SDA passe à '0' alors que SCL reste à '1')
 - la condition d'arrêt. (SDA passe à '1' alors que SCL reste à '1')

Lorsqu'un circuit, après avoir vérifié que le bus est libre, prend le contrôle de celui-ci, il en devient le maître. C'est lui qui génère le signal d'horloge.

Exemple de condition de départ et d'arrêt.

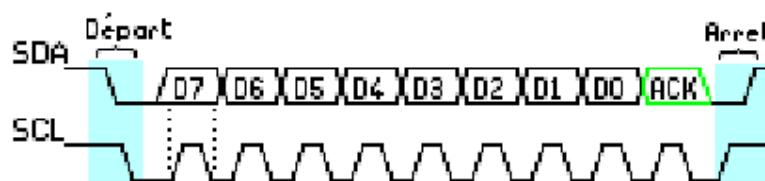


Figure -5- : Condition de départ et d'arrêt.

II.1.2.2.4. Ecriture d'un octet (une donnée) :

Après avoir imposé la condition de départ, le maître applique sur SDA le bit de poids fort D7. Il valide ensuite la donnée en appliquant pendant un instant un niveau '1' sur la ligne SCL. Lorsque SCL revient à '0', il recommence l'opération jusqu'à ce que l'octet complet soit transmis. Il envoie alors un bit ACK à '1' tout en scrutant l'état réel de SDA. L'esclave doit alors imposer un niveau '0' pour signaler au maître que la transmission s'est effectuée correctement. Les sorties de chacun étant à collecteurs ouverts, le maître voit le '0' et peut alors passer à la suite.



Figure -6- : Exemple de transmission réussie.

Dans cet exemple :

- SCL : Horloge imposée par le maître.
- SDAM : Niveaux de SDA imposés par le maître.

- SDAE : Niveaux de SDA imposés par l'esclave.
- SDAR : Niveaux de SDA réels résultants.

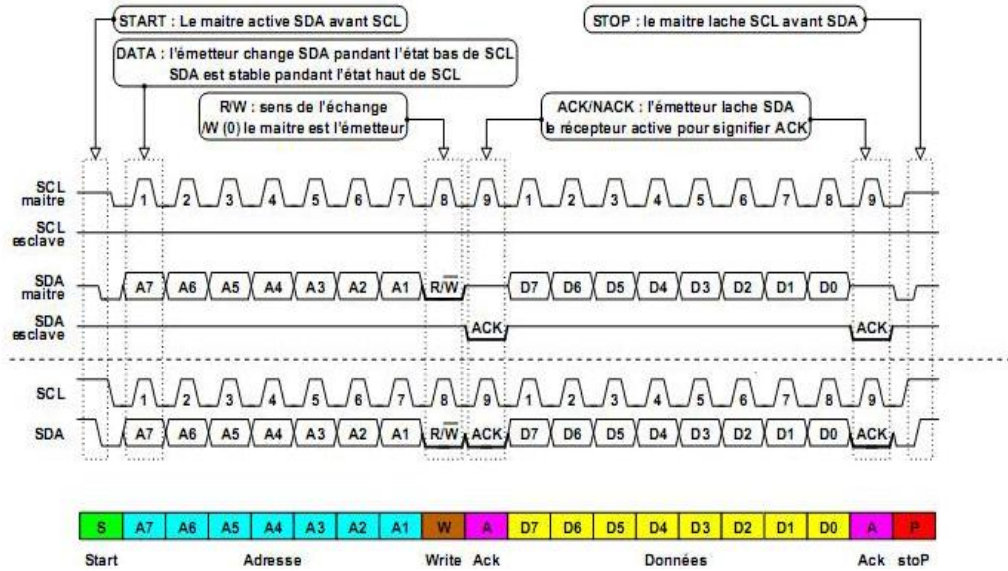


Figure -7- : Trame de base : Ecriture d'un octet.

II.1.2.2.5. Transmission d'une adresse:

Le nombre de composants qu'il est possible de connecter sur un bus I2C étant largement supérieur à deux, il est nécessaire de définir pour chacun une adresse unique. L'adresse d'un circuit, codée sur sept bits, est défini d'une part par son type et d'autre part par l'état appliqué à un certain nombre de ces broches . Cette adresse est transmise sous la forme d'un octet au format particulier.

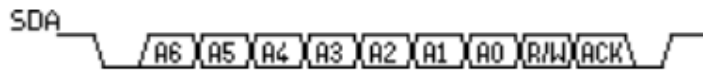


Figure -8- : Exemple d'octet d'adresse.

On remarque ici que les bits D7 à D1 représentent les adresse A6 à A0, et que le bit D0 et remplacé par le bit de R/W qui permet au maître de signaler s'il veut lire ou écrire une donnée. Le bit d'acquittement ACK fonctionne comme pour une donnée, ceci permet au maître de vérifier si l'esclave est disponible.

Note 1: Cas particuliers des mémoires :

L'espace adressable d'un circuit de mémoire étant sensiblement plus grand que la plupart des autres types de circuits, l'adresse d'une information y est codée sur deux octets ou plus. Le premier représente toujours l'adresse du circuit, et les suivants l'adresse interne de la mémoire.

Note 2 : Les adresses réservées.

Les adresses 00000XXX et 111111XX sont réservés à des modes de fonctionnement particuliers.

Note 3: Cas particulier d'utilisation d'ACK :

L'écriture d'un octet dans certains composants (Mémoires, microcontrôleur.....) peut prendre un certain temps. Il est donc possible que le maître soit obligé d'attendre l'acquittement ACK avant de passer à la suite.

II.1.2.2.6.Lecture d'une donnée :

La lecture d'une donnée par le maître se caractérise par l'utilisation spéciale qui est faite du bit ACK. Après la lecture d'un octet, le maître positionne ACK à '0' s'il veut lire la donnée suivante (cas d'une mémoire par exemple) ou à '1' (cas échéant). Il envoie alors la condition d'arrêt.

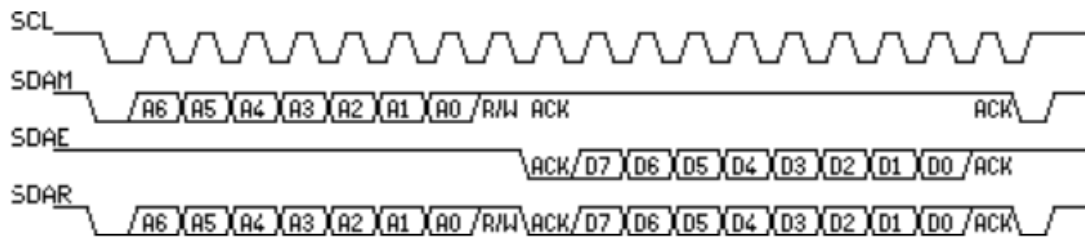


Figure -9- : Exemple de lecture d'une donnée.

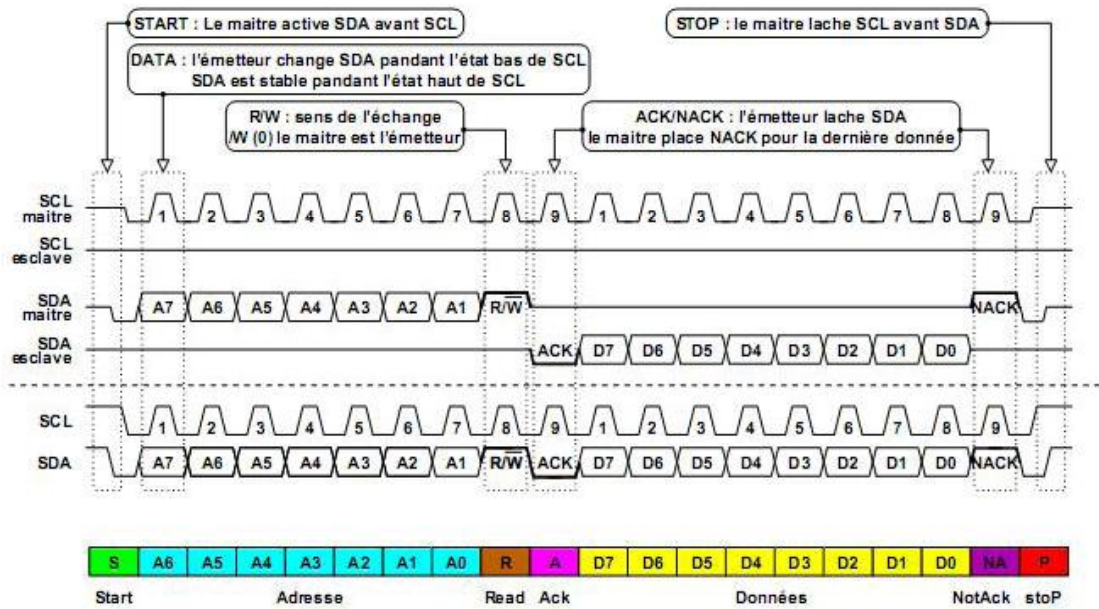


Figure -10- : Trame de base : Lecture d'un octet.

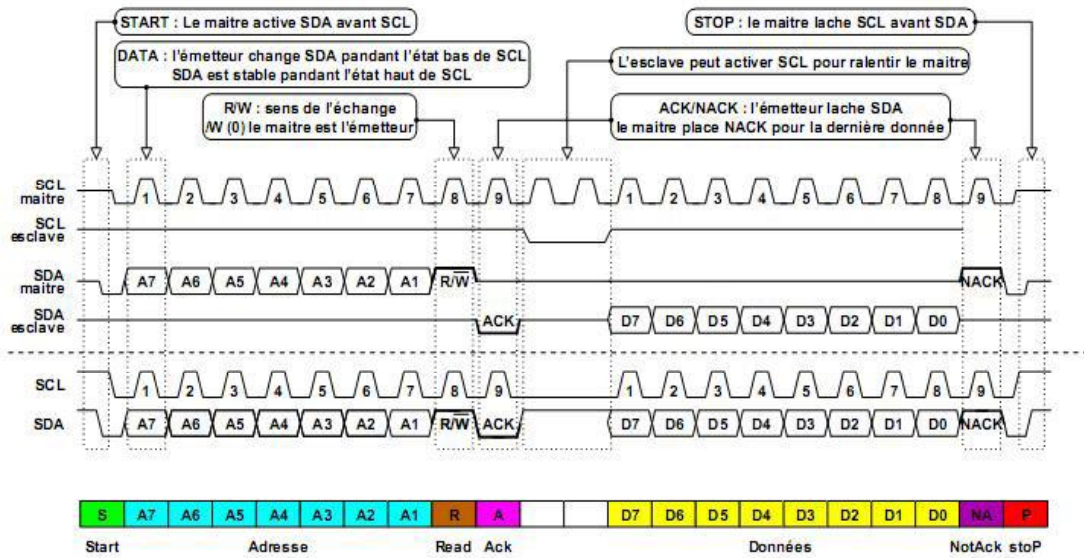


Figure -11- : Trame de base : état d'attente .

II.1.2.2.7.I2C points clés d'un échange de base :

<u>Le maitre :</u>	<u>l'esclave :</u>
<ul style="list-style-type: none"> -émet une condition de démarrage. -envoie une adresse sur 7 bits. -envoie la commande r/w. -lit l'accusé et stoppe si NACK. <p><u>Pour une écriture, il boucle sur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -envoie les 8 bits de donnée. -lit l'accusé et stoppe si NACK. <p><u>Pour une lecture, il boucle sur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -lit les 8 bits de donnée. -émet ACK, ou NACK pour stopper. -émet une condition de stop. 	<ul style="list-style-type: none"> -attend une condition de démarrage. -lit l'adresse sur 7 bits. -lit la commande r/w. -émet ACK si concerné. <p><u>Pour une écriture, il boucle sur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -lit les 8 bits de donnée. -émet ACK ou NACK pour arrêter. <p><u>Pour une lecture, il boucle sur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -écrit les 8 bits de donnée. -lit l'accusé et stoppe si NACK.

NB : Le maitre et l'esclave peuvent ralentir l'échange en jouant sur SCL.

II.1.2.2.8.Les deux significations de l'ACK "Acknowledge" :

L'acknowledge a deux définitions:

1. Un esclave émet un ACK à chaque fois qu'il a bien reçu une donnée, le maitre récepteur stoppe l'échange en cas de NACK .
2. Un maitre émet un ACK à chaque fois qu'il a bien reçu , une donnée et qu'il en veut d'autres, l'esclave émetteur devra lâcher la ligne SDA après le NACK.

II.1.2.2.9. Les adresses des esclaves :

Adresses réservées par le protocole :

0000000 General Call adresse reconnue par tous les esclaves.

0000001 réservé aux composants CBUS (ancêtre).

0000010 réservé aux autres systèmes.

0000011 réservé au futur.

00001-- réservé au composant haut vitesse (3.4Mbauds).

11111-- réservé au futur.

11110xy adressage 10 bits.

112 Adresses réservées par les fournisseurs.

1010xyz 1024 x 8 bits eeprom.

II.1.2.2.10. La gestion des conflits :**II.1.2.2.10.1. Mise en situation :**

La structure même du bus I2C a été conçue pour pouvoir y accueillir plusieurs maîtres. Se pose alors le problème commun à tous les réseaux utilisant un canal de communication unique : la prise de parole. En effet, chaque maître pouvant prendre possession du bus dès que celui-ci est libre, il existe la possibilité que deux maîtres prennent la parole en même temps. Si cela ne pose pas de problème sur le plan électrique grâce l'utilisation de collecteurs ouverts, il faut pouvoir détecter cet état de fait pour éviter la corruption des données transmises.

II.1.2.2.10.2. Principe :

Comme nous l'avons vu précédemment, pour prendre le contrôle du bus, un maître potentiel doit d'abord vérifier que celui-ci soit libre, et qu'une condition d'arrêt a bien été envoyée depuis au moins 4,7µs. Mais il reste la possibilité que plusieurs maîtres prennent le contrôle du bus simultanément.

Chaque circuit vérifie en permanence l'état des lignes SDA et SCL, y compris lorsqu'ils sont eux même en train d'envoyer des données. On distingue alors plusieurs cas :

(1) Les différents maîtres envoient les mêmes données au même moment :

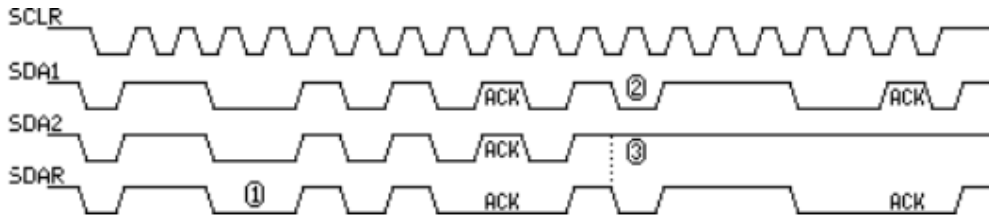
Les données ne sont pas corrompues, la transmission s'effectue normalement, comme si un seul maître avait parlé. Ce cas est rare.

(2) Un maître impose un '0' sur le bus : Il relira forcément '0' et continuera à transmettre. Il ne peut pas alors détecter un éventuel conflit.

(3) Un maître cherche à appliquer un '1' sur le bus : Si il ne relit pas un niveau '1', c'est qu'un autre maître a pris la parole en même temps. Le premier perd alors immédiatement le contrôle du bus, pour ne pas perturber la transmission du second. Il continue néanmoins à lire les données au cas ou celles-ci lui auraient été destinées.

Exemple :

Soit le chronogramme suivant :



Dans cet exemple :

- SCLR : Horloge résultante.
- SDA1 : Niveaux de SDA imposés par le maître n°1.
- SDA2 : Niveaux de SDA imposés par le maître n°2.
- SDAR : Niveaux de SDA réels résultants lus par les deux maîtres.

Analyse :

Le premier octet est transmis normalement car les deux maîtres imposent les mêmes données. (Cas n°1). Le bit ACK est mis à '0' par l'esclave.

Lors du deuxième octet, le maître n°2 cherche à imposer un '1' (SDA2) , mais relit un '0' (SDAR), il perd alors le contrôle du bus et devient esclave (Cas n°2) . Il reprendra le contrôle du bus, lorsque celui-ci sera de nouveau libre.

Le maître n°1 ne voit pas le conflit et continue à transmettre normalement. (Cas n°3)

Au total, l'esclave a reçu les données du maître n°1 sans erreurs et le conflit est passé inaperçu.

