

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en ELECTRONIQUE,
Option : COMMUNICATION

Thème

Etude et réalisation d'un système de capteurs intelligents intégrés dans un réseau GSM à base de μC 16F877 et du module GSM TM2.

Dirigé par:

Mr. M.TAHANOUT

Présenté par :

SAIRI Nawel
SAIB Mennad

Promotion: 2010-2011.

Remerciement

Nous remercions tout d'abord dieu qui nous a donné la force et le courage pour terminer nos études et élaborer ce modeste travail.

Nos remerciements à notre encadreur Mr M.TAHANOUT qui a bien voulu nous encadrer, et de nous avoir encouragé tout au long de notre travail,

Nos remerciements sont destinés également à tous nos enseignants pour l'effort fourni pendant la durée de nos études.

Nous remercions également le président du jury ainsi que les membres du jury qui nous ont honorés pour évaluer et juger notre modeste travail.

Dédicace

On dédie ce modeste travail à :

- ❖ **A la mémoire de notre très chère sœur dacine.**
- ❖ **Nos très chers parents, à leur grand sacrifice, leur dévouement et leur soutien pour notre réussite.**
- ❖ **Nos chers frères Othman, Mourad, Yacine et Hamza.**
- ❖ **Notre enseignant d'antenne monsieur H.Kanane.**
- ❖ **A mos amis avec qui on a partagé notre cursus et spécialement Yahia, Sofiane, Said, Fethi, Samira, Amar, Khaled et Hamid et Dalila.**

Sommaire

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

Chapitre I : présentation du projet

I.1.1 Introduction.....	2
I.1.2 Cahier de charge.....	2
I.2 Structure générale du système.....	3
I.2.1 Présentation de la carte d'acquisition.....	4
I.2.1 Présentation de la carte d'interface pour le module GSM.....	4
I.3 Conclusion.....	5

Chapitre II : Module GSM

II.1 Définition du module GSM.....	6
II.2 Module GSM/GPRS "TM2".....	6
II.2.1 Caractéristiques technique du Module TM2	7
II.3 Les entrées/sorties de module GSM TM2.....	7
II.4 Codage GSM.....	9
II.4.1 Introduction.....	9
II.4.2 Codage/Décodage du mode PDU.....	9
II.4.3 Codage, décodage par logiciel.....	12
II.5 Commande AT.....	18
II.5.1 Introduction.....	18
II.5.2 Fonctionnement du protocole AT.....	18

II.5.3 Normes GSM07.07	20
II.5.4 Normes GSM07.05.....	21
II.6 Interfacer un Terminal GSM.....	21
• Avec le PC.....	22
• Avec le PIC.....	29

Chapitre III : Etude et Conception

PARTIE A : CONCEPTION MATERIELS	30
1. Introduction générale au microcontrôleur.....	30
1.1 Caractéristiques principales d'un microcontrôleur.....	30
1.2 Les avantages d'un microcontrôleur.....	30
2. Le choix du microcontrôleur : PIC 16F877A.....	31
3. Schéma synoptique de la carte d'acquisition.....	32
4. LE MICROCONTRÔLEUR PIC 16F877A.....	33
4.1 Principales caractéristiques du PIC 16F877A.....	33
4.2 Structure interne du PIC.....	33
4.3 Mémoires du PIC 16F877A.....	34
4.4 Brochage du PIC 16F877A.....	35
4.4.1 Les différents ports E/S du PIC 16F877A.....	35
4.5 Circuit de Reset	37
4.5.1 Principe de fonctionnement.....	37
4.5.2 Connexion du RESET sur la carte.....	37
4.6 L'oscillateur.....	37

4.7 Les Timers	38
5. Les interfaces de communication.....	39
5.1 L'UART : La liaison série asynchrone RS232.....	39
5.1.1 Présentation.....	39
5.1.2 Brochage du port RS232.....	39
5.1.3 Fonctionnement.....	40
5.1.4 Présentation du MAX232.....	41
5.2 Le bus I2C	43
5.2.1 Présentation.....	43
5.2.2 Fonctionnement	44
6. Capteurs	45
6.1 Introduction.....	45
6.2 Définitions.....	46
6.3 Principales caractéristiques des capteurs.....	47
6.4 Types de grandeur physique.....	47
6.5 Classification des capteurs.....	48
6.6 Capteur de température et d'humidité: SHT75.....	49
PARTIE B : CONCEPTION LOGICIELLE.....	52
1. Choix d'un langage de programmation (langage C).....	52
1.1 Historique.....	52
1.2 Qualités du langage.....	52
2. Le compilateur C de CCS dans sa version PWHD.....	53
3. Création d'un projet.....	54

4. Téléchargement de programme avec MPLAB	57
5. Interfaçage du Terminal GSM avec le PIC.....	60
6. Les Programmes et les Organigrammes.....	62
6.1.1 Organigramme d'envoi d'un SMS.....	62
6.1.2 Programme d'envoi d'un SMS.....	63
6.2.1 Organigramme de réception d'un SMS.....	64
6.2.2 Programme de réception d'un SMS.....	65
6.3.1 Organigramme d'envoi d'un SMS de l'acquisition de la température et humidité.....	66
6.3.2 Programme d'envoi d'un SMS de l'acquisition de la température et humidité.....	67

Chapitre IV : Simulation Et La Réalisation pratique

IV.1 Introduction.....	68
IV.2 Simulation de la Réalisation avec ISIS.....	68
IV.2.1 Présentation d'ISIS de Proteus.....	68
IV.2.1 Essais de simulation.....	69
IV.2.2.1 Envoi d'un SMS.....	69
IV.2.2.2 Lire un SMS.....	70
IV.2.1.2 Acquisition de la température et de l'humidité + la date d'acquisition et la puissance émise du module GSM.....	70
IV.3 Routage de la carte d'acquisition avec ARES.....	71
IV.3.1 Présentation de l'ARES de Proteus	71
IV.4 Schémas électriques et les circuits imprimés.....	72
IV.4.1 la carte d'acquisition.....	72

IV.4.2 La carte d'interfaces GSM.....	75
IV.4.2.1 La platine d'adaptation du module GSM TM2.....	78
Conclusion.....	79

Annexe

- 1. Datasheet SHT75**
- 2. Datasheet du module GSM TM2**
- 3. Datasheet PIC16F877A**
- 4. Datasheet MAX232**
- 5. Le Programme complet en C**

Bibliographie

Liste des figures

Figure I-1 : Schéma descriptif du fonctionnement général du système.....	3
Figure I-2 : Structure de la carte d'acquisition.....	4
Figure I-3 : Schéma descriptif de la carte d'interface GSM.....	5
Figure II.1 : Module GSM TM2	6
Figure II.2 : L'acheminement du SMS du mobile A ver le mobile B.....	9
Figure II.3 : Lancement du PDUpsy.....	13
Figure II.4 : Configuration de PDUpsy.....	14
Figure II.5 : Création de la trame en PDU.....	15
Figure II.6 : décodage de la trame en PDU.....	16
Figure II.7 : Conversion de la trame PDU en texte avec convertSMS2.....	17
Figure II.8 : Schéma de fonctionnement.....	18
Figure II.9 : Description de la connexion établie.....	23
Figure II.10 : Choix du port COM et sa configuration.....	23
Figure II.11 : Aperçu des caractéristiques du module TM2 avec un logiciel WinGSM.....	29
Figure III.1 : Schéma synoptique de la carte d'acquisition.....	33
Figure III.2 : Structure interne du PIC.....	35
Figure III.3 : Le Brochage du PIC 16F877.....	36
Figure III.4 : Circuit de reset.....	38
Figure III.5 : Systèmes d'horloge.....	39
Figure III.6 : Montage MAX232.....	43
Figure III.7 : Structure interne et externe de MAX232.....	44
Figure III.8 : Communication I2C.....	46
Figure III.9 : Structure d'une trame I2C observé à l'oscilloscope.....	46
Figure III.10 : Fonctionnement d'un capteur.....	47
Figure III.11 : Structure interne d'un capteur.....	48

Figure III.12 : Le capteur SHT75.....	50
Figure III.13 : Brochage du SHT 71/75.....	51
Figure III.14 : Montage typique avec un μ C.....	52
Figure III.15 : PCWHD Compiler.....	54
Figure III.16 : Choix du répertoire et le nom du nouveau projet.....	55
Figure III.17 : Fenêtres de configuration.....	56
Figure III.18 : Compilation d'un petit programme.....	57
Figure III.19 : Configuration du programmeur.....	58
Figure III.20 : Sélection du PIC.....	59
Figure III.21 : Importation du fichier (*.hex).....	60
Figure IV.1 : Envoi d'un SMS.....	69
Figure IV.2 : Lecture d'un SMS.....	70
Figure IV.3 : Acquisitions de la température et de l'humidité puis l'envoi par SMS.....	70
Figure IV.4 : Circuit électrique de la carte d'acquisition.....	72
Figure IV.5 : Circuit imprimé : coté cuivre.....	73
Figure IV.6 : Circuit imprimé : coté composants.....	73
Figure IV.7 : Schéma de la carte en 3D.....	70
Figure IV.8 : Photo de la carte d'acquisition.....	70
Figure IV.9 : Circuit électrique de la carte interface GSM.....	76
Figure IV.10 : Circuit imprimé : coté cuivre.....	76
Figure IV.11 : Circuit imprimé : coté composants.....	77
Figure IV.12 : Photo de carte d'interface GSM.....	77
Figure IV.13 : La platine d'adaptation du module GSM TM2.....	78
Figure IV.14 : Schéma électrique de la platine d'adaptation.....	78

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Caractéristiques technique du TM2.....	7
Tableau II.2 : Brochage du Module TM2.....	7
Tableau II.3 : Codage d'une trame PDU.....	10
Tableau II.4 : Exemple d'une trame PDU.....	11
Tableau II.5 : Décodage d'une trame PDU.....	11
Tableau II.6 : Exemple d'une trame PDU décodé.....	12
Tableau II.7 : Les différents types de commandes AT.....	19
Tableau II.8 : Commande AT de la norme GSM07.07.....	20
Tableau II.9 : Commande AT de la normeGSM07.05.....	21
Tableau III.1 : Brochage du port RS232.....	40
Tableau III.2 : Les types de capteurs passif.....	50
Tableau III.3 : Les types de capteurs actifs.....	50

Introduction

Introduction

De nos jours nous assistons à une évolution rapide de la technologie dans tous les domaines, par conséquent, les moyens traditionnels de transfert d'information ne répondent plus aux critères d'efficacité et aux contraintes de temps qui deviennent de plus en plus sévères. Le recours aux moyens de communication sophistiqués devient incontournable pour assurer une maîtrise des aléas qui peuvent être rencontrés, ainsi satisfaire notre besoin au confort et au gain de temps.

En pensant à la technologie de télécommunication GSM, il nous vient immédiatement à l'esprit la communication vocale, l'envoi et la réception des SMS, MMS, message vocal, l'internet mobile (email), et tous ce qui fonctionne en utilisant cette technologie moderne introduite dans notre vie quotidienne.

En fait, notre projet à réaliser, se présente comme une solution simple et facile qui peut nous aider à assurer une bonne manipulation de l'existant afin d'aboutir à concrétiser notre objectif qui est d'apporter une solution à la problématique de gain de temps et d'argent en utilisant ces technologies de télécommunication par réseau GSM qui est mis à notre service.

Dans notre mémoire nous nous proposons d'étudier et de réaliser un système de télémessure, de surveillance et d'alarme à distance via le réseau GSM, ce système est composé de deux cartes, la première est une carte d'acquisition comportant un microcontrôleur et de deux capteurs, le premier communique en protocole I2C et la deuxième avec des entrées numérique, la carte dispose d'actionneurs pour interagir avec son environnement. La deuxième est une carte d'interface GSM. Pour communiquer entre les deux cartes on a eu recours à la liaison RS232.

Notre travail est reparti en quatre chapitres. Dans le premier chapitre on présente le contexte du cahier des charges, et nous exposons le processus de travail. Dans le deuxième chapitre on justifie les raisons du choix du module GSM en donnant ces caractéristiques. Nous consacrons le troisième chapitre pour l'étude et la conception du système côté matériels et l'élaboration des programmes côté logiciels. Le quatrième chapitre est consacré pour la réalisation, la mise en place de l'interface de supervision, l'exposition du processus pratique, et le test du système complet.

De diverses annexes sont ajoutés au mémoire où le lecteur peut trouver des documents techniques des principaux composants utilisés.

Chapitre I :

Présentation du projet

I.1.Présentation

I.1.1 Introduction

Dans la réalisation d'une application sans fil, la portée est le paramètre le plus important, avec les modules HF intégrés il est difficile d'assurer une transmission correcte sur une distance supérieure à 100 m. avec la technologie GSM, la portée n'est plus un problème. Un téléphone portable possède une puissance suffisante pour accéder au réseau téléphonique via les antennes relais quadrillant notre territoire. Il devient alors possible par l'envoi ou la réception d'une information sous forme de SMS, de surveiller un processus quelconque se déroulant sur un site distant ou mobile. La mise en œuvre de ce procédé nécessite le développement d'une électronique autonome capable de s'interfacer avec un module de télécommunication. C'est pourquoi nous avons choisi de réaliser notre système autour du module GSM.