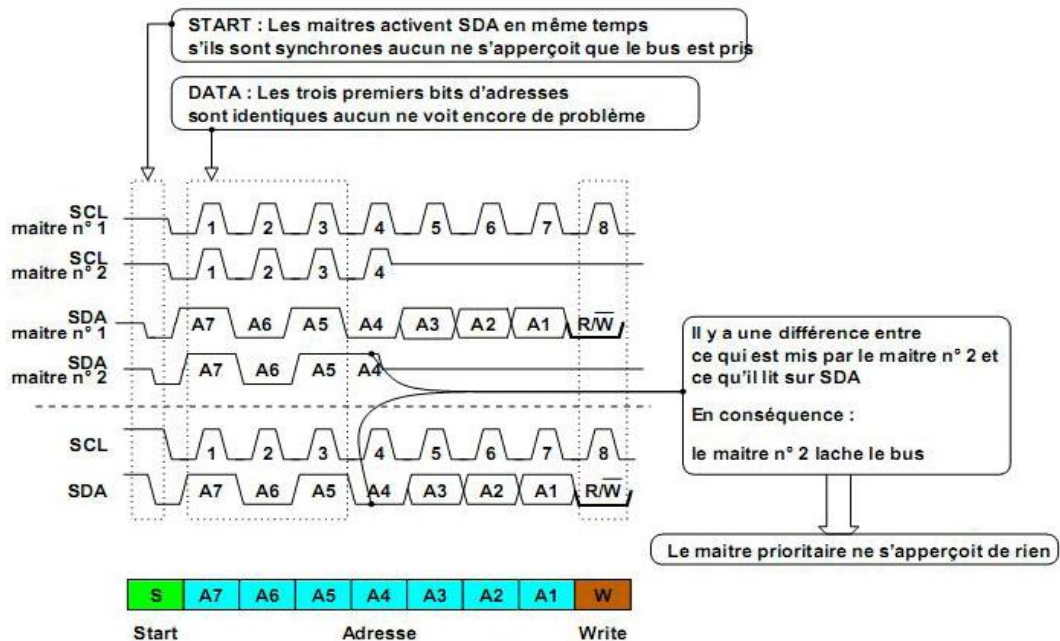


Figure -12- : Schéma I2C arbitrage.

II.1.2.2.11. Les nouvelles caractéristiques :

Afin de compenser quelques lacunes des premières spécifications du bus I2C (qui datent de 1982), quelques nouvelles améliorations ont été apportées à partir de 1993 :

- le mode rapide** : Le bus a désormais la capacité de transmettre des données jusqu'à une vitesse de 400 Kbit/s.
- des entrées à triggers de Shmitt** : Afin de limiter la sensibilité au bruit.
- la mise en haute impédance d'un circuit non alimenté** : Ceci évite de bloquer le bus si un périphérique n'est pas alimenté.
- extension à 10 bits de l'adressage des circuits** : L'adressage d'un circuit se fait maintenant sur 10 bits répartis dans deux octets d'adresse.

II.1.2.2.12. Les adresses réservées :

Les adresses 0000 0xxx ne sont pas utilisées pour l'adressage de composants. Ils ont été réservés par Phillips pour effectuer certaines fonctions spéciales.

Ø Adresse d'appel générale :

Adresse : 0000 000 : Après l'émission d'un appel général, les circuits ayant la capacité de traiter ce genre d'appel émettent un acquittement.

Le deuxième octet permet de définir le contenu de l'appel .

0000 0110 : RESET. Remet tous les registres des circuits connectés dans leur état initial (Mise sous tension). Les circuits qui le permettent rechargent leur adresse d'esclave.

0000 0010 : Les circuits qui le permettent rechargent leur adresse d'esclave.

0000 0100 : Les circuits définissant leur adresse de façon matériel réinitialisent leur adresse d'esclave.

0000 0000 : Interdit

xxxx xxx1 : Cette commande joue le rôle d'interruption. xxxx xxx peut être l'adresse du circuit qui a généré l'interruption.

Ø Octet de Start :

Adresse : 0000 0001 : Cet octet est utilisé pour synchroniser les périphériques lents avec les périphériques rapides.

Ø Début d'adressage C Bus :

Adresse : 0000 001x : L'émission de cet octet permet de rendre sourd tout les circuits I2C présent sur le bus. A partir de ce moment, on peut transmettre ce que l'on désire sur le bus, en utilisant par exemple un autre protocole. Le bus repasse en mode normal lors de la réception d'une condition d'arrêt.

Ø Autre :

Adresses : 0000 0110 à 0000 1111 : Ces octets ne sont pas définis et sont ignoré par les circuits I2C. Ils peuvent être utilisés pour débogger un réseau multi master.

CHAPITRE III

CHAPITRE III

Conception et réalisation du système

Conception et réalisation du système

III.1. Conception matérielle :

III.1.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va s'étaler essentiellement sur la constitution matérielle par blocs de notre montage en précisant le rôle de chaque élément.

III.1.2. Le schéma synoptique du système :

La conception peut être représentée comme cela :

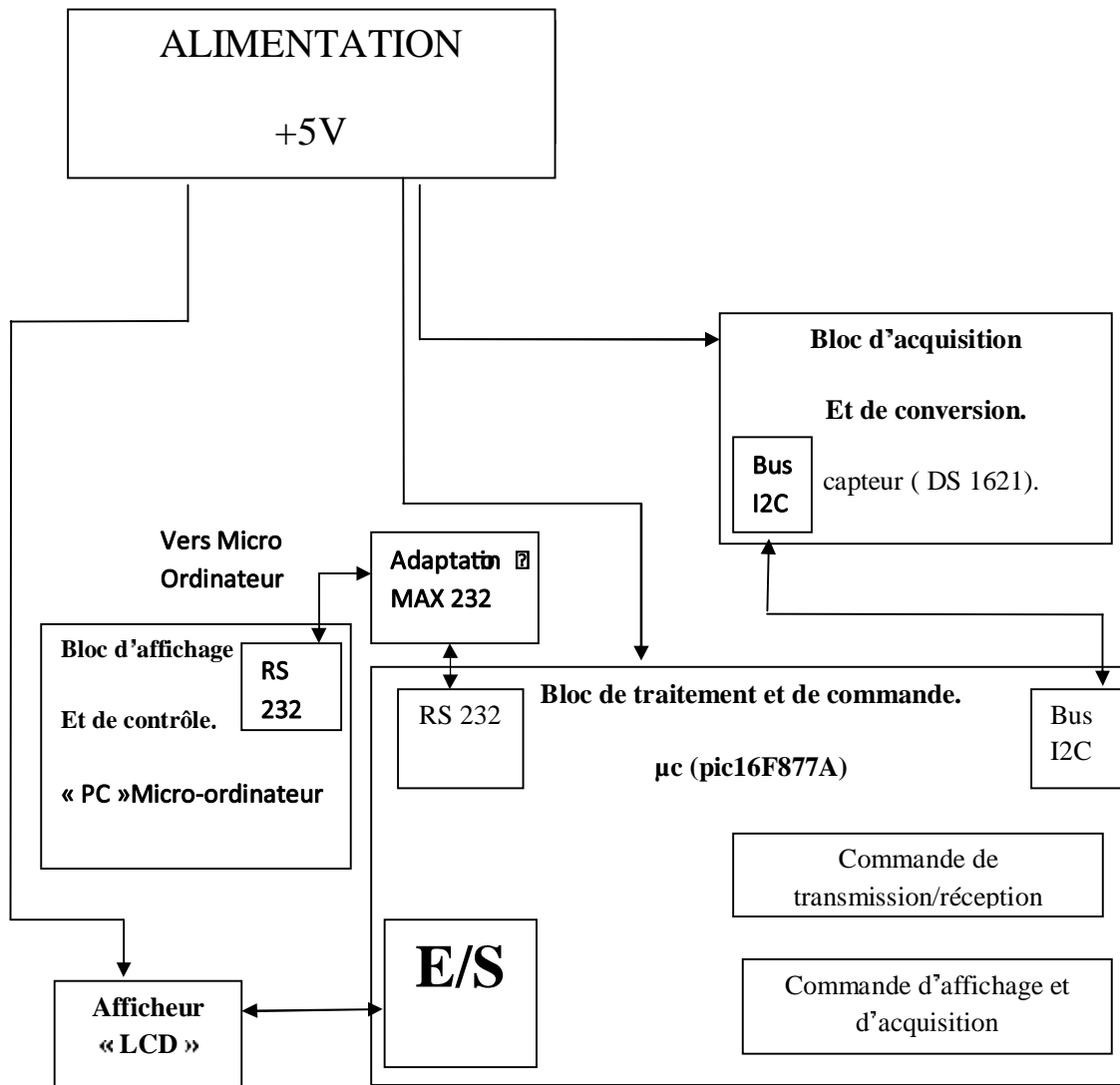


Figure -13- : Schéma synoptique du système.

NB : Nous allons à présent étudier le système bloc par bloc, en commençant par le bloc d'acquisition

III.1.3.Description détaillée du système :

III.1.3.1. Bloc d'acquisition (présentation du capteur de température DS 1621) :

Le thermomètre /thermostat DS 1621 donne la température $T^{\circ}\text{C}$ en 9 bit depuis la sortie Tout qui s'active à chaque changement de température suivent l'hystérésis TH (seuil de température haute) et TL (seuil de température basse), sachant que "TH" et "TL" sont définis par l'utilisateur sauvegardé dans sa mémoire non volatile.

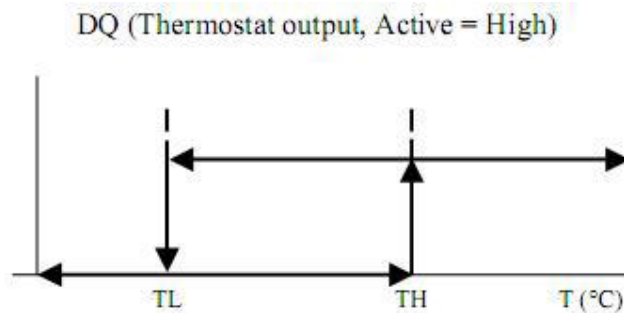


Figure -14- : Hystérésis (cas thermostat).

Remarque : Comme le DS 1621 peut jouer le rôle de thermostat ou d'un thermomètre dans notre étude on ne s'intéressera qu'au mode thermomètre (TH, TL ne sont pas utilisés).

La plage de résolution en température du capteur est $[-55^{\circ}\text{C}; +125^{\circ}\text{C}]$ de précision à $0,5^{\circ}\text{C}$ près.

Le type de convertisseur utilisé est un delta sigma convertisseur analogique numérique. La largeur de sa donnée de sortie est de seize bits.

Il peut y avoir jusqu'à huit capteurs placés sur le bus I2C. On peut les dissocier par rapport aux trois bits (A_0, A_1, A_2) adressés physiquement.

La sortie du capteur est de type thermostat, elle fonctionne comme un trigger de schmitt est considérée active lorsqu'elle est égale ou supérieure à TH et inactive à TL.

La fréquence maximale du bus de données est de 400KHZ.

Le capteur mesure la température ou règle le thermostat.

III.1.3.2. Transmission des données avec le DS1621 :

Pour communiquer et travailler avec le DS 1621 l'information passe par le SCL et SDA en mode esclave, ainsi la synchronisation entre la partie maître et le DS 1621 se fait via le « SCL » et la mise en marche/arrêt, c'est le protocole de communication appelé « IIC » (Inter-Integrate Circuit) développé par PHILIPS, qu'on a vu dans le chapitre II.

III.1.3.3. Les microcontrôleurs :

III.1.3.3.1. Introduction :

Les microcontrôleurs sont apparus lorsque les technologies d'intégrations ont suffisamment progressé pour permettre leur fabrication, ce sont des unités de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout des composants externes.

Notre montage est architecturé autour du microcontrôleur PIC 16F877A (comme on peut le voir sur le synoptique de fonctionnement (**figure -13-**)).

L'intégration du pic 16F877A dans notre carte d'acquisition nous a permis d'utiliser que peu de composants. En effet, en ayant recours à la logique programmée, la transmission des données du « capteur » vers le « pc » (micro-ordinateur) repose essentiellement sur le programme embarqué sur le pic (le software).

III.1.3.3.2. Présentation du PIC 16F877A :

Le pic 16F877A est un composant de MICROCHIP, il fait partie de la famille mid-range, sa mémoire programme est de type Flash, il est capable de fonctionner à une fréquence d'horloge de 20Mhz.

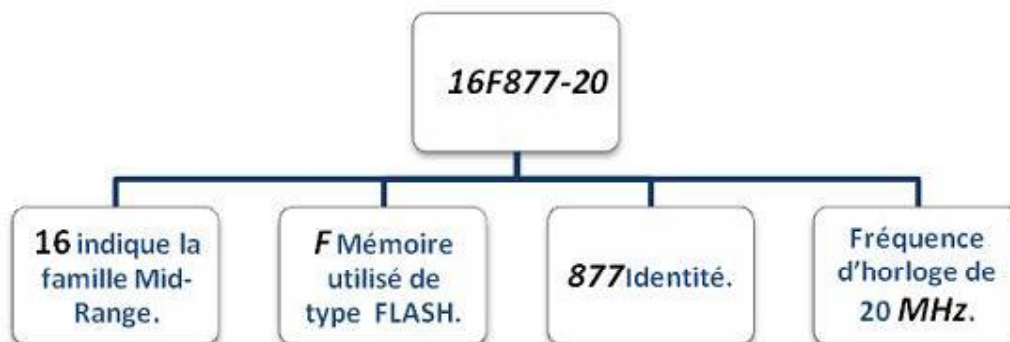


Figure -15- Configuration du pic 16F877A

Le pic 16F877A présente toute une série de composants, ces principales caractéristiques sont :

- Ø Mémoire programme de type flash de 8K mots,
- Ø RAM de 368 octets.
- Ø 33 E/S réparties en 5 ports bidirectionnels.
- Ø 8 convertisseurs A/N de 10 bits.
- Ø 14 sources d'interruption.
- Ø Chien de garde WDT.
- Ø Chaque sortie présente un courant max de 25 mA .
- Ø Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2C) .
- Ø Le compteur de programme est sur 13 bits.

- Ø Jeu de 35 instructions.
- Ø Toutes les instructions n'ont besoin que d'un cycle d'horloge sauf pour les sauts qui nécessitent deux cycles d'horloges.
- Ø Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART /SCI).
- Ø Une tension d'alimentation entre 4,5v et 6v.
- Ø Trois temporisations (TIMER0, TIMER1, TIMER2).

III.1.3.3.3.Organisation externe du pic 16F877A :

Les entrées sorties du microcontrôleur peuvent être groupées par fonction comme le montre la figure -16-

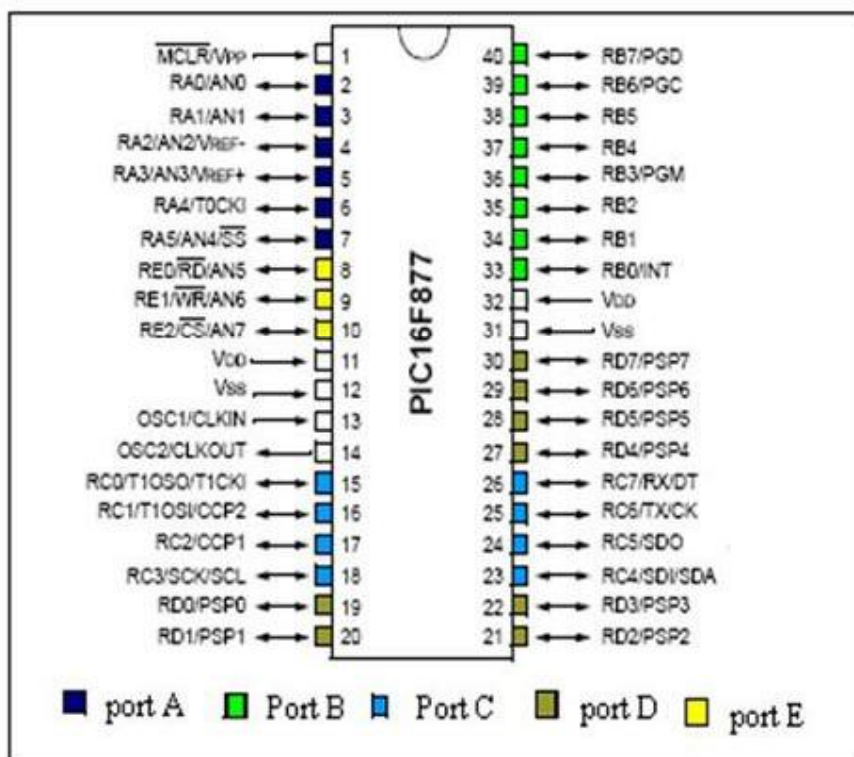


Figure -16- : Brochage du pic 16F877A

Le boîtier du pic 16F877A décrit par la figure ci-dessus comprend 40 pins : 33pins d'entrées /sortie, 4pins pour l'alimentation, 2pins pour l'oscillateur et une pin pour le reset(MCLR).

Ø Les ports :

Le pic 16F877A dispose de 33pins d'E/S pour communiqué avec l'environnement extérieure.

Celles-ci sont réparties en 5 ports parallèles bidirectionnels :

- 6 lignes pour le port A.

- 8 lignes pour le port B.
- 8 lignes pour le port C .
- 8 lignes pour le port D.
- 3 lignes pour le port E.

III.1.3.3.4. Configuration minimale du pic :

Pour réaliser une carte d'acquisition à base du pic 16F877A, il faut au moins configurer son alimentation, le MCLR et l'horloge (voir figure -17-).

§ L'alimentation :

le pic fonctionne dans la plage de tension qui s'étend de 4,5 à 6v.

§ Le circuit de d'initialisation :

Le MCLR est habituellement relié au 5V. Cette pin étant utilisée pour effectuer un reset du composant en cas de connexion à la masse.

§ L'Oscillateur :

L'oscillateur est le cœur du microcontrôleur : C'est lui qui cadence le déroulement du programme .Il doit fournir un signal carré périodique au microcontrôleur.

Pour notre PIC 16F877A nous avons optés pour l'une des méthodes fournie avec le data sheet du composant qu'est l'oscillateur à Quartz.

Pour le 16F877A, nous allons considérer plusieurs types d'oscillateurs de type HS avec un quartz de 4Mhz.

Dans la cadre de notre application nous utiliserons l'oscillateur de type HS avec un quartz de 4Mhz .

Sur la figure-17- l'oscillateur à quartz est câblé au pic sur les broches OSC1/CLKIN et OSC2/CLKOUT comme il a été recommandé par Microchip. Pour le choix des capacités, le constructeur préconise également, dans le data sheet du composant, l'utilisation de ces valeurs d'où notre oscillateur qui est composé de :

- ü Un quartz 4Mhz.
- ü Deux capacités 15pf.

Type Oscillateur	Fréquence quartz	Capacité 1	Capacité2
HS	4Mhz	15 pf	15pf
	8Mhz	15-33 pf	15-33pf
	20Mhz	15-33 pf	15-33pf

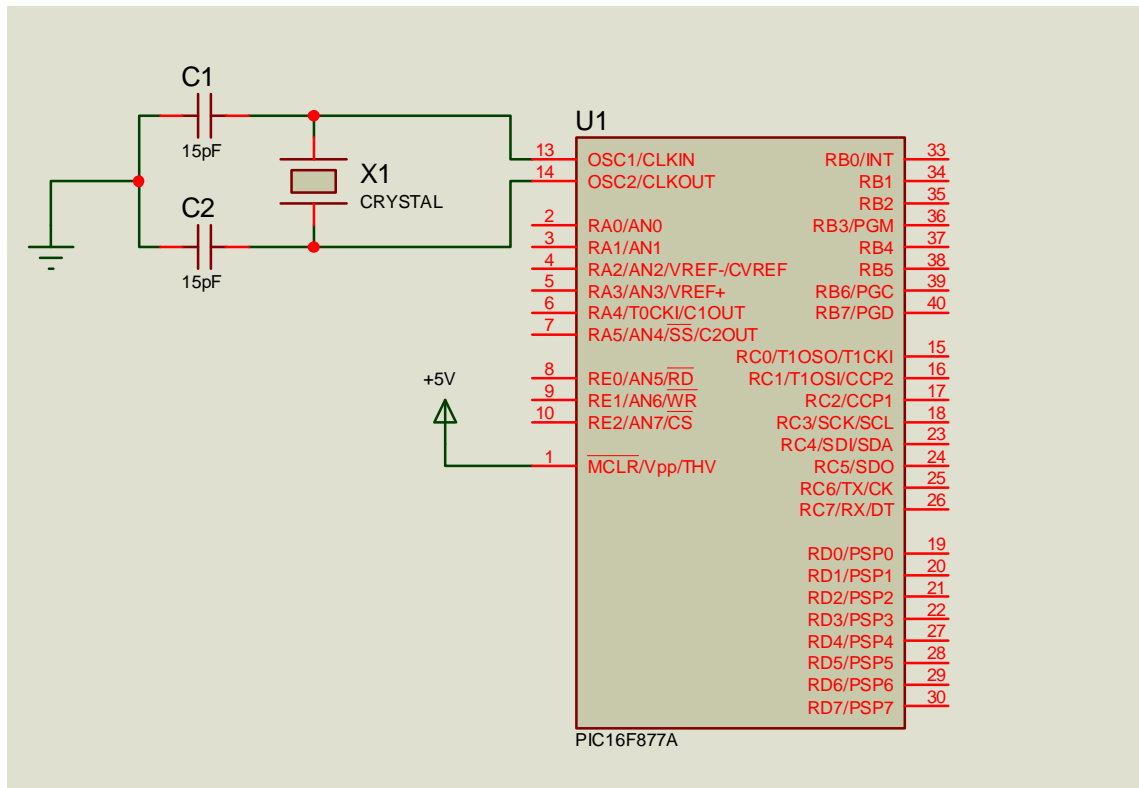


Figure -17- : Configuration minimale du PIC 16F877A

III.1.3.4.L’afficheur LCD :

Le module LCD 2 lignes de 16 caractères est un GDM 1602 A de chez XIAMEN OCULAR qui intègre son propre module de gestion, il est donc directement connecté aux broches du pic est alimenté par 5V.

C’est un afficheur LCD à accès parallèle, c’est-à-dire qu’il reçoit les données à afficher sous forme parallèle avec possibilité (programmable) de transmettre en mode 8bit ou en mode 4 bit, dans ce dernier cas on économise quatre lignes du PIC mais le transfert se fera en deux fois .Ainsi pour notre application l’afficheur communiquera avec le PIC via le PORTB en mode 4 bit (Figure).

III.1.3.4.1. Le brochage de l’afficheur LCD :

VSS	0 volts de l’alimentation.
VDD	+5V
VEE	Tension à appliquer pour gérer le contraste
RS	Registre Selecte (mode instruction ou données)
R/W	Read/Write(écriture ou lecture)
E	Enable(sélection de l’afficheur)
DB-DB7	Data 0 à 7 (Données ou instructions)

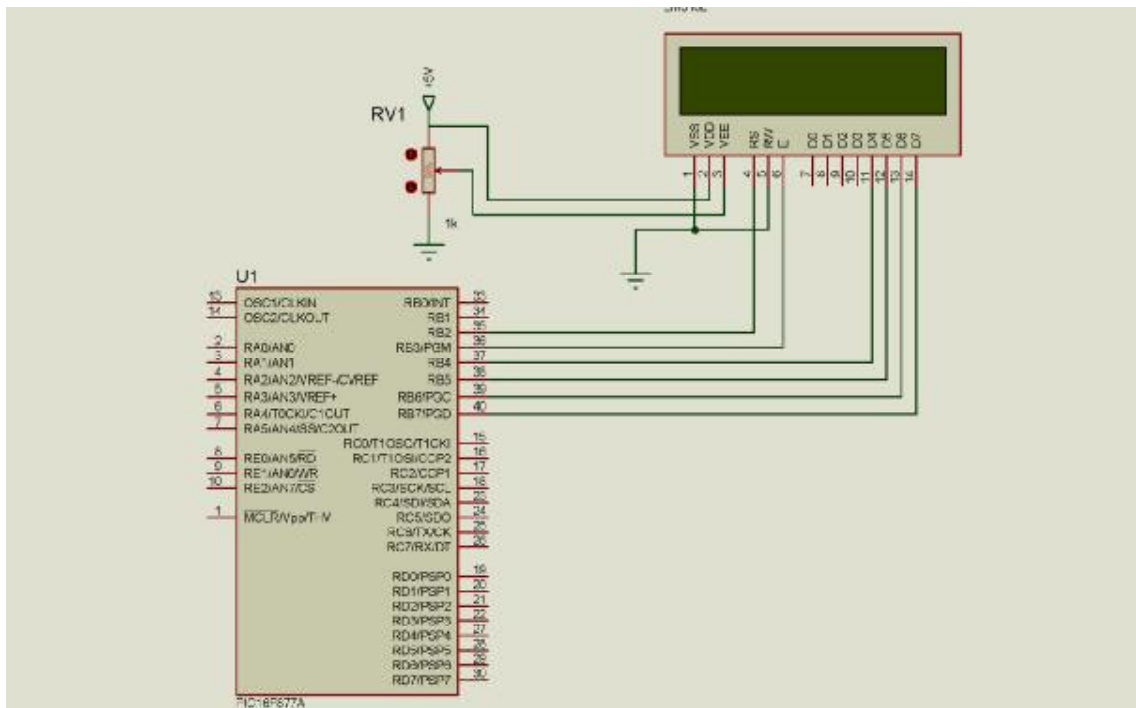


Figure -18- : Câblage de l’afficheur LCD.

III.1.3.4.2.Fonctionnement de l’afficheur LCD :

L’afficheur dans notre montage n’a été câblé qu’en écriture (RW=0), nous nous limiterions donc à ce type de fonctionnement. L’afficheur reçoit deux types de commandes, soit des instructions permettant de gérer l’afficheur proprement dit (effacement de l’écran, affichage du curseur, clignotement du curseur etc.), soit des données qui seront affichées à la position courante du curseur.

La sélection du mode instruction est réalisée en mettant la broche RS à 0 (Registre Select) et en envoyant ensuite l’octet de commande sur le port de données (DB4 à DB7). Lorsque la broche RS est à 1 les valeurs envoyées sur les lignes DB4 à DB7 seront affichées sous forme de caractères ASCII à la position courante du curseur.

La valeur du potentiomètre servant au réglage du contraste de l’afficheur, il est recommandé de prendre un potentiomètre de valeurs comprises entre 10K ET 20K.

III.1.4.La liaison RS232 :

III.1.4.1.Communication série asynchrone a travers le port série RS232 :

Les liaisons séries permettent la communication entre deux systèmes numériques en limitant le nombre de fils de transmission. La liaison série aux normes de RS232 est utilisée dans tous les domaines de l’informatique. Elle est de type asynchrone, c’est-à-dire qu’elle ne transmet pas le signal de l’horloge.

Le schéma fonctionnel est le suivant :



Figure -19- : Schéma fonctionnel d'une liaison série asynchrone de la norme RS232.

La transmission série nécessite au moins 2 fils de communication, l'un pour la transmission (Tx) et l'autre pour la réception (Rx) et un fil de masse.

III.1.4.2. Protocole de transmission :

Afin que les éléments communicants puissent se comprendre, il est nécessaire d'établir un protocole de transmission. Ce protocole devra être le même pour les deux éléments afin que la transmission fonctionne correctement.

Paramètres entrant en jeu :

- § **Longueur des mots** : 7 bits (ex : caractère ascii) ou 8 bits
- § **La vitesse de transmission** : les différentes vitesses de transmission sont réglables à partir de 110 bauds (bits par seconde) de la façon suivante : 110 bds , 150 bds , 300 bds , 600 bds, 1200 bds, 2400 bds, 4800 bds, 9600 bds.
- § **Parité** : le mot transmis peut être suivi ou non d'un bit de parité qui sert à détecter les erreurs éventuelles de transmission. Il existe deux types de parités :
 - ü **parité paire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit paire sur l'ensemble donné + bit de parité. ex : soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 1, ramenant ainsi le nombre de 1 à 6.
 - ü **parité impaire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit impaire sur l'ensemble donné + bit de parité.
- Ex** : soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 0, laissant ainsi un nombre de 1 impaire.
- § **Bit de Start** : la ligne au repos est à l'état logique 1 pour indiquer qu'un mot va être transmis la ligne passe à l'état bas avant de commencer le transfert. Ce bit permet de synchroniser l'horloge du récepteur.
- § **Bit de stop** : après la transmission, la ligne est positionnée au repos pendant 1 , 2 ou 1,5 périodes d'horloge selon le nombre de bits de stop.

Le bit de Start apparait en premier dans la trame puis les données (poids faible en premier), la parité éventuelle et le (les) bit(s) de stop.

Exemple : Soit à transmettre en parité paire, avec 2 bits de stop, le caractère B dont le codage ascii est 1000010(2) la trame sera la suivante :

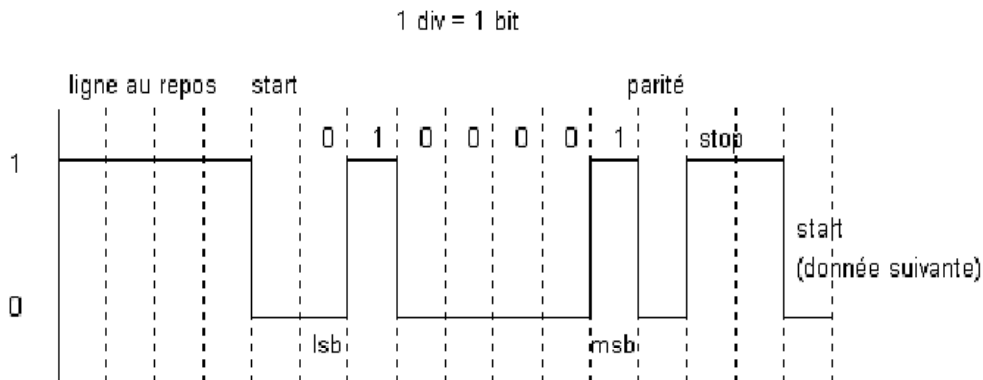


Figure -20- : Exemple de transmission série

III.1.4.3. Principe d'adaptation PIC- RS232:

Passons maintenant au principe d'adaptation entre le PIC et le port série RS232. Le PIC utilise les niveaux 0V et 5V pour définir respectivement des signaux « 0 » et « 1 ». La norme RS232 définit des niveaux de +12V et -12V pour établir ces mêmes niveaux.

Nous aurons donc besoin d'un circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC et PC. La pin TX du PIC émettra en 0V/5V et sera convertie en +12V/-12V vers notre PC. La ligne RX du PIC recevra les signaux en provenance du PC, signaux qui seront converti du +12V/-12V en 0V/5V par notre circuit de pilotage du bus.

Notons que la liaison étant full-duplex, émission et réception sont croisées, chaque fil ne transitant l'information que dans un seul sens. Nous utiliserons le célèbre circuit MAX232 pour effectuer cette adaptation de niveaux. Ce circuit contient un double convertisseur à double direction. Autrement dit, il dispose de :

- ü 2 blocs, dénommés T1 et T2, qui convertissent les niveaux entrés en 0V/5V en signaux sortis sous +12V/-12V. En réalité, on n'a pas tout à fait +12V et -12V, mais plutôt de l'ordre de +8,5V/-8,5V ce qui reste dans la norme RS232.
- ü 2 blocs, dénommés R1 et R2, qui convertissent les niveaux entrés en +12V/-12V en signaux sortis sous 0V/5V.

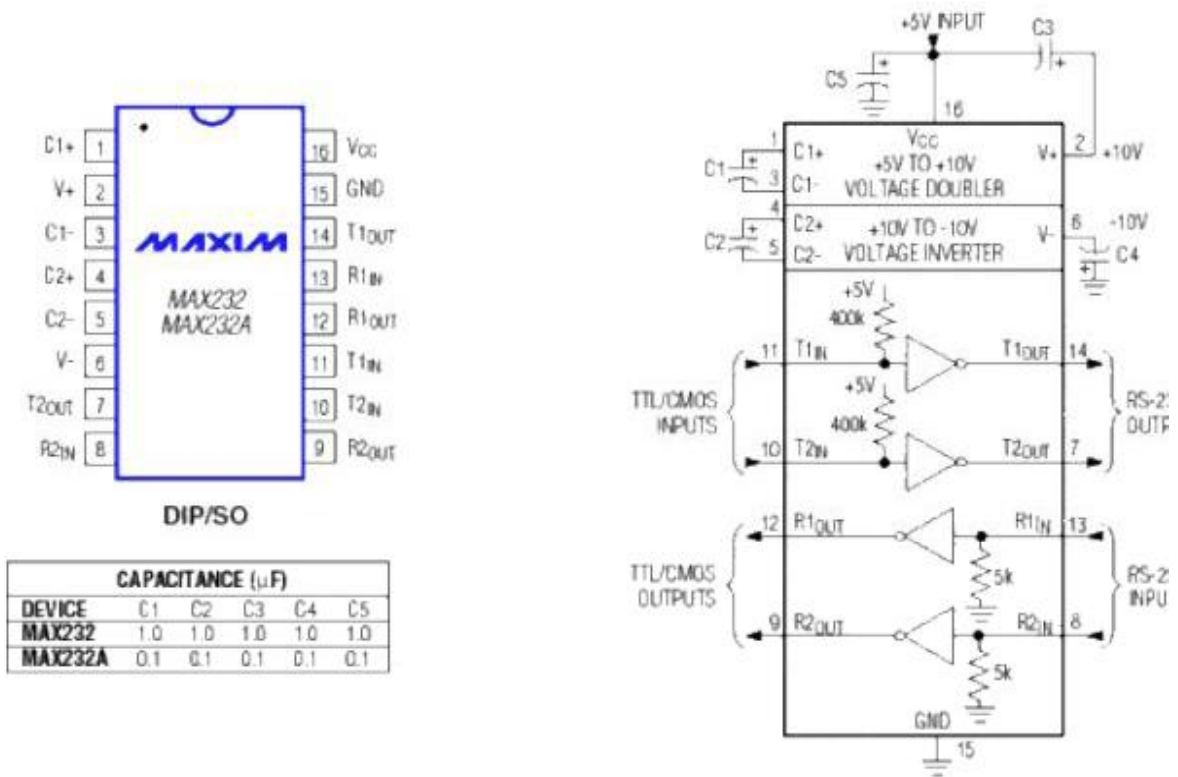


Figure -21- : Circuit intégré MAX 232.

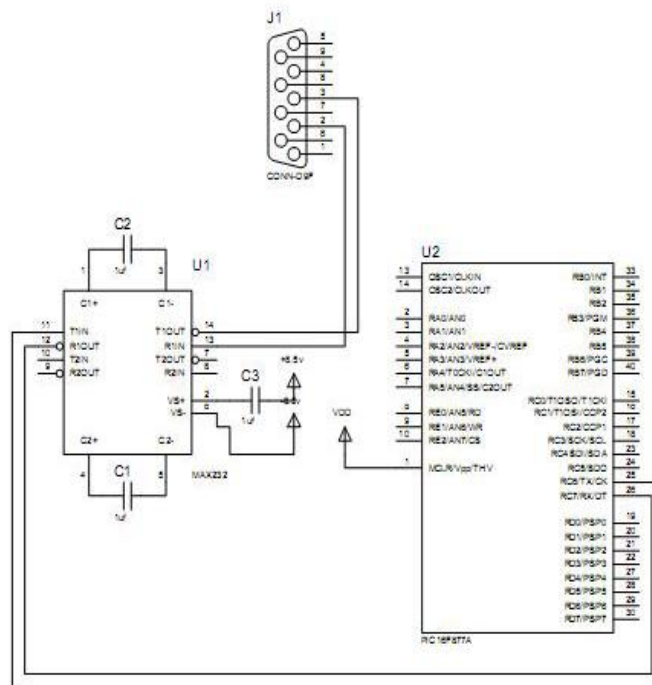


Figure -22- : Adaptation PIC avec RS232 à base d'un max 232.