Notre système présente des avantages autant importants pour l'industrie que pour l'individu, qui se manifestent par la surveillance des systèmes distants, Diminutions et la réduction du temps de réaction aux aléas et d'arrêt de système. Donc on remarque que le gain principal d'une telle solution est un gain de point de vue temps ce qui se traduit par un gain d'argent.

I.1.2 Cahier de charge

Le système est composé de deux cartes la première c'est une carte d'acquisition numérique équiper d'un microcontrôleur PIC et d'un ou plusieurs capteur numérique qui communiquent avec le microcontrôleur en utilisant le port I2C ou tout simplement les entrées numérique, la deuxième est une carte d'interface pour le module GSM. La liaison entre les deux se fait à travers une communication série RS232.

Afin de réaliser notre carte, on suit les étapes suivantes :

- Conception du système :
- Etude et choix d'un module GSM
- réalisation des cartes électronique
- programmation et test

I. 2 Structure générale du système

Le fonctionnement du système est simple il suffit d'interroger à l'aide d'un téléphone portable le module GSM (avec 1 bip par exemple), ce bip est scruté en permanence grâce au μ C sur le port série (RX) de la carte d'acquisition, puis celle-ci fait l'acquisition des données des phénomènes physique désire par le biais du capteur, ensuite le μ C transmet ces données sur le port série (TX) sous forme d'un SMS en suivant le chemin inverse.

Le choix de transmission des données sous forme d'un SMS, est justifié par différents critères :

- En situation normale, l'envoi d'un SMS est instantané
- jusqu'à ce que le mobile de destination soit opérationnel, le SMS lui sera transmis et les données ne seront pas perdues.
- la facilité déconcertante de lire les données en SMS
- la comptabilité assurée des caractères ASCII usuels (A..Z, a..z ,0...9) qui permet au μ C de communiquer facilement avec le module GSM,
- le μ C peut écrire les données utiles acquises en caractères ASCII sous forme SMS en mode Texte puis les envoyés via le Module GSM.

Il existe deux méthodes d'envoi et de réception des SMS (Short Message Service). Soit en utilisant le mode texte, soit en utilisant le mode PDU (Protocol Description Unit). On a choisi pour notre application d'utiliser le premier mode du fait qu'il est plus simple à utiliser. Le mode texte se base sur les commandes AT. Donc avec ces commandes, on peut lire, envoyer, effacer et recevoir des SMS en mode texte.

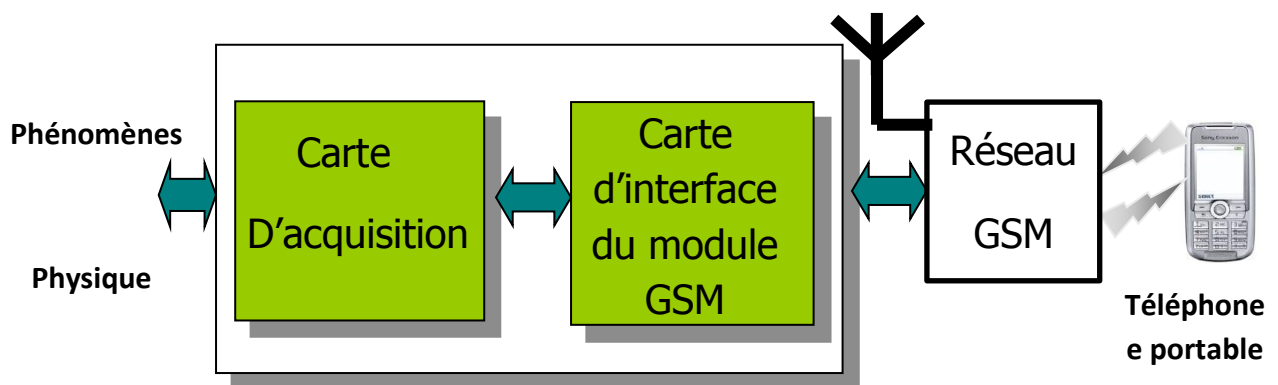


Figure I.1 : Schéma descriptif du fonctionnement général du système

I.2.1 Présentation de la carte d'acquisition

Il s'agit d'une carte d'acquisition des données numérique à base d'un microcontrôleur PIC16F877A qui reprend à l'attente de la réalisation du système. Cette carte est capable d'acquérir des entrées numériques, elle est très polyvalente et capable de gérer diverses applications. Elle ouvre plusieurs perspectives pour d'autres projets plus complexes et intéressants pour faciliter la vie quotidienne.

On a choisi de faire l'acquisitions de paramètres physique désiré à l'aide du SHT75 qui se trouve être un capteur numérique intelligent qui possède deux transducteur (humidité +température) qui communique en protocole I2C.

On a équipé la carte d'un circuit d'interface MAX232 qui sert à l'interfaçage série RS232 et pour l'adaptation des signaux de 5V/3,3V pour communiquer avec la carte d'interface GSM.

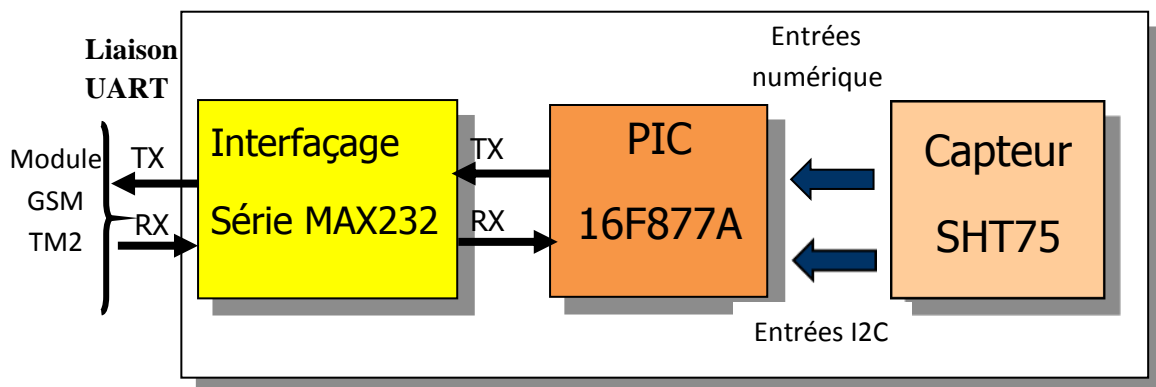


Figure I.2 : Structure de la carte d'acquisition

I.2.2 Présentation de la carte d'interface pour le module GSM

La carte d'interface GSM est équipée :

- d'un module GSM TM2 (avec sa platine de support) qui joue le rôle d'émetteur/récepteur des SMS qui seront traités par suite par le μ C.

- d'une interface SIM contenant un microcontrôleur et de la mémoire qui est utilisée pour stocker les informations spécifiques à l'abonné d'un réseau mobile, en particulier pour les réseaux de type GSM ou UMTS.
- d'un circuit d'interface MAX232 qui sert à l'interfaçage série RS232 et pour l'adaptation des signaux de type 5V/3,3V, Afin de pouvoir le connecter au port série du PC et surtout avec la carte d'acquisition.

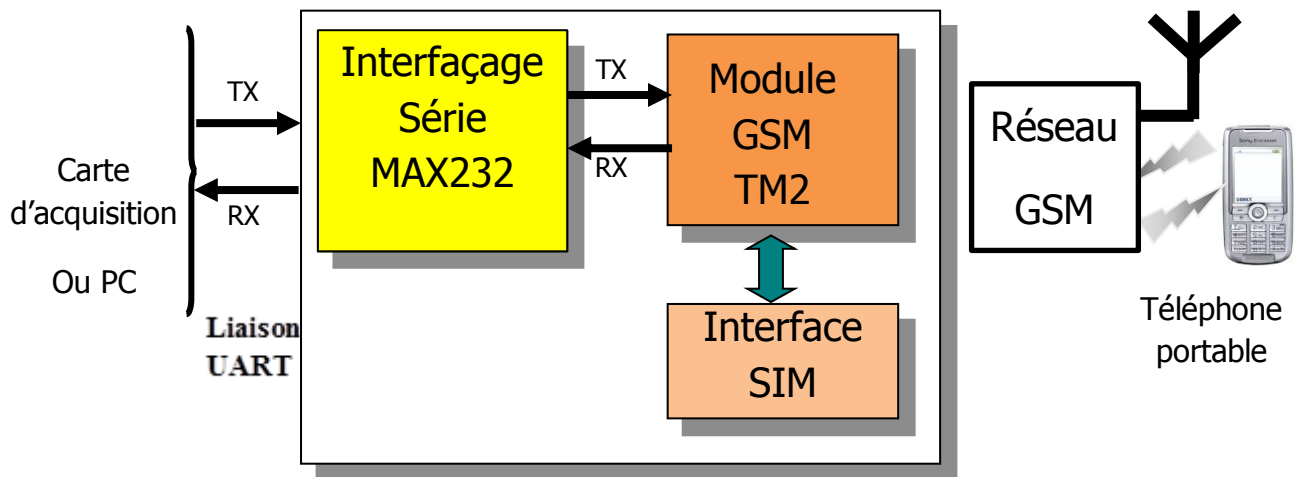


Figure I.3 : Schéma descriptif de la carte d'interface GSM

I. 3 Conclusion

On se propose donc de réaliser un système d'acquisitions de données numérique d'un capteur intelligent (SHT75) et la transmission de ces données via le réseau GSM à travers l'envoi d'un simple SMS grâce à un module GSM (TM2).

Chapitre II :
Module GSM

II.1 Définition du module GSM

On trouve désormais sur le marché des téléphones GSM intègres débarrassés de leurs interfaces homme machine, ne subsiste que la partie interface machine-machine, qui physiquement correspond à un connecteur multibroche quelconque ou encore à un connecteur DB9 facilitant la connexion à un PC. Ces modules sont universels puisqu'ils supportent les normes GSM07.07 et GSM07.05, qui permettent de ce fait l'échange de données, de SMS, d'emails et même de télécopies (FAX) via le réseau de téléphonie mobile. Leur simplicité de mise œuvre ouvre des perspectives très intéressantes concernant la réalisation de montages électroniques sans fil.

II.2 Module GSM/GPRS "TM2"

Parmi les différents modèle de modules GSM notre choix s'est porté sur le TM2 fabriqué par la société Teltonika.

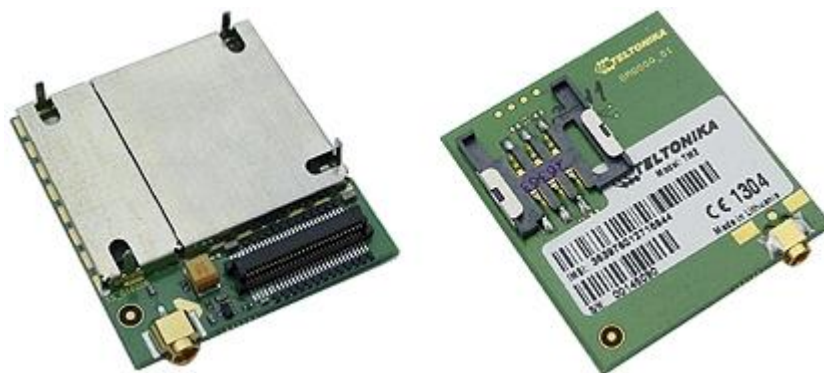


Figure II.1 : Module GSM TM2.

De faibles dimensions (33,5 x 38,8 x 5,6 mm), le module TM2 est un "GSM/GPRS" Classe 10 "Quad-band" faible consommation capable de supporter divers modes de communication: "voix", "SMS", "Fax", "V24", "CSD". Doté de diverses entrées/sorties et d'une liaison série, il est spécialement conçu pour la réalisation d'applications de gestion et de contrôle à distance (M2M). toutes les entrées et sorties utiles au pilotage du module sont disponible sur un connecteur comportant 60 points en CMS. Doté d'un connecteur "MMCX" pour antenne externe et d'un lecteur de carte SIM intégré, il opère dans les bandes 850 / 900 / 1800 et 1900 MHz. Le raccordement se fait au moyen d'un connecteur 60 points Le module pourra être piloté très simplement au moyen d'un microcontrôleur externe via sa liaison série par le biais d'un jeu complet de puissantes commandes "AT". Il existe un adaptateur qui

répartit l'ensemble des connexions sur 4 rangées de 15 points au pas classique de 2,54mm. (Voir chapitre IV ' la platine d'adaptation du module GSM TM2')