III.1.4.4. Alimentation :

Le terme d'alimentation électrique désigne un ensemble de systèmes capables de fournir de l'électricité aux appareils fonctionnant avec cette énergie. Plus spécifiquement, l'alimentation électrique est l'appareillage qui tire le courant électrique d'un réseau électrique et le fournit, sous une forme appropriée, à un autre appareil: courant, tension et fréquence tels que l'appareil le reçoit de façon stable et constante.

Le bloc d'alimentation qu'on utilise délivre une tension de +5V pour l'afficheur, le microcontrôleur, et le capteur de température.

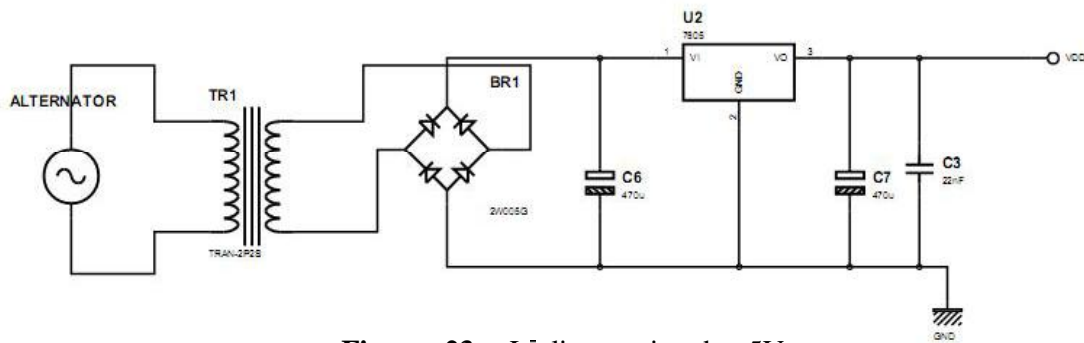


Figure -23- : L'alimentation de +5V.

III.2. Conception logicielle :**III.2.1- Les organigrammes :**

Les organigrammes ont pour but de faciliter la compréhension du déroulement du programme, et ne représentent que les actions principales effectués par le microcontrôleur.

Déclaration des variables :

Float: Temp_Cap_1, Temp_Cap_2, Temp_Cap_3, Temp_Cap_4 ;

Float : Temp_Cap_5, Temp_Cap_6, Temp_Cap_7, Temp_Cap_8 ;

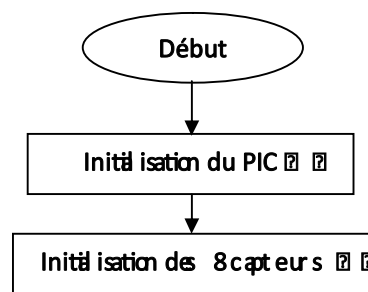
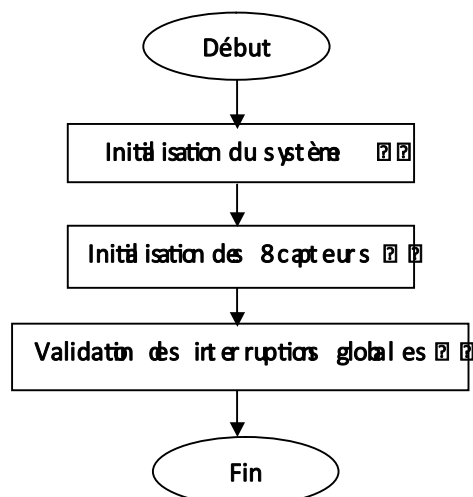
Static unsigned int : tempo = 0 ; //variable initialisée à 0

Signed int temp_mesuree_int ; // partie entière de température mesurée

Float temp_mesuree_float; // partie entière de température mesurée

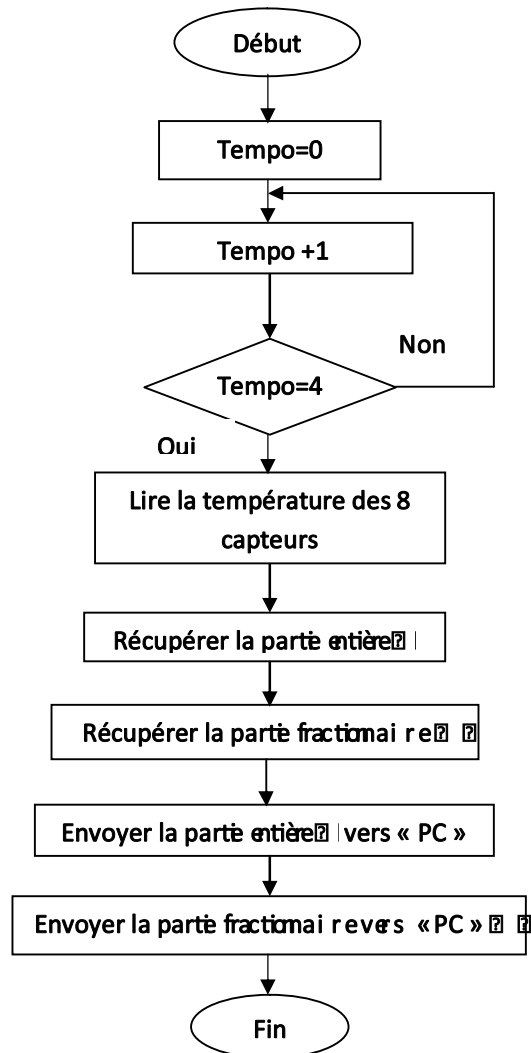
Float calcul; // variable temporaire pour faire des calculs

Char frac[4]; // sauvegarder la partie fractionnaire de temps mesuré

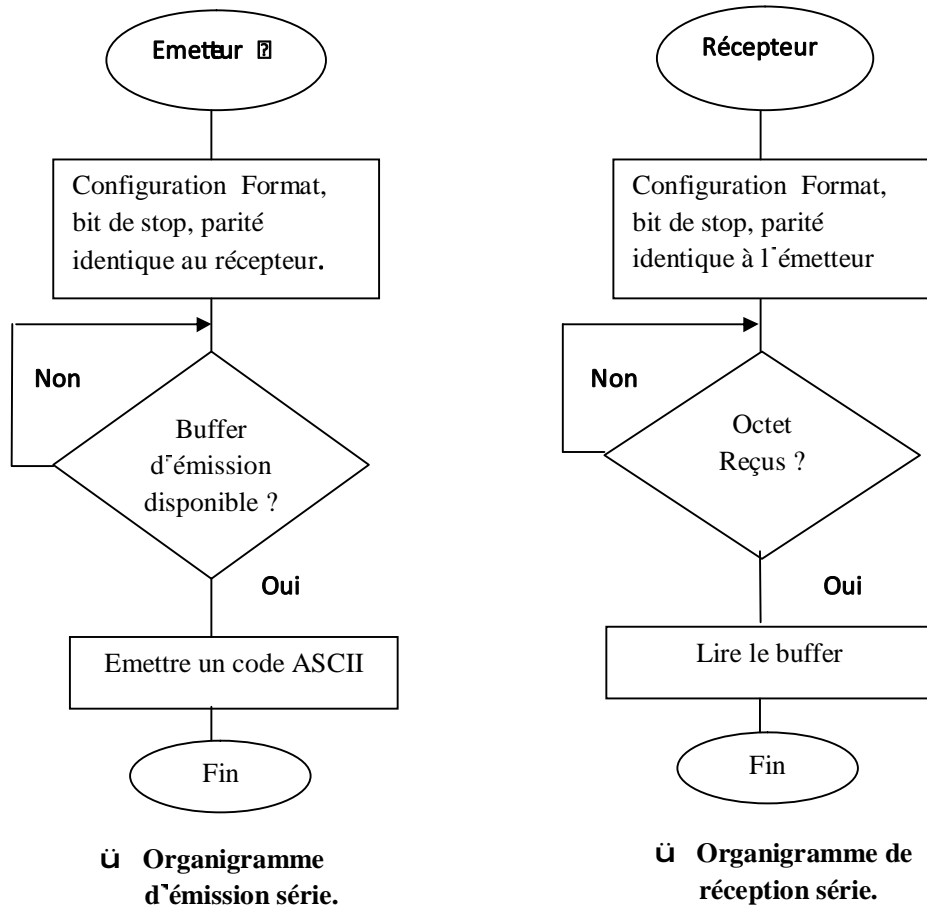
III.2.1.1. Organigramme d'initialisation :**III.2.1.2. Organigramme du déroulement du programme principal :**

III.2.1.3. Organigramme d'interruption du timer_1 :

A chaque intervalle de 2 s, on fait une lecture des 8 capteurs de température et on envoie les résultats vers le PC (micro-ordinateur) pour l'affichage.



III.2.1.4.Organigramme d'émission/réception série par RS232 :



NB : Pour ce qui est des programmes liés à ces organigrammes (voir Annexe).

III.2.2.Ecriture et transfert du programme dans le PIC :

L'écriture du programme dans le PIC se fait par le compilateur CCS avec le langage C, nous l'écrivons d'abord sous forme littéral, après compilation, un fichier hexadécimal sera créé automatiquement et enfin on le transfère vers la mémoire du PIC en utilisant le logiciel WinPic800.

III.2.2.1.Utilisation du logiciel CCS :

Pour l'écriture du code source du PIC, nous utilisons l'éditeur de texte du logiciel CCS. Ce logiciel que nous allons utiliser a un fichier intégré d'aide à la mise en route (un Wizard) bien pratique. La figure1 donne le premier écran qu'on obtient après le lancement du logiciel.

En créant un dossier vide où on enregistre le programme . Après On lance le logiciel et en cliquant sur les boutons « Projet », « PIC Wizard» simultanément ensuite il apparait une fenêtre où le programme s'enregistre (dossier vide).

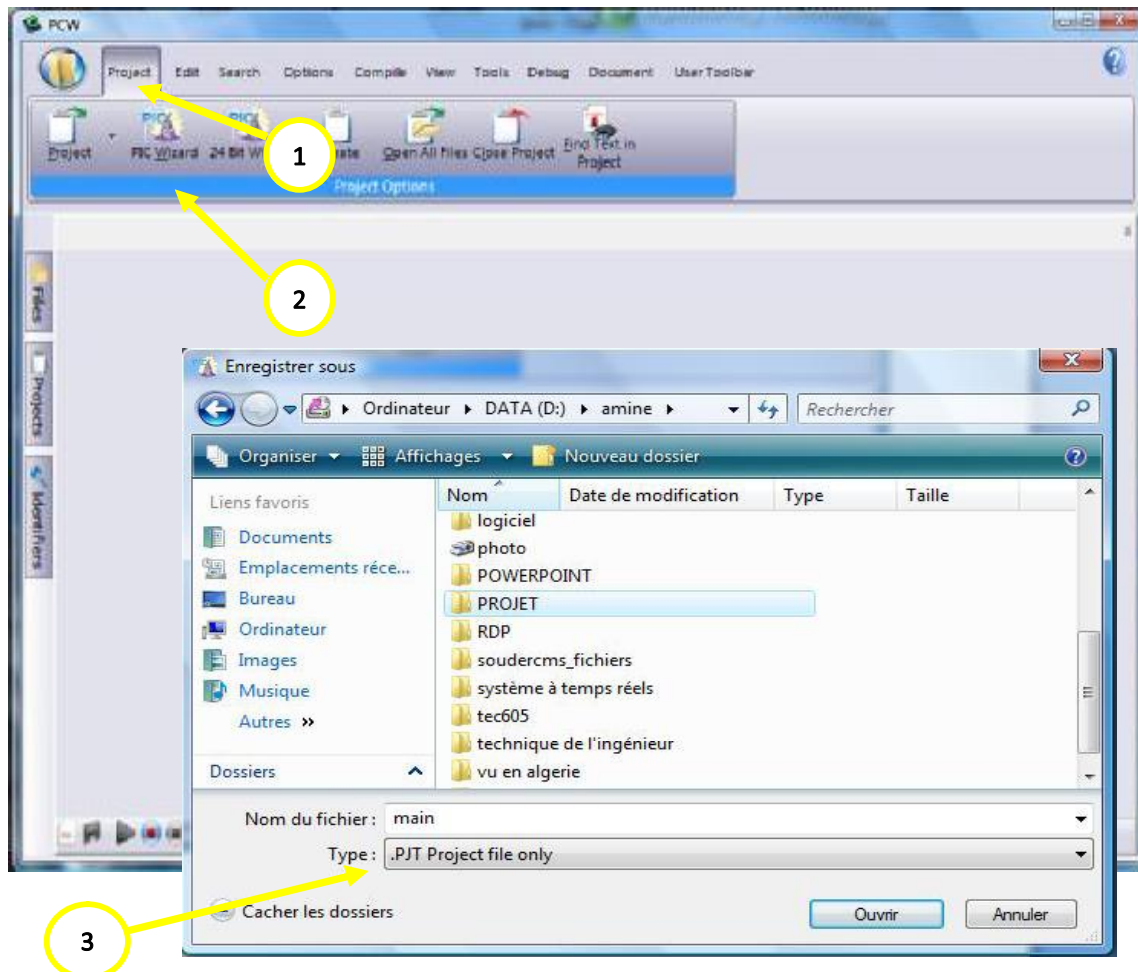


Figure -24- : Création et enregistrement du programme

Ensuite il apparaîtra une fenêtre qui fait la configuration du PIC par le logiciel qui est constitué de deux parties, l'une « à gauche » pour choisir le bloc pour la configuration du PIC et l'autre « à droite » comment le configurer, on prend l'exemple de la figure -25- Et sélectionnant le bouton « OK » après la configuration de tous les blocs qui existent.

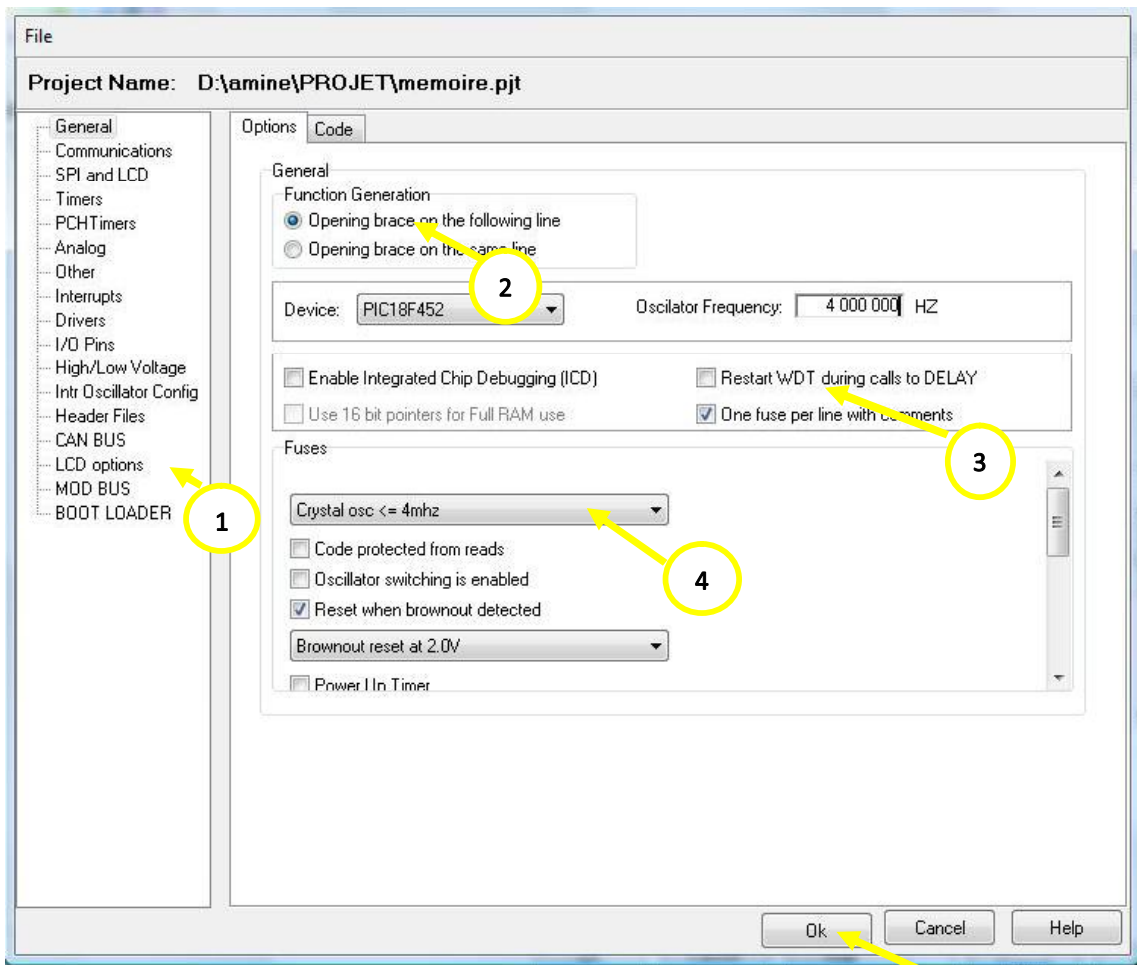


Figure -25- : Configuration du PIC par logiciel

Enfin il apparaîtra la dernière fenêtre où l'on va écrire notre programme avec la partie du programme qui est configuré par logiciel et on finis par la compilation telle qu'elle est montrée dans les deux figure-26- et Figure -27-