II.2.1 Caractéristiques technique du Module TM2

Alimentation	3,5 à 4,2 V (3,8 V nominal)
Consommation	< 2 mA (mode Idle) moyenne en appel (GSM pwr. niveau 5): 300 mA
Gamme de température	-20 °C à + 55°C
Courant absorbé	GSM 900 : 147 mA (900 mA max) GSM 1800 : 127 mA (700 mA max) GSM 1900 : 113 mA (650 mA max)
Puissance de sortie	> Classe 4 (2 W) pour EGSM 850 / 900 MHz > Classe 1 (1 W) pour GSM 1800 / 1900 MHz
Lecteur de carte SIM	Connecteur pour carte SIM (modèle 1,8 et 3 V)
Antenne	Connecteur d'antenne MMCX 50 ohms
Dimensions	(33,5 x 38,8 x 5,6) mm
Poids	< 10 g
Interfaces	Connecteur 60 points : Audio (2x analog, 1x digital), Bus (I2C™, SPI™), 2x ADC, 12 GPIOs (ports d'E/S) et 2 ports série de type UART
Normes respectées	GSM 07.07 et GSM 07.05
Modes SMS	TEXT et PDU
GPRS Data Services	GPRS Multi-slot class (MSC) 10, GPRS Full PBCCH/PCCCH support, GPRS Class B
FAX	Group 3, class 2.0
Transmission	Voix, données et SMS

Tableau II.1 : Caractéristique technique du TM2.

II.3 Les entrées/sorties de module GSM TM2

Broche	Nom de la broche	Fonction	Broche	Nom de la broche	Fonction
1	VBAT	Alimentation	31	CLK0_DA I/GPIO	Interface Numérique Audio /GPIO
2	GND	Alimentation	32	KEYOUT 1/GPIO	Interface clavier/GPIO
3	VBAT	Alimentation	33	RXD_DAI /GPIO	Interface Numérique Audio/GPIO
4	GND	Alimentation	34	KEYOUT 2/GPIO	Interface clavier/GPIO
5	VBAT	Alimentation	35	TXD_DAI /GPIO	Interface Numérique

					Audio/GPIO
6	GND	Alimentation	36	KEYOUT 3/GPIO	Interface clavier/GPIO
7	VBAT	Alimentation	37	WA0_DAI /GPIO	Interface Numérique Audio/GPIO
8	GND	Alimentation	38	KEYOUT 4/GPIO	Interface clavier/GPIO
9	VCHARG E	Alimentation	39	EXTRSTn	Reset Externe
10	DCD	Interface Série Asynchrone 0	40	KEYOUT 5/GPIO	Interface clavier/GPIO
11	VCHARG E	Alimentation	41	MICP1	Interface Audio
12	DTR	Interface Série Asynchrone 0	42	KEYIN0/ GPIO	Interface clavier/GPIO
13	SIM_VCC	Interface SIM	43	MICN1	Interface Audio
14	CTS_0	Interface Série Asynchrone 0	44	KEYIN1	Interface clavier/GPIO
15	SIM_IO	Interface SIM	45	EPPA1B	Interface Audio
16	RTS_0	Interface Série Asynchrone 0	46	KEYIN2/ ON	Interface clavier/mise sous tension
17	SIM_CLK	Interface SIM	47	EPPA2A	Interface Audio
18	RXD_0	Interface Série Asynchrone 0	48	KEYIN3/ GPIO	Interface clavier/GPIO
19	SIM_RST	Interface SIM	49	MICP2	Interface Audio
20	TXD_0	Interface Série Asynchrone 0	50	CAP19/GP IO	Comparateur de capture/GPIO
21	MRST0/G PIO	Interface Série Synchrone/GPIO	51	MICN2	Interface Audio
22	RI	Interface Série Asynchrone 0	52	CAP02/GP IO	Comparateur de capture/GPIO
23	MSTR0/G PIO	Interface Série Synchrone/GPIO	53	AUOP	Interface Audio
24	DSR	Interface Série Asynchrone 0	54	CAP05/GP IO	Comparateur de capture/GPIO
25	SCLK0/G PIO	Interface Série Synchrone/GPIO	55	AUON	Interface Audio
26	RXD_1	Interface Série Asynchrone 1	56	CAP06/GP IO	Comparateur de capture/GPIO
27	SCL/GPIO	Interface I2C/GPIO	57	ADC1	Interface de mesure
28	TXD_1	Interface Série Asynchrone 1	58	CAP00_E X5IN/GPI O	Comparateur de capture/GPIO/Interruption externe
29	SDA/GPI O	Interface I2C/GPIO	59	ADC2	Interface de mesure
30	KEYOUT 0/GPIO	Interface clavier/GPIO	60	CAP22_E X3IN/GPI O	Comparateur de capture/GPIO/ Interruption externe

Tableau II.2 : Brochage du Module TM2

II.4 Codage GSM

II.4.1 Introduction

Un des services offert par le GSM est la gestion des mini messages ou SMS (Short Message Service), contenant du texte qui est limité théoriquement à 160 caractères. Chaque message envoyé transite vers un centre de messagerie baptisé SMSC (Short Message Service Centre) où il est stocké temporairement. Dès que le mobile du destinataire est sous tension et présent dans la zone couverte par le réseau GSM, le message est transmis. Les SMSC sont identifiés par un numéro d'appel spécifique à chaque opérateur. IL y a deux façons de transmettre un message SMS, soit par le mode PDU (Protocol Description Unit) qui est le mode base ou le mode TEXT .le mode PDU est une suite de caractères hexadécimaux qui codifient le SMS, le mode TEXT n'est rien d'autre qu'une représentation sous forme de texte des données qui composent le SMS. Il y a différents types d'alphabets utilisés pour passer du mode PDU au mode TEXT .par exemple un téléphone portable affiche en mode TEXT sur son écran les données d'un SMS reçu, c'est lui qui détermine automatiquement quel type d'alphabet à utiliser.

II.3.2. Codage/Décodage du mode PDU

Lorsqu'un mobile (A) envoie un SMS au mobile (B), le message transite obligatoirement par le centre de messagerie SMSC. Dans le message du mobile (A) on doit définir deux adresses, celle du SMSC et celle du mobile (B). L'acheminement du dit message du mobile (A) à destination du SMSC est baptisé **SMS-SUBMIT**. Une fois le message traité par le SMSC il est délivré au mobile (B) on parle alors de **SMS-DELIVER**.

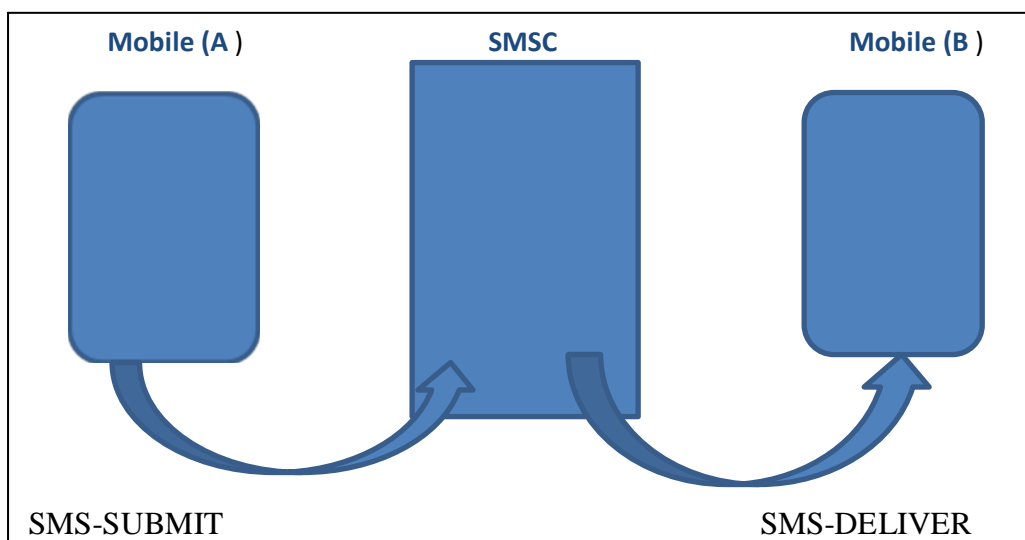


Figure II.2 : L'acheminement du SMS du mobile (A) vers le mobile (B).

Les trames codant le SMS sont différentes suivant le type de PDU mise en œuvre, dans la partie qui va suivre on va décrire les deux principaux protocoles : SMS-SUBMIT, SMS-DELIVER.

1.SMS-SUBMIT : téléphone GSM vers SMSC

La taille maximale de la trame d'un SMS-SUBMIT est de 173 octets. Le champ le plus important en termes de taille est le champ qui codifie le corps du message qui peut atteindre 140 octets. Les deux autres champs indispensables sont SCA qui codifie l'adresse du SMSC et DA qui codifie l'adresse de l'émetteur.

- Codage d'une trame PDU :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-10 octets	1 octet	1 octet	2-12 octets	1 octet	0-7 octets	1 octet	1 octet	0-140 octets
SCA	PDU	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD
Service Centre Adress	Protocol Description Unit	Message référence	Destination Adress	Protocol Identifier	Data Coding scheme	Validity Period	User Data Length	User Data

Tableau II.3 : Codage d'une trame PDU.

Prenons l'exemple suivant:

Pour envoyer un SMS contenant le message « GSM », ayant une validité de « 5 jours », au numéro « 0790126045 », en utilisant le numéro de centre de messagerie « +21350001701 ».

- 1- Numéro du SMSC : +21350001701 → **07911253001007F1_{HEX}**
- 2- Type PDU : SMS-SUBMIT → **11_{HEX}**
- 3- Référence du message : Automatique → **00_{HEX}**
- 4- Numéro du destinataire : 0790126045 → **0A817009210654_{HEX}**
- 5- Protocole d'identification : message court → **00_{HEX}**
- 6- Schéma de codage de données : codé avec l'alphabet GSM → **00_{HEX}**
- 7- Période de validité: 5 jours → **AB_{HEX}**
- 8- Longueur des données : 3 octets → **03_{HEX}**
- 9- Données utiles: GSM → **C76913_{HEX}**

Finalement pour envoyer le SMS il faut constituer la trame suivante :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SCA	PDU	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD
07911253001007F1	11	00	0A817009210654	00	00	AB	03	C76913

Tableau II.4 : Exemple d'une trame PDU.

➤ En conclusion La trame complète est composée de 24 octets :

« 07911253001007F111000A8170092106540000AB03C76913 »

2. SMS-DELIVER : SMSC vers téléphone GSM

La taille maximale de la trame d'un SMS-SUBMIT est de 173 octets. Le champ le plus important en termes de taille est le champ qui codifie le corps du message qui peut atteindre 140 octets. Les deux autres champs indispensables sont SCA qui codifie l'adresse du SMSC et OA qui codifie l'adresse du destinataire.

• Décodage d'une trame PDU :

1	2	3	4	5	6	7	8
1-10 octets	1 octet	2-12 octets	1 octet	1 octet	7 octets	1 octet	0-140 octets
SCA	PDU	OA	PID	DCS	SCTS	UDL	UD
Service Centre Adress	Protocol Description Unit	Originator Adress	Protocol Identifier	Data Coding scheme	Service Centre Time Stamp	User Data Length	User Data

Tableau II.5 : Décodage d'une trame PDU.

Prenons l'exemple de décoder la trame suivante :

« 07911253001007F11110A81700921065400001140010243524003C76913 »

- 1- 07911253001007F1_{HEX} : Numéro du SMSC → +21350001701 (la valeur F pour voir un nombre paire)
- 2- 11_{HEX} : Type PDU utilisé → SMS-DELIVER
- 3- 0A817009210654_{HEX} : Numéro de l'expéditeur → 0790126045
- 4- 00_{HEX} : Identification du protocole utilisé → message court
- 5- 00_{HEX} : Schéma de codage de données utilisé → codé avec l'alphabet GSM
- 6- 11400102435240_{HEX} : date, heure et fuseau horaire arriver au SMSC → 10/04/11 20:34:25 GMT+1

7- **03_{HEX}** : Longueur des données → **3 octets**

8- **C76913_{HEX}** : Données utiles → **GSM**

Finalement pour recevoir le SMS il faut décoder et décomposer la trame précédente :

1	2	3	4	5	6	7	8
SCA	PDU	OA	PID	DCS	SCTS	UDL	UD
+21350001701	SMS- DELIVER	0790126045	message court	codé avec l'alphabet GSM	10/04/11 20:34:25 GMT+1	3 octets	GSM

Tableau II.6 : Exemple d'une trame PDU décodé.

➤ En conclusion la trame signifie qu'il s'agit :

D'un SMS contenant le message « GSM », envoyé par « 0790126045 », traité par le SMSC « +21350001701 », le 10 avril 2011 à 20:34:25 (GMT+1h).