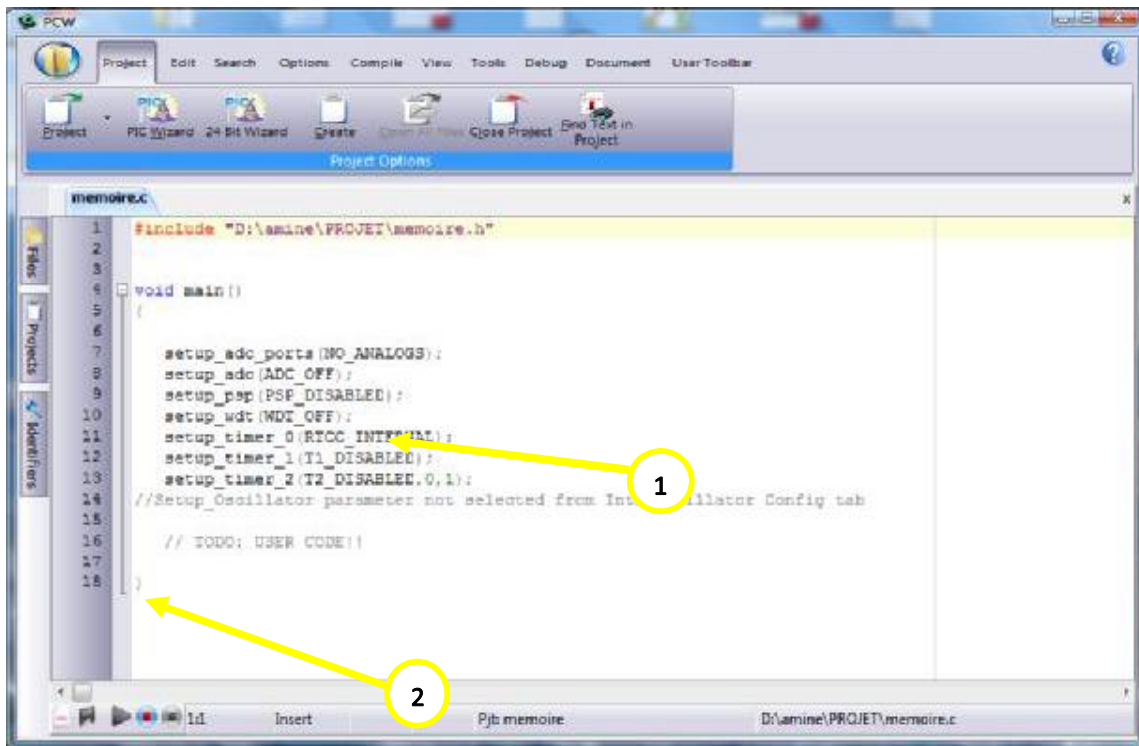


Figure-26- : Ecriture du programme

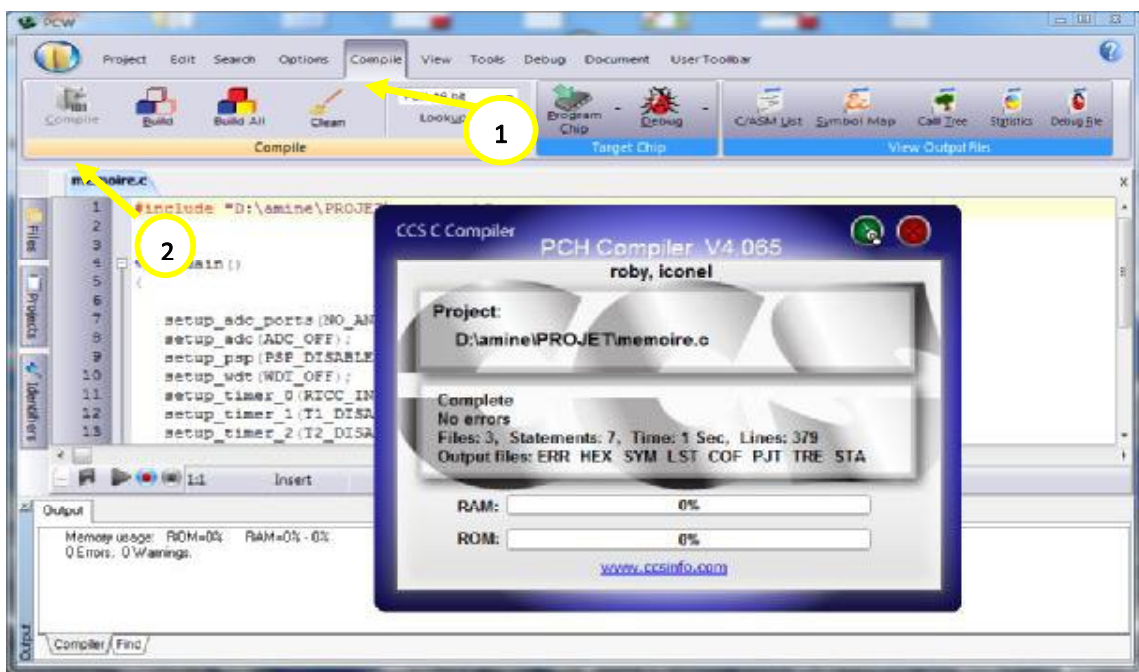


Figure -27- : Compilation du programme

III.2.2.2.WinPic800_3.55G :

Pour le flashage du PIC on suit les étapes suivantes :

- ü On place le PIC 16F877A sur le support du programmeur universel.
- ü On branche le programmeur à l'unité centrale du micro-ordinateur et on le met sous tension.
- ü On lance le logiciel WinPic800_3.55G.
- ü On choisit le PIC (dans mon cas c'est le 16F877A).
- ü La configuration des paramètres du PIC sur le logiciel.

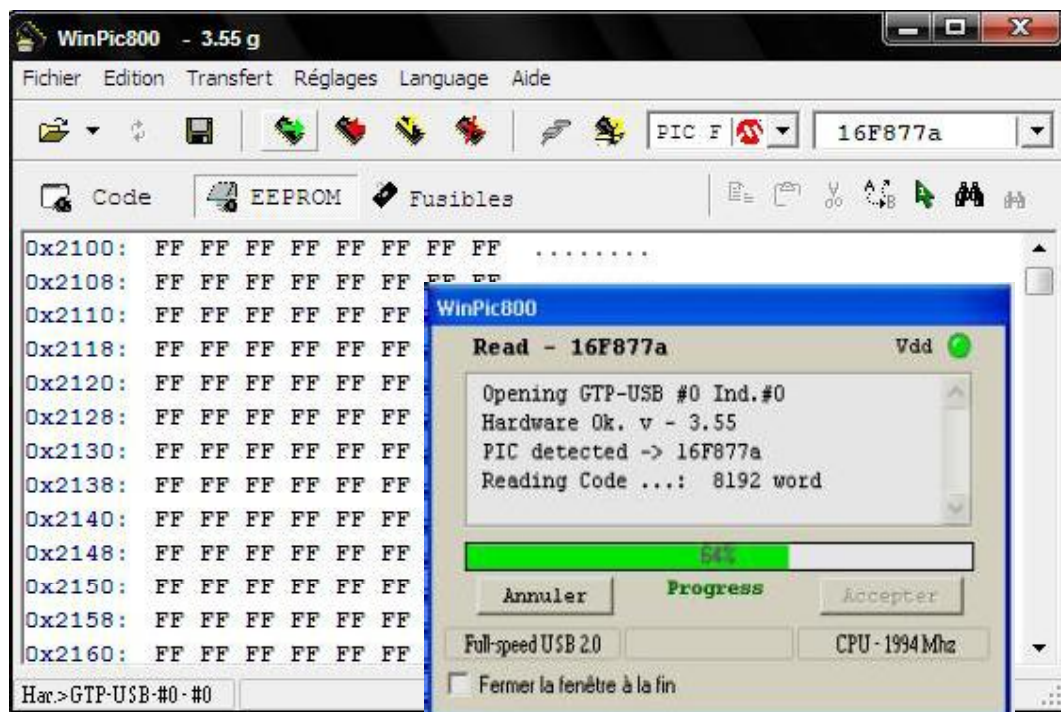


Figure -28- : Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G

III.2.2.3.Affichage sur micro ordinateur

III.2.2.3.1.Présentation de l'environnement DELPHI 7 :

Delphi est un système de développement visuel rapide sous Windows (**Rapid Application Development**) qui permet de créer des applications fenêtrées directement exécutables (.EXE) et redistribuables librement sous Windows ou DOS. Sa simplicité d'emploi autorise une utilisation immédiate, car il suffit de cliquer-glisser des composants dans une fiche et de gérer quelques événements pour créer des applications simples. Des assistants, modèles et tuteurs interactifs facilitent la prise en main du logiciel. Il utilise le langage Pascal Orienté Objet (il est toutefois possible d'utiliser d'anciennes sources en Pascal standard grâce au compilateur en ligne de commande). Ce langage est facile à apprendre et beaucoup plus simple que le C++ traditionnel. Les objets utilisés ont des propriétés et des méthodes. Les propriétés sont les

caractéristiques de l'objet (couleur, taille, ...) tandis que les méthodes sont les procédures (classiques ou événementielles) et fonctions qui y sont rattachées.

III.2.2.3.2. Description du logiciel DELPHI7 :

III.2.2.3.2.1. L'écran de Delphi : On voit la barre de titre, la barre des menus, la barre d'outils (à gauche), la palette des composants, la fenêtre principale, l'éditeur de code (en dessous) et l'inspecteur de propriétés (et la vue arborescente des objets). Une fiche est créée d'office, c'est la fenêtre principale de l'application (modifiable).

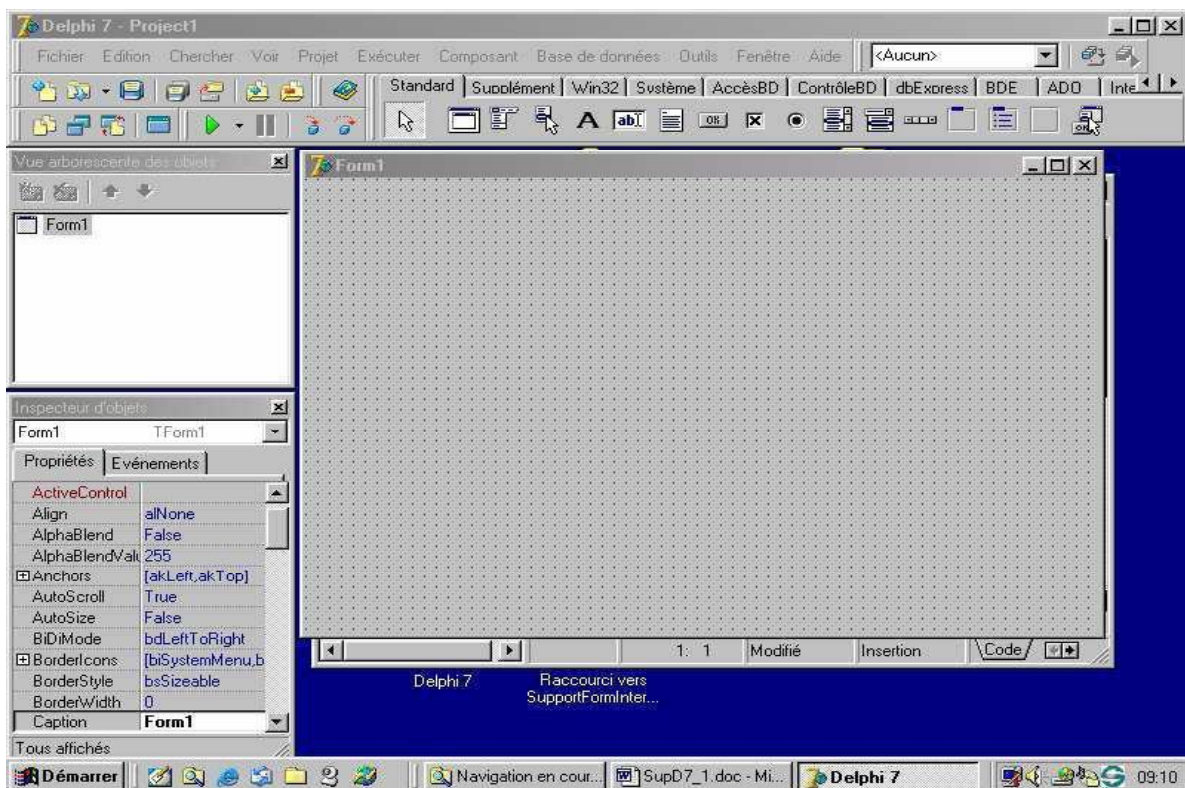


Figure -29- : L'écran de Delphi.

III.2.2.3.2.2. La barre d'outils (paramétrable) :

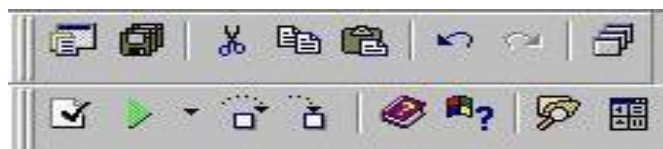


Figure -30- : La barre d'outils.

III.2.2.3.2.3. La palette des composants : C'est une barre d'outils de type particulier: on y trouve les objets qui existent déjà dans Delphi. Les onglets correspondent aux catégories de

composants: cliquer sur l'onglet pour changer de palette. Pour placer un composant dans la fiche, on peut cliquer sur un composant puis cliquer dans la fiche (cliquer-glisser pour redimensionner de suite). Il est également possible de double-cliquer sur un composant: il se mettra automatiquement au centre de la fiche en cours. Pour placer plusieurs composants identiques, sélectionner le type avec maj-clic.

Figure-31- : La palette des composants.

III.2.2.3.2.4.L'inspecteur d'objets : L'inspecteur d'objets de Delphi est la passerelle entre l'aspect visuel de votre application et le code qui lui permet de fonctionner.

L'inspecteur d'objets vous permet de :

- définir en mode conception les propriétés des composants que vous placez sur une fiche (ou de la fiche elle-même),
- créer les gestionnaires d'événements.

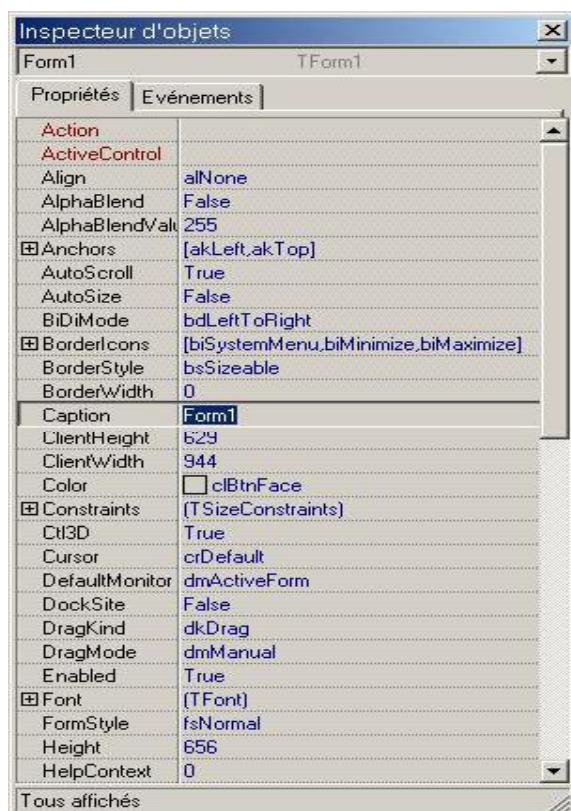


Figure -32- : L'inspecteur d'objets.

III.2.2.3.2. Programmation sous DELPHI : (voir l'annexe)

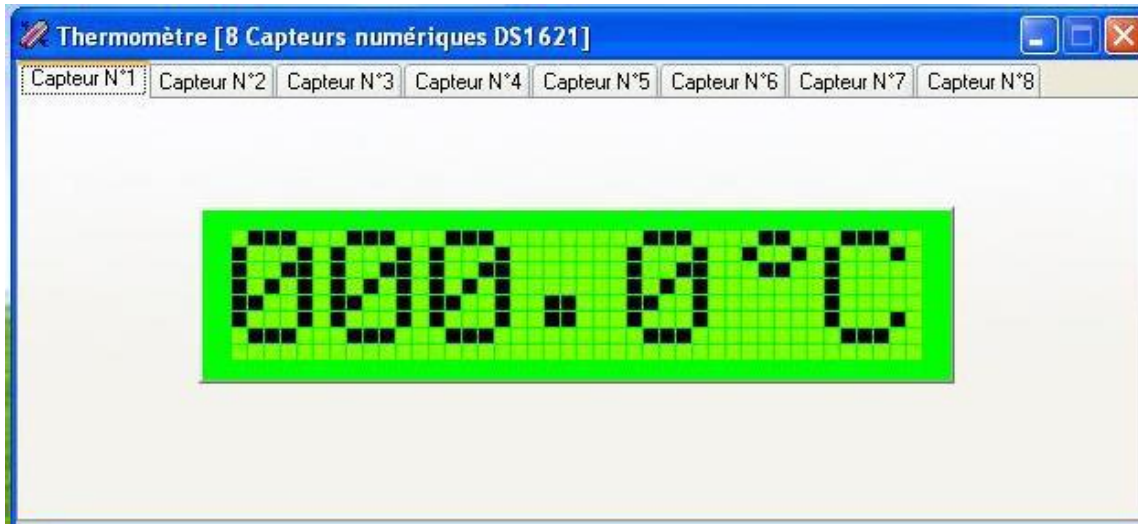


Figure -33- : Interface d'affichage.