II.4.3 Codage, décodage par logiciel

Comme vous pouvez le constater le codage /décodage manuel d'une trame PDU est assez long. Dans la pratique ceci est totalement transparent pour l'utilisateur du téléphone portable. D'une part le numéro du SMSC utilisé est celui figurant dans la mémoire mobile, définit par l'opérateur il est donc inutile de le mentionner lors de la rédaction du message. Le numéro du correspondant peut être sélectionné dans le répertoire ou saisi manuellement en mode de TEXT. Le corps de message est également saisi en mode de TEXT, à l'aide du clavier. Tous les autres champs que nous avons vus précédemment sont gérés par le processeur du mobile. Le mobile se charge ensuite de convertir chacun des champs en valeurs hexadécimales pour constituer la trame qui sera finalement envoyée sur le réseau. Le mobile destinataire du SMS fera le cheminement inversé pour restituer à l'utilisateur seulement les informations pertinentes sur son écran. Malheureusement pour certains téléphones lorsque le port série est relié par exemple à un PC le mode TEXT n'est plus supporté. Les trames SMS affichées /constituées à l'écran du PC sont obligatoirement en mode PDU ce qui complique fortement les manipulations. Heureusement il y a plusieurs logiciels qui prennent en charge le codage/ décodage des données SMS comme « PDUspy » et « Convert SMS 2 ». Le premier est plus exigeant au niveau des paramètres de codage/ décodage et complet, le deuxième est plus facile à manipuler mais il est limité.

Pour faciliter le codage d'un SMS nous allons expliquer l'utilisation du logiciel « PDUspy » en suivant les étapes suivantes :

- On lance le logiciel PDUspy :

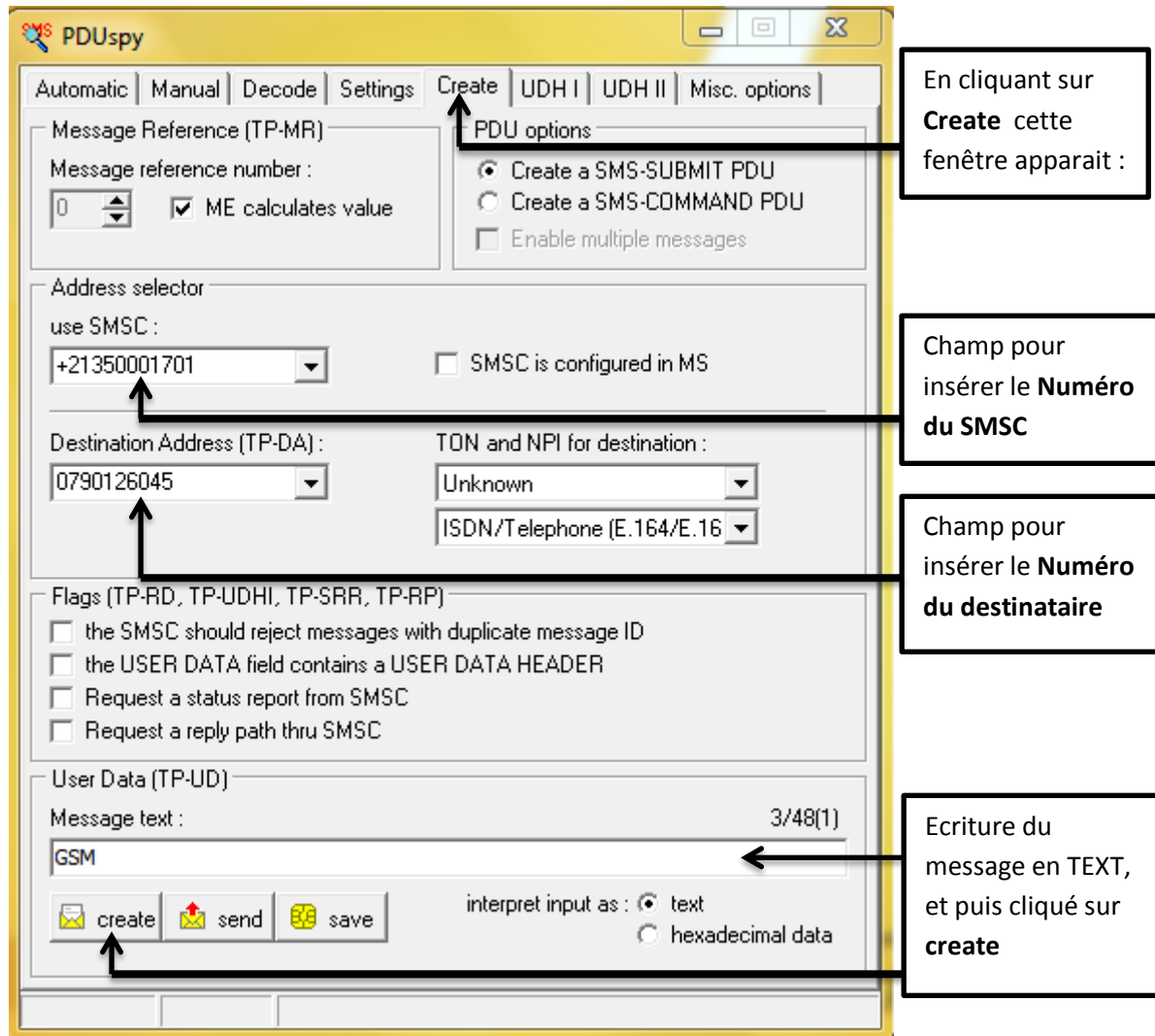


Figure II.3 : Lancement du PDUpsy.