III.2.2.4. Réalisation pratique :

Pour la réalisation pratique, on est passés par deux étapes essentielles :

- Ø Réalisation du circuit imprimé.
- Ø L'implantation des composants.

III.2.2.4.1. Circuit imprimé de la carte de commande:

Le circuit imprimé est présenté à la figure ci-dessous, il est réalisé par le logiciel de routage et de simulation électronique « PROTEUS 7.6 ».

III.2.2.4.1.1. L'insolation :

C'est une phase importante du processus de la réalisation d'un circuit imprimé.

Il faudrait bien vérifier les points suivants :

- Ø Le bon plaquage du typon sur la face sensible de la plaque.
- Ø Le sens du typon (Face Cuivré ou non).
- Ø La durée de l'insolation.

III.2.2.4.1.2. La gravure :

Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue après insolation dans le révélateur pour éliminer la résine brûlée par les UV et après lavage de la plaque avec de l'eau, on la plonge dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine. Après avoir terminé on la rince à grande eau.

III.2.2.4.1.3. Le perçage :

On fixe la plaque sur une planche en bois afin d'éviter tous mouvements de cette dernière pendant le perçage, et pour chaque diamètre des trous on choisit le foret qui convient.

III.2.2.4.1.4. Implantation des composants de la carte de commande :

Dans cette partie, on fait la présentation des composants sur la carte dans leur place.

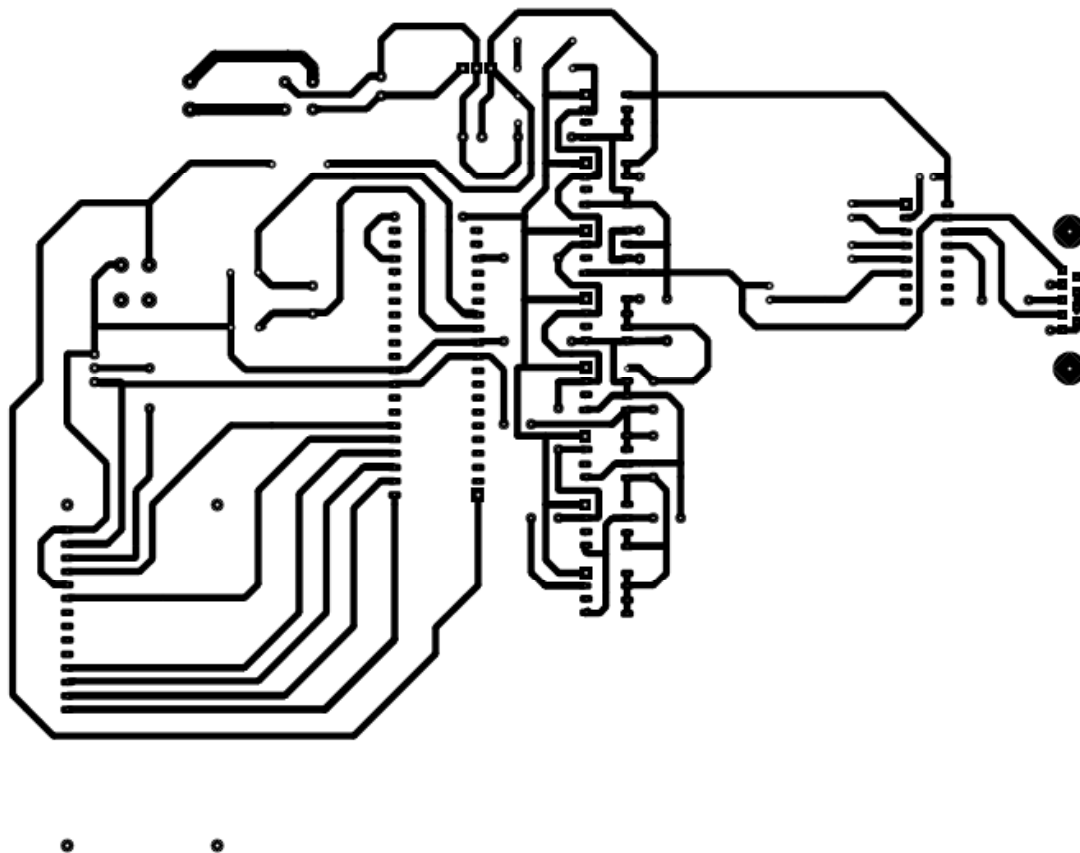


Figure -34- : Le coté cuivre du circuit imprimé de la carte d'acquisition.

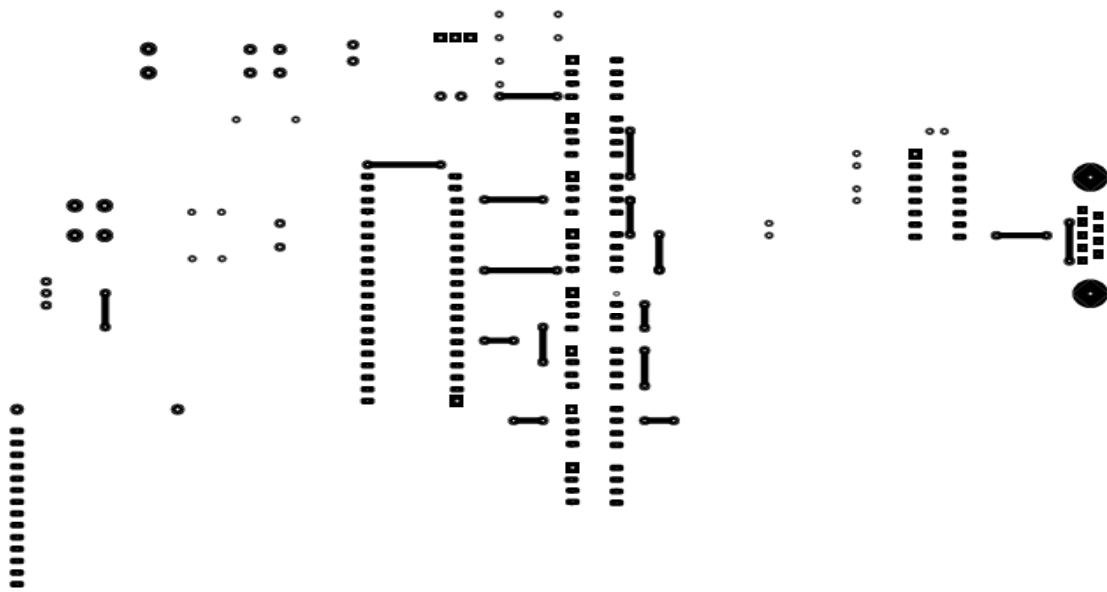


Figure -35- : Le coté composant de la carte d'acquisition.

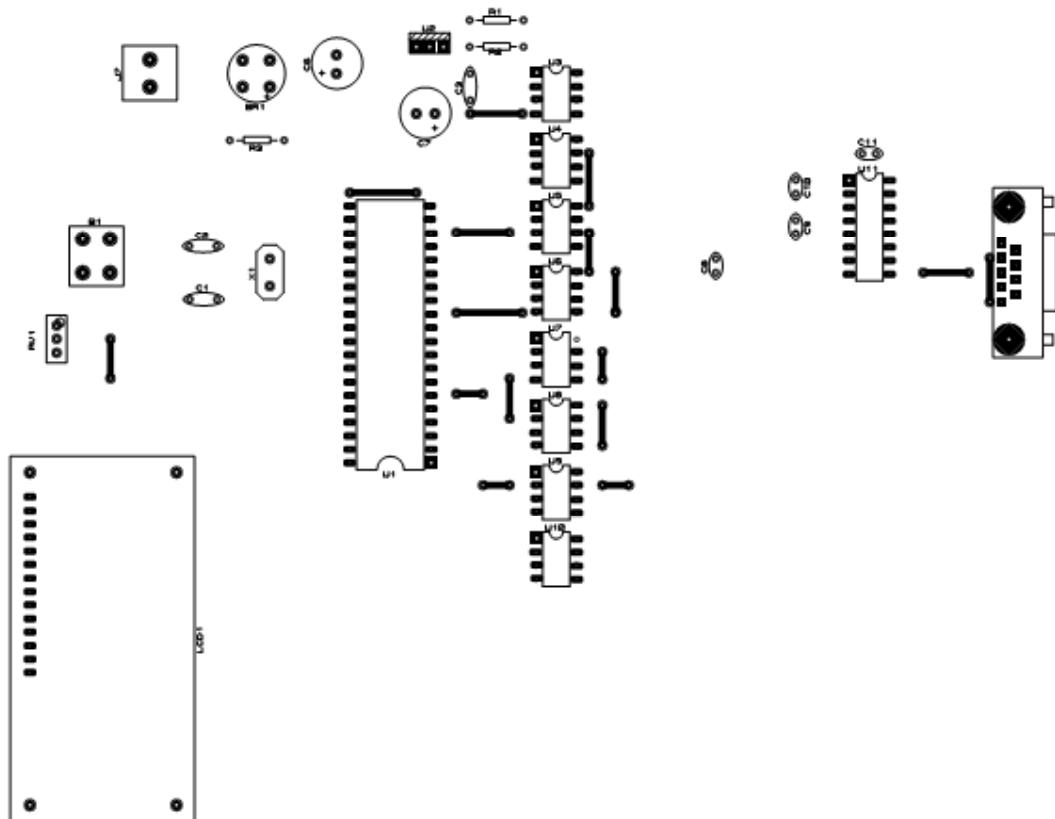


Figure -36- : Implantation des composants

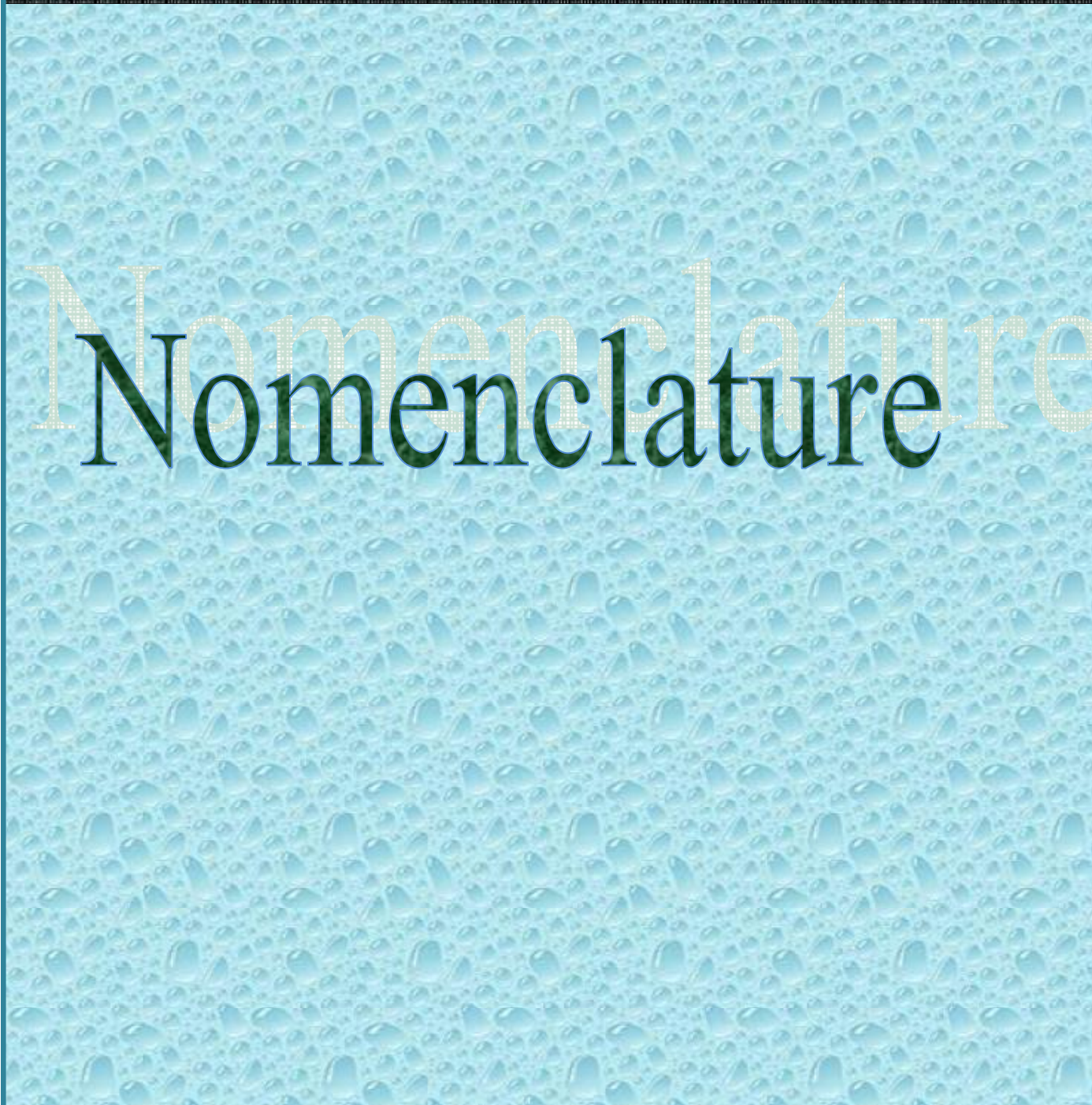
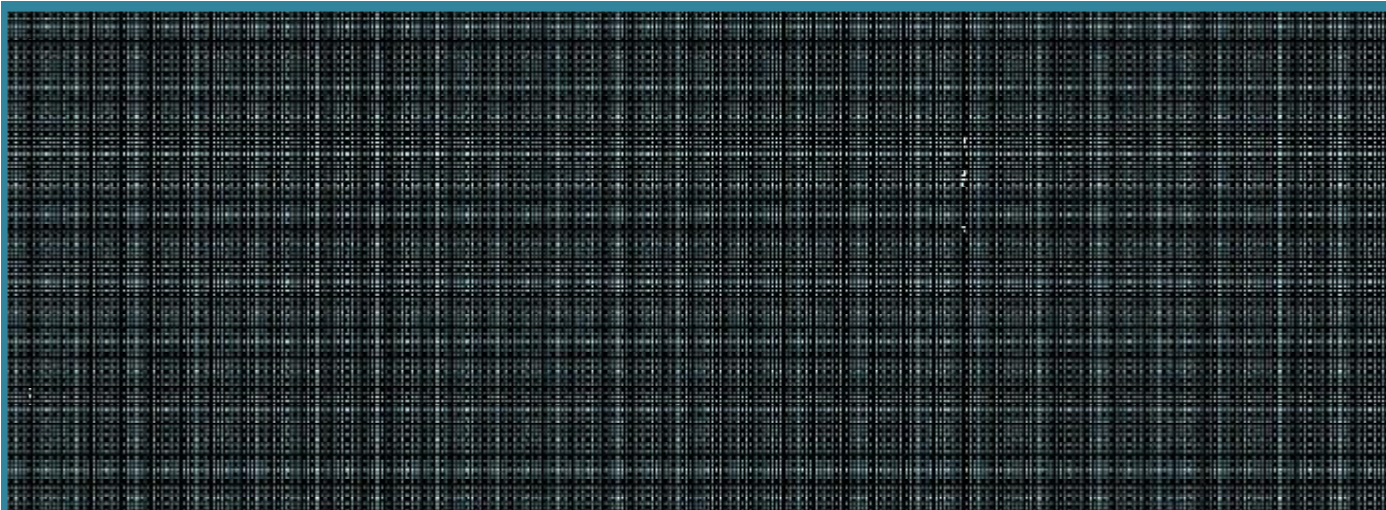


Conclusion Générale

De nos jours l'avantage avec l'électronique actuel c'est son pouvoir de passer à la conception des circuits importants et leur mise en œuvre avec une grande souplesse et fidélité offerte par l'énorme degré d'intégration des circuits électroniques , le microcontrôleur est « l'un des circuits intégrés » qu'on a utilisé et le plus important élément dans notre carte d'acquisition, ajoutant à ce circuit le pouvoir informatique , on aura l'avantage de traduire des problèmes matériels à des problèmes de programmation qui sont plus facile à régler, avec un langage de programmation adapté qui sera le point essentielle de notre réalisation .

Ce projet de fin d'études nous a bien aider à complété notre cursus dans le domaine de l'électronique, car en plus de toute la théorie étudié durant ce cursus, cette année nous a servie au perfectionnement de nos acquis pratiques et à l'utilisation de divers logiciels de programmation et de conception telle que (CCS PIC C COMPILER et WIN PIC800 , PROTEUS PROFESSIONNEL 7.6 « ISIS » pour les schémas et circuits intégrés , et pour l'interface graphique le logiciel DELPHIetc. Ce projet sera d'un intérêt général à la mesure dans le domaine de la météorologie et d'agronomie, et dans le secteur médical ...etc.

Pour finir , cela n'exclu pas au future génération d'étudiants d'apporté des améliorations dans ce projet, telle que la transmission à distance des données acquisitionnées.



Nomenclature



Nomenclature des composants

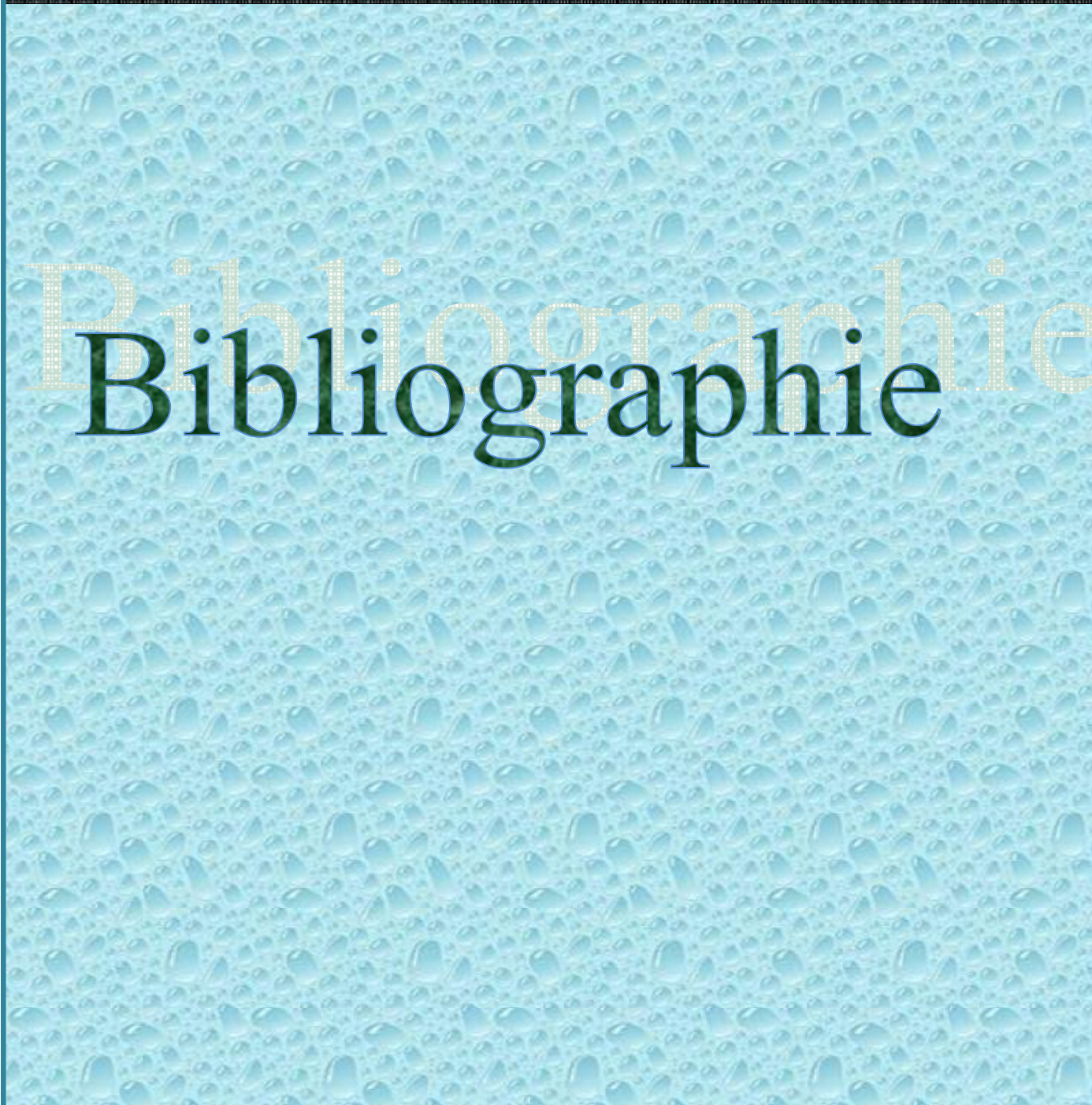
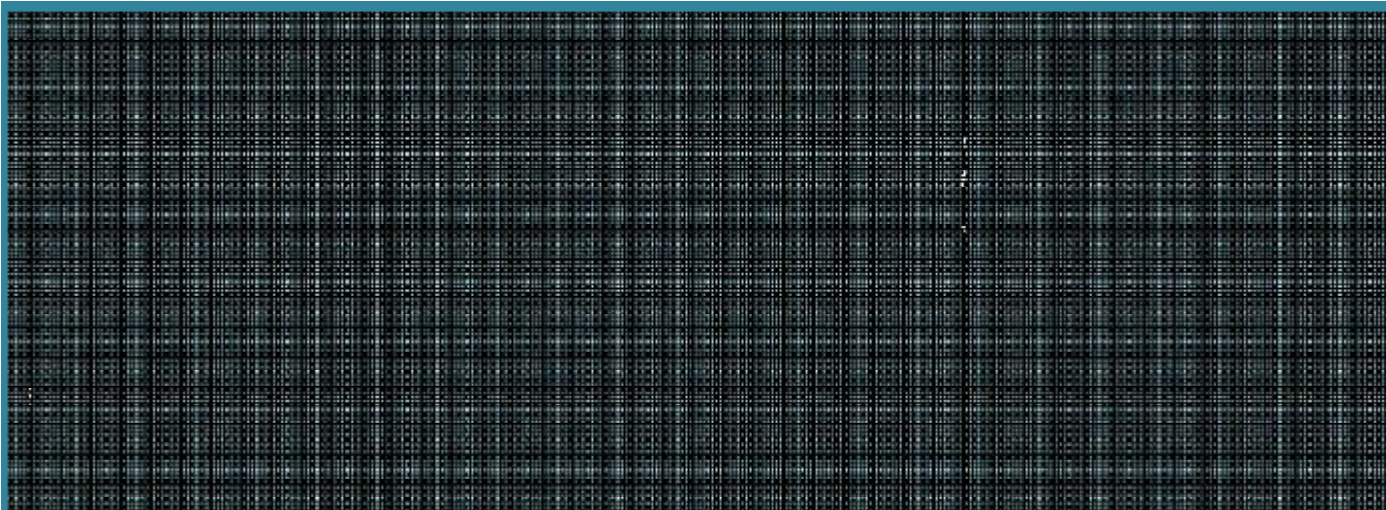
Les tableaux ci-dessous montrent les composants utilisés dans notre circuit :

Résistance		
Quantités	Référence	Type
1	Potentiomètre	1K
3	R1 ,R2, R3	10K

Capacités		
Quantités	Référence	Type
2	C6, C7	470uF
1	C3,	22nF
2	C1, C2	15pF
4	C8, C9, C10 , C11	10uF

Circuits intégrés		
Quantités	Référence	Type
1	U1	PIC 16F877A
8	U3,U4 ,U5,U6,U7,U8,U9 ,U10	DS 1621
1	U10	MAX232
1	U1	7805

Autres composants		
Quantité	Référence	Valeur
1	Boutons Poussoirs	
1	Quartz	4MHZ
1	LCD	GMD 1602A
1	Connecteur male RS232	



Bibliographie



[1] Christian tavernier, Apprendre la programmation des PIC, PARIS, l'USINE NOUVELLE, DUNOD, 2005.

[2] Bigonoff : La programmation des Pics édition 2002.

[3] Pascal mayeux : Apprendre la programmation des Pics, 3^{ème} édition, PARIS, DUNOD, 2005.

[4] Christian Dupaty Professeur de génie électrique , dupaty@univ-mrs.fr, Connaissance nécessaires à la programmation des microcontrôleurs en langage C .

[5] M^r. Akouba Aziz et M^r. Audjehout Yacine , Etude et réalisation d'un thermomètre numérique à capteur numérique, FGEI ,UMMTO 2009.

[6] Georges Asch et collaborateurs :Acquisition de données Du capteur à l'ordinateur, 2^{ème} édition, DUNOD , 2003.

Documents Internet :

[1] <http://www.planete.net/~surbanov/i2c/intro.html> . Cour sur le bus I2C.

[2] <http://www.esacademy.com/faq/i2c/index.htm>. Cour sur le bus I2C.

[3] <http://www.abcelectronique.com/>

Forum de discussion sur le domaine de l'électronique.

[4] <http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/>

Fabrice sincère, documentation et orientation en électronique.

[5] <http://www.microchip.com>

Site de cours d'électronique général



Annexe

Annexe

Table 1. DETAILED PIN DESCRIPTION

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION

OPERATION

Measuring Temperature

n. 0

Figure 1. DS1621 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

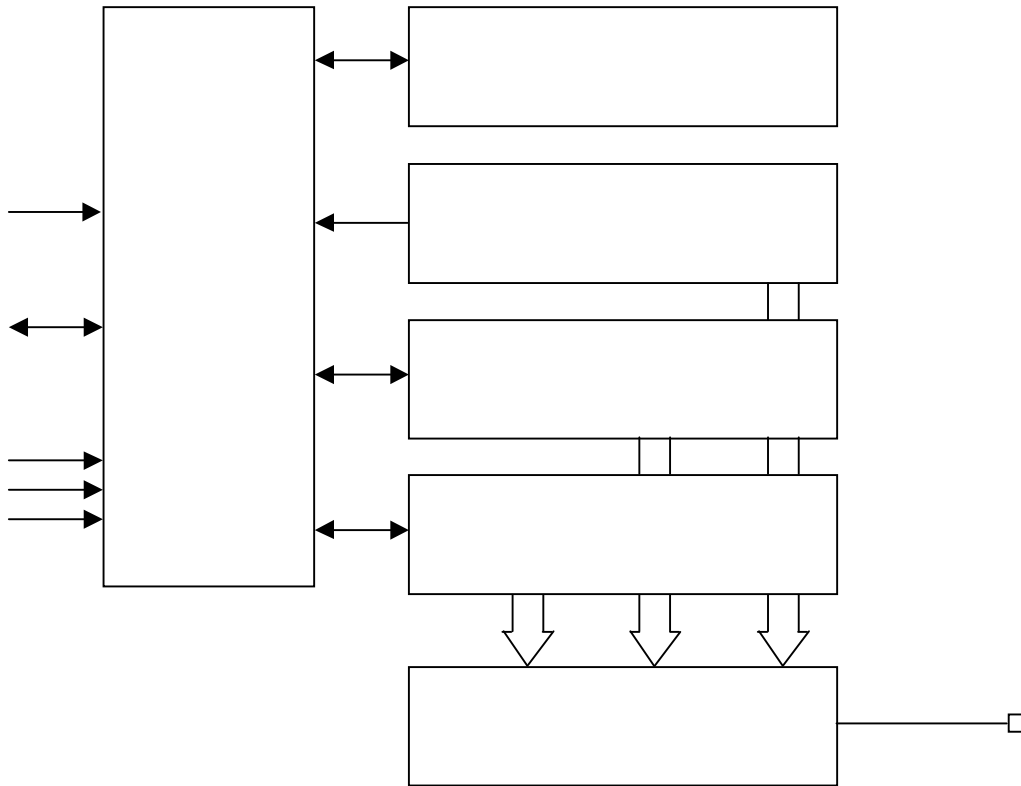


Figure 2. TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY

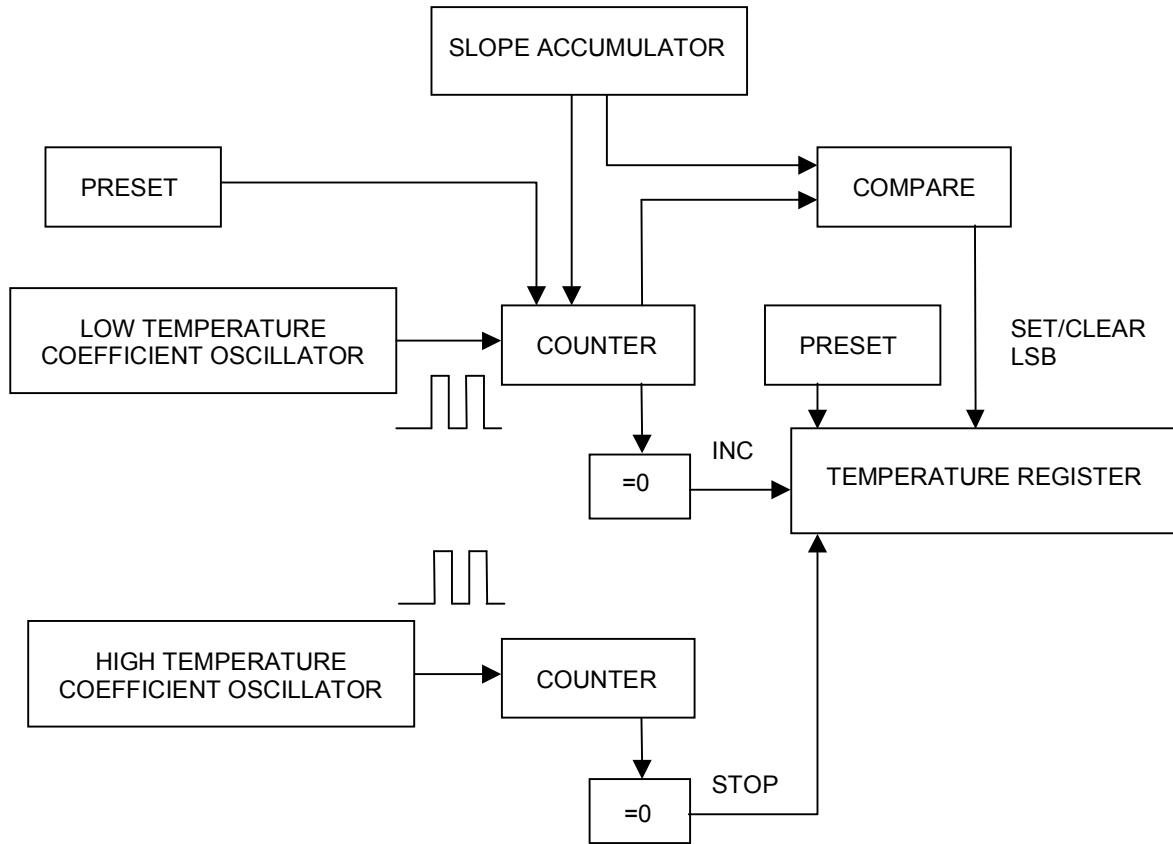


Table 2. TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
9»M p	C»»»»»C» CCCCCCCC	- ACC
9M p	CCC»»CC» CCCCCCCC	»nCC
9 p	CCCCCCC» CCCCCCCC	CCdC
9C p	CCCCCCCC CCCCCCCC	CCCC
. p	»»»»»»»»»» »CCCCCCC	XXdC
.M p	»»»»CC»»»» CCCCCCCC	▣- CC
.rr p	»»CC»CC» CCCCCCCC	p nCC

T

ti F»oM

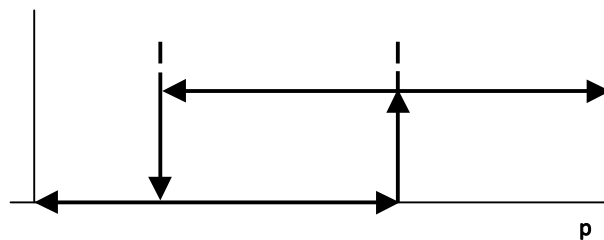


$$TEMPERATURE = TEMP_READ - 0.25 + \frac{COUNT_PER_C \times COUNT_REMAIN}{COUNT_PER_C}$$

Thermostat Control

f ti F » oM

Figure 3. THERMOSTAT OUTPUT OPERATION



OPERATION AND CONTROL



ti è y u p ti « » u p 0 C u p «

TOX u T O X «T »
TO«D » C

TbX u T b X «T »
Tb«D » C

yLA u y l A « » u f ☒ 0 C u

`èb u è ` A « » u 0 C u «T «

»FOèT u è F l «D»FOèT » 0
« D »FOèT C 0 tiF»oM

2-WIRE SERIAL DATA BUS

⌘T

⌘T

-
-

Bus not busy:

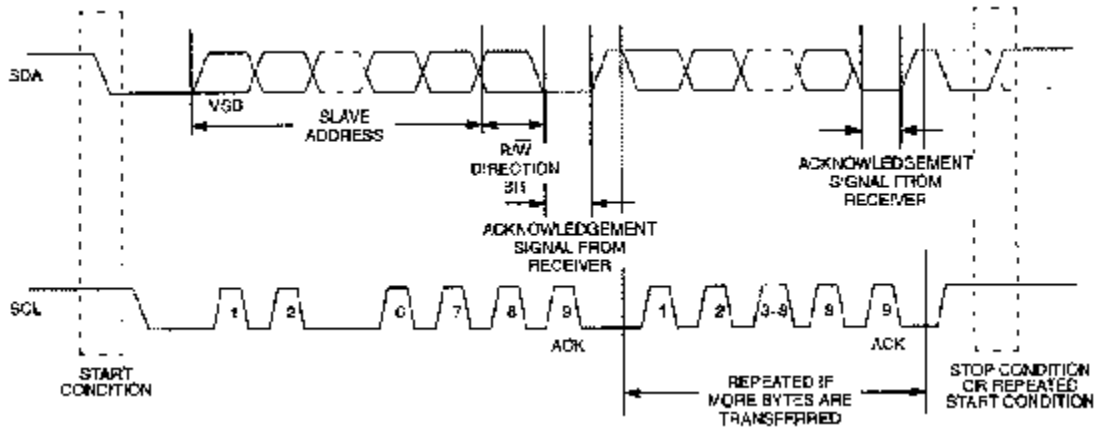
Start data transfer:

Stop data transfer:

Data valid:

Acknowledge:

Figure 4. DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS



Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.

Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.

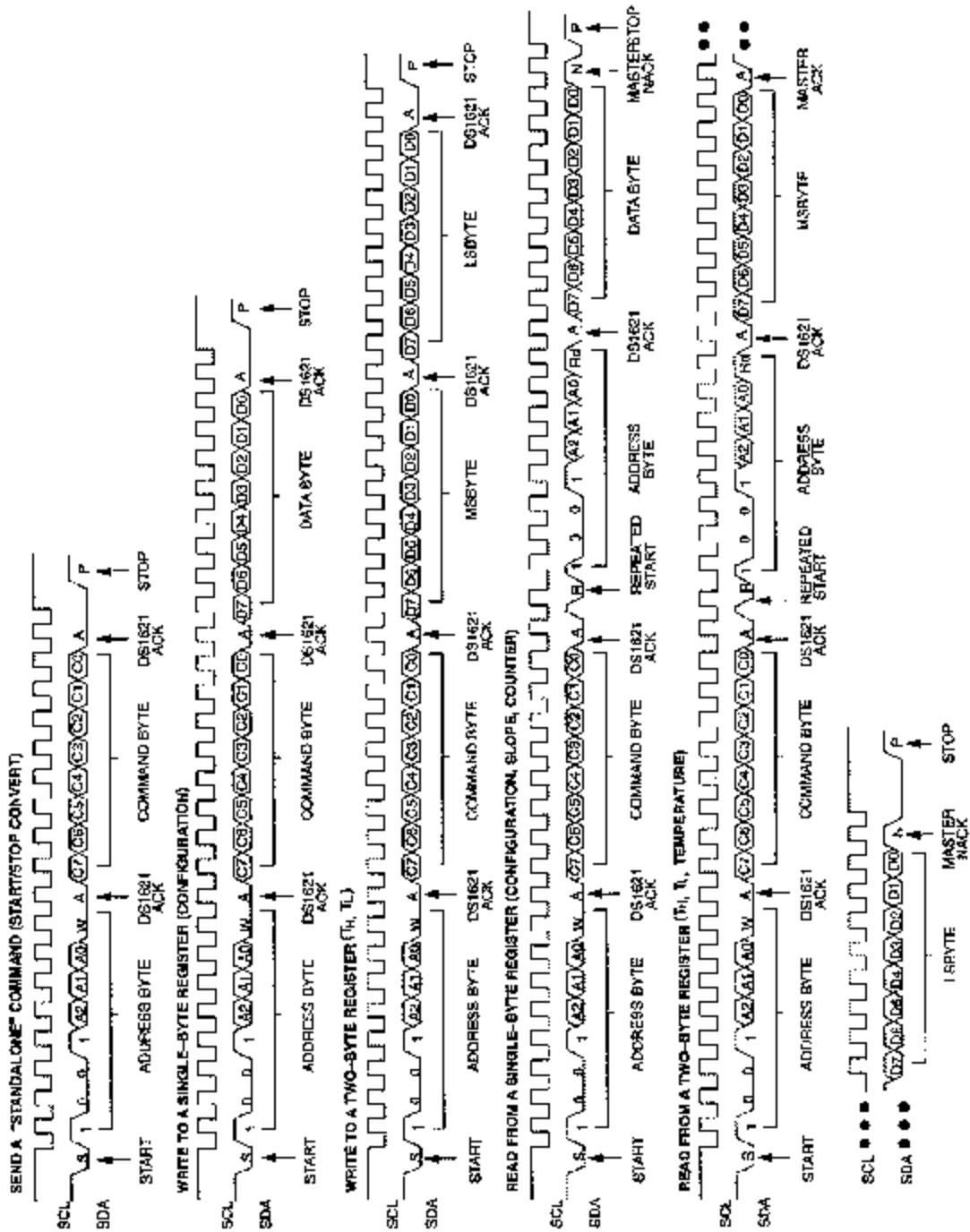
Slave receiver mode:

Slave transmitter mode:

SLAVE ADDRESS

«f » 0 — C «

Figure 5. 2-WIRE SERIAL COMMUNICATION WITH DS1621



COMMAND SET

C «S

0

»

Read Temperature [AAh]

Access TH [A1h]

C

TO 6DVO T¶I `¶gST=g¶7

«S

»

Access TL [A2h]

C

Tb 6èf

»

Access Config [ACh]

C

»

Read Counter [A8h]

» «

Read Slope [A9h]

» «

Start Convert T [EEh]

Stop Convert T [22h]

Table 3. DS1621 COMMAND SET

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	2-WIRE BUS DATA AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
THERMOSTAT COMMANDS				

NOTES:

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

» n
» n

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; V_{DD} = 2.7V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
		C _p - C _p ≤ ≤				p	
		C _p - C _p ≤ ≤			»	p	
		.rr p 9C p -C p »M p					
			.»C		»C	S	M

		.rr p 9dr p 9dr p 9»M p				S	i 0c
					»	S	i 0c

NOTES:

r«CL FtS OFpb ur«CL OC p -C p«

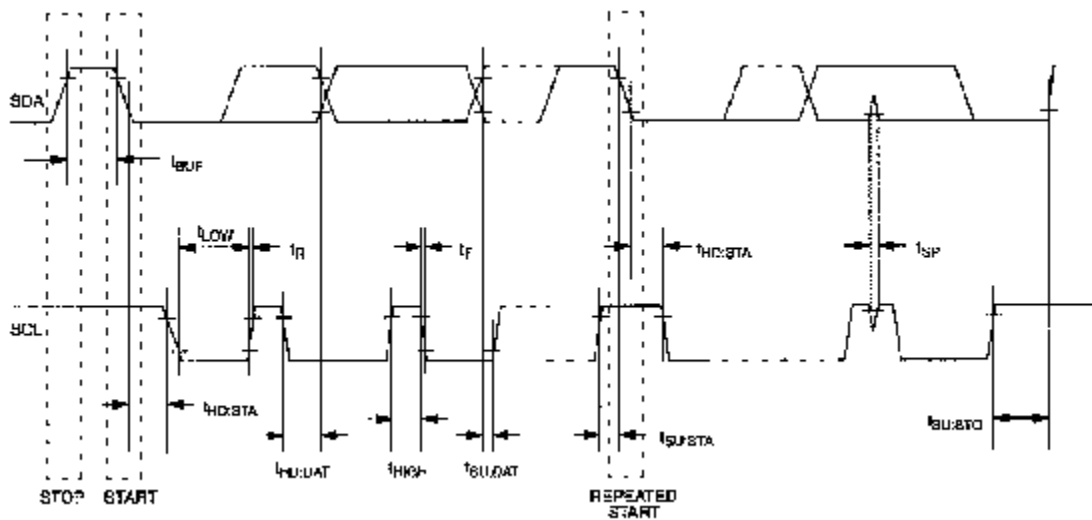
X«

n n

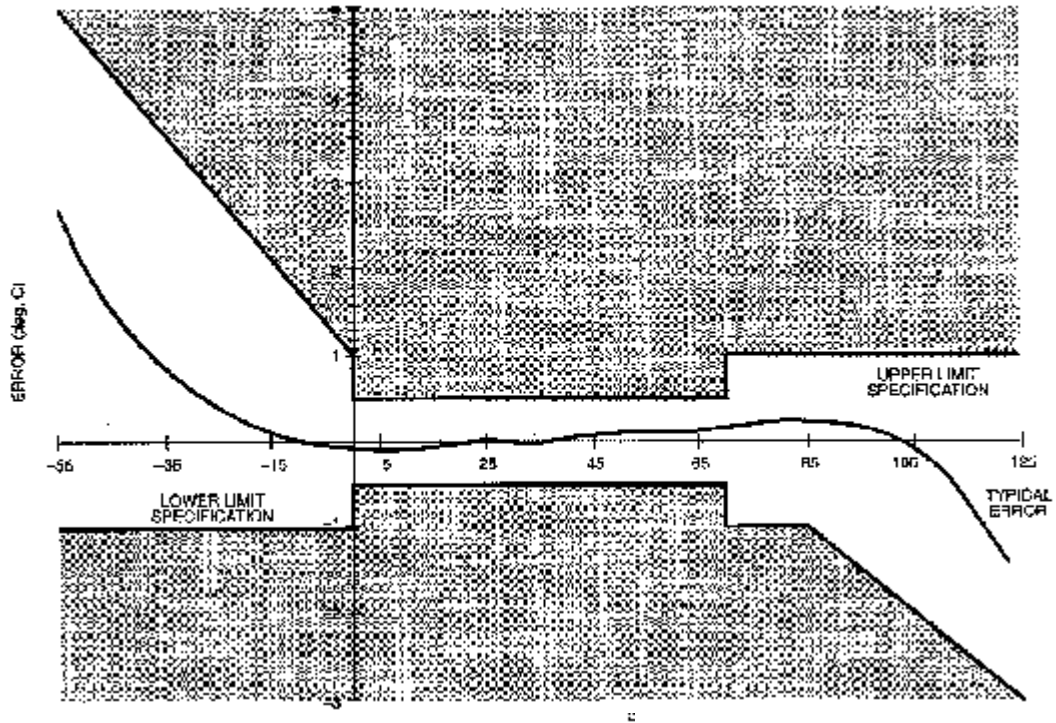
F

C p -C p «T

TIMING DIAGRAM



TYPICAL PERFORMANCE CURVE



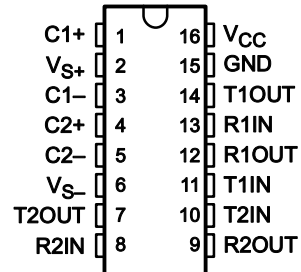
This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
 MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
 (TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
–40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

MAX232

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

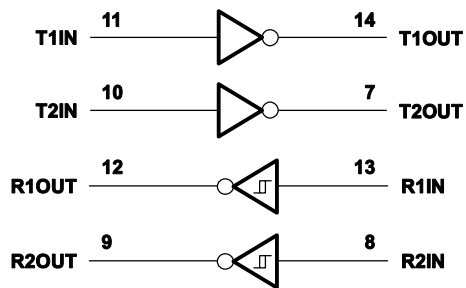
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	73°C/W
DW package	.....	57°C/W
N package	.....	67°C/W
NS package	.....	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
 2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			+30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232		70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, All outputs open, $T_A = 25^\circ$ C		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ$ C.
 NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μ F at $V_{CC} = 5$ V + 0.5 V.

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		+10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN V _I = 0			200	μA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
η _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

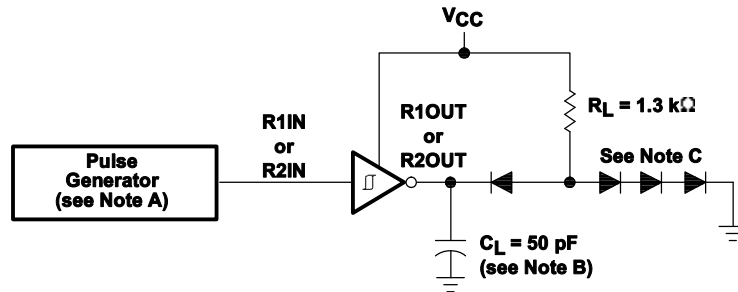
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

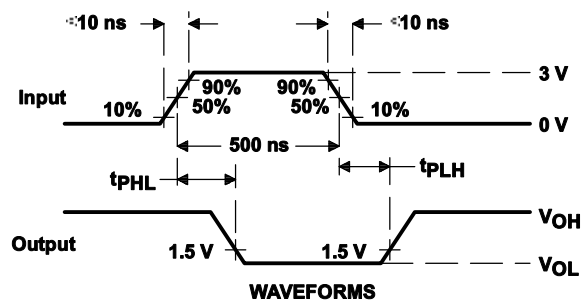
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.



PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



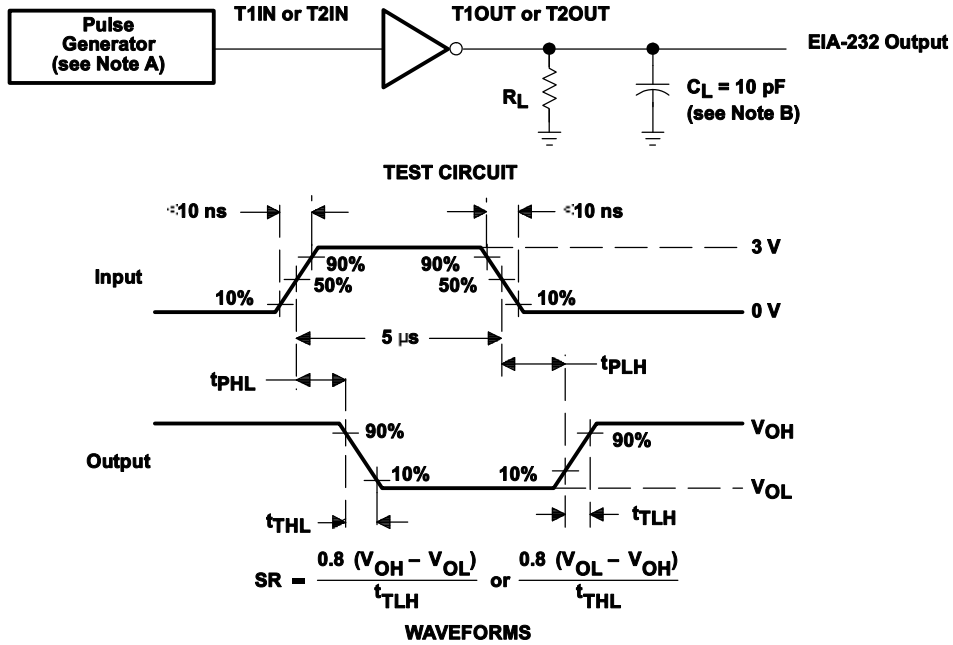
TEST CIRCUIT



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\le 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

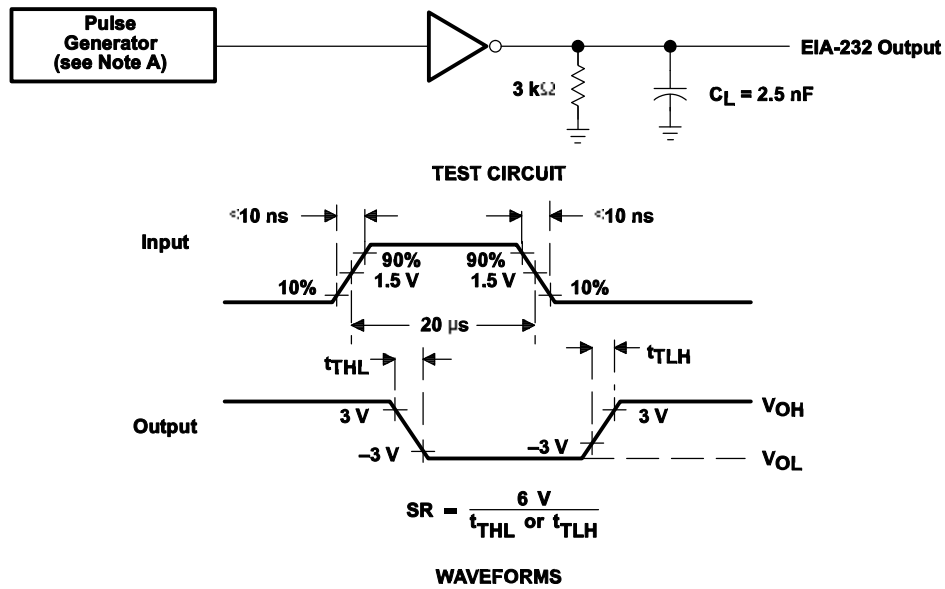
Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.

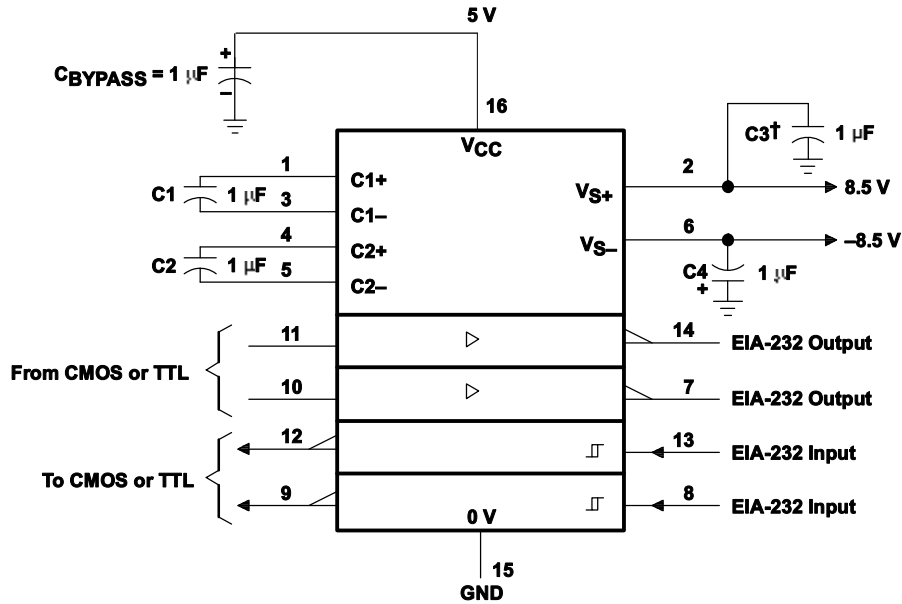
Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μ s Input)



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μ s Input)

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

**Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265**

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.