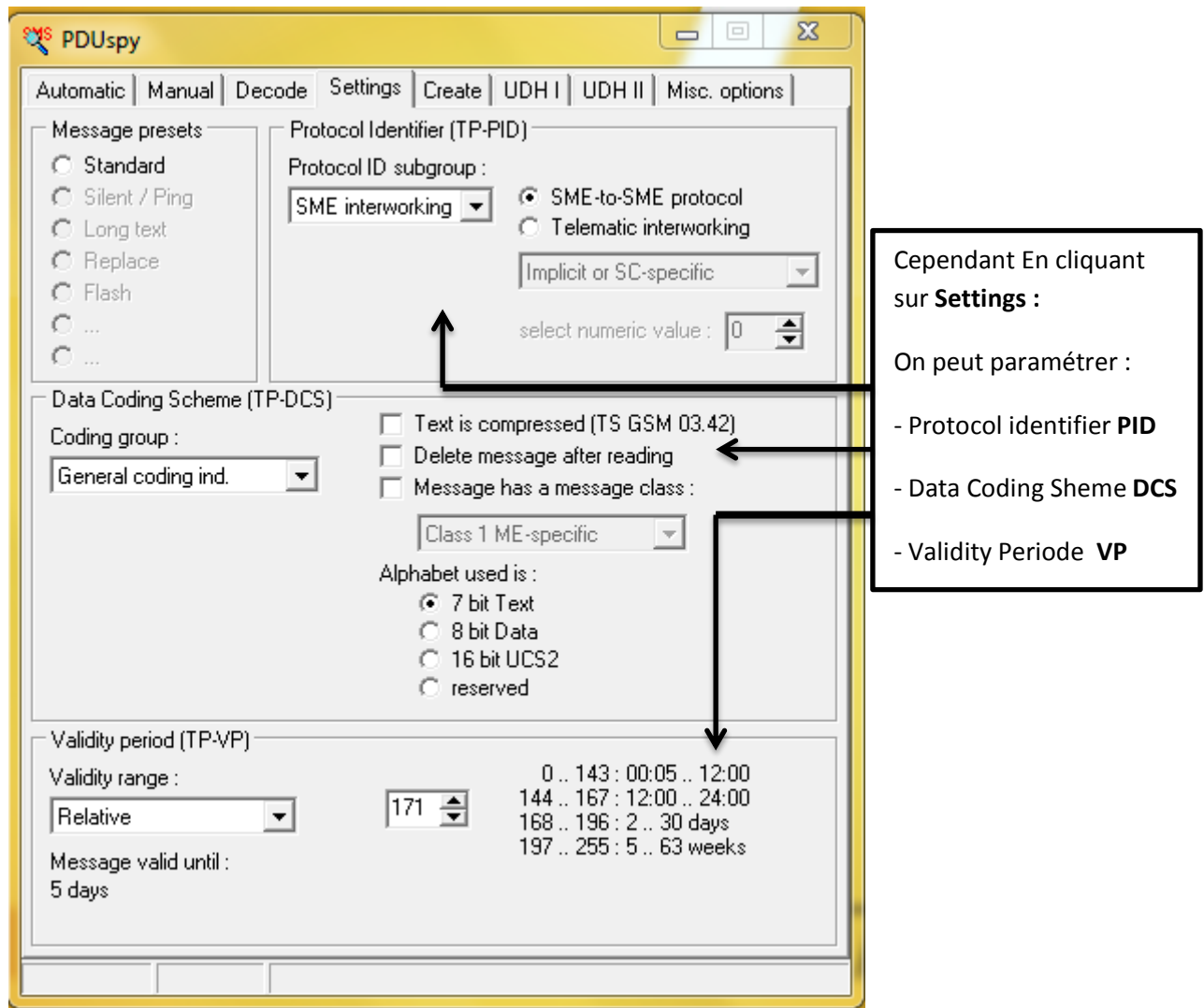


Figure II.4 : Configuration de PDUpsy.

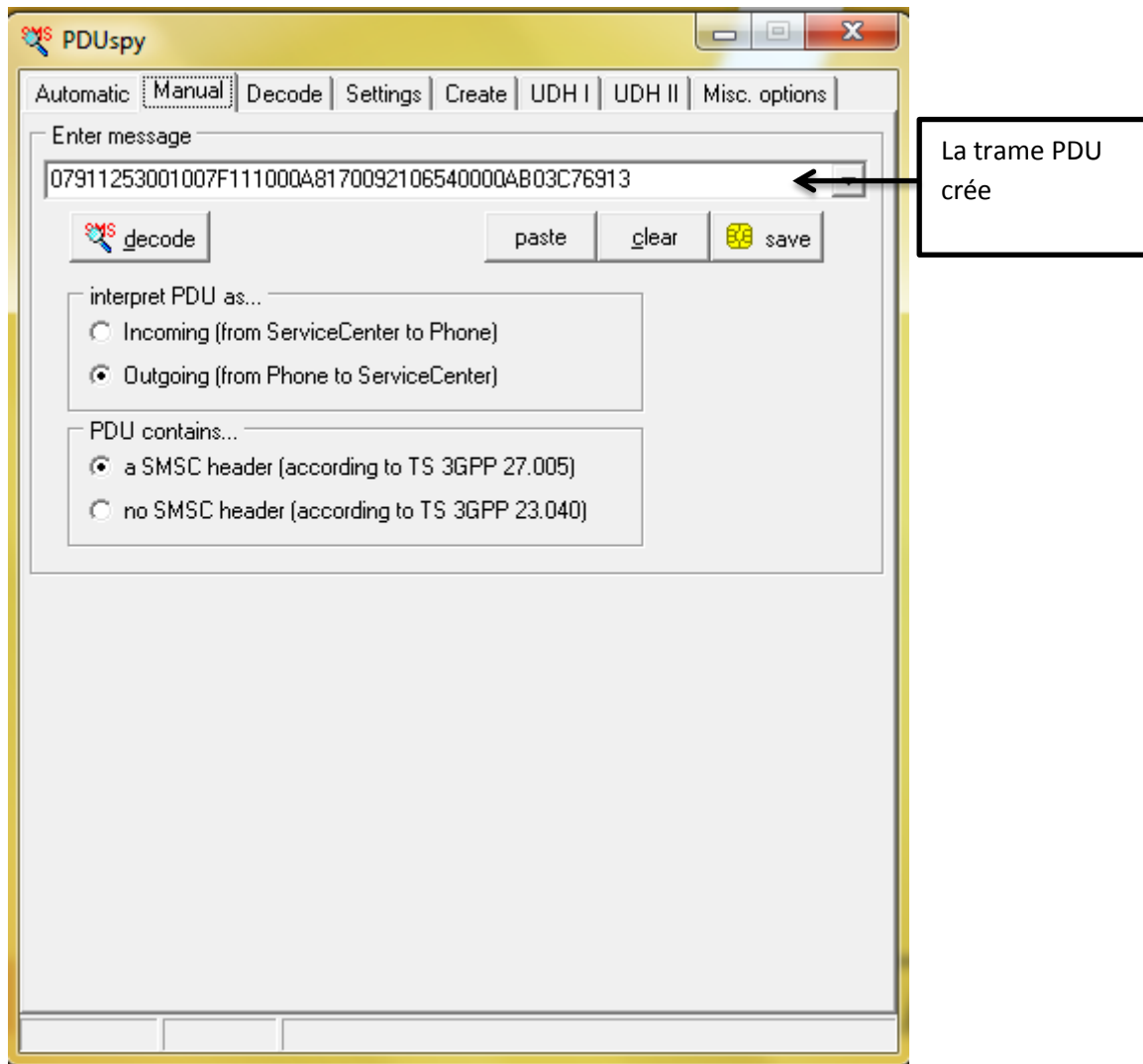


Figure II.5 : Création de la trame en PDU.

- Pour décoder cette trame on clique sur « décode » :
la trame PDU décode avec ses différentes informations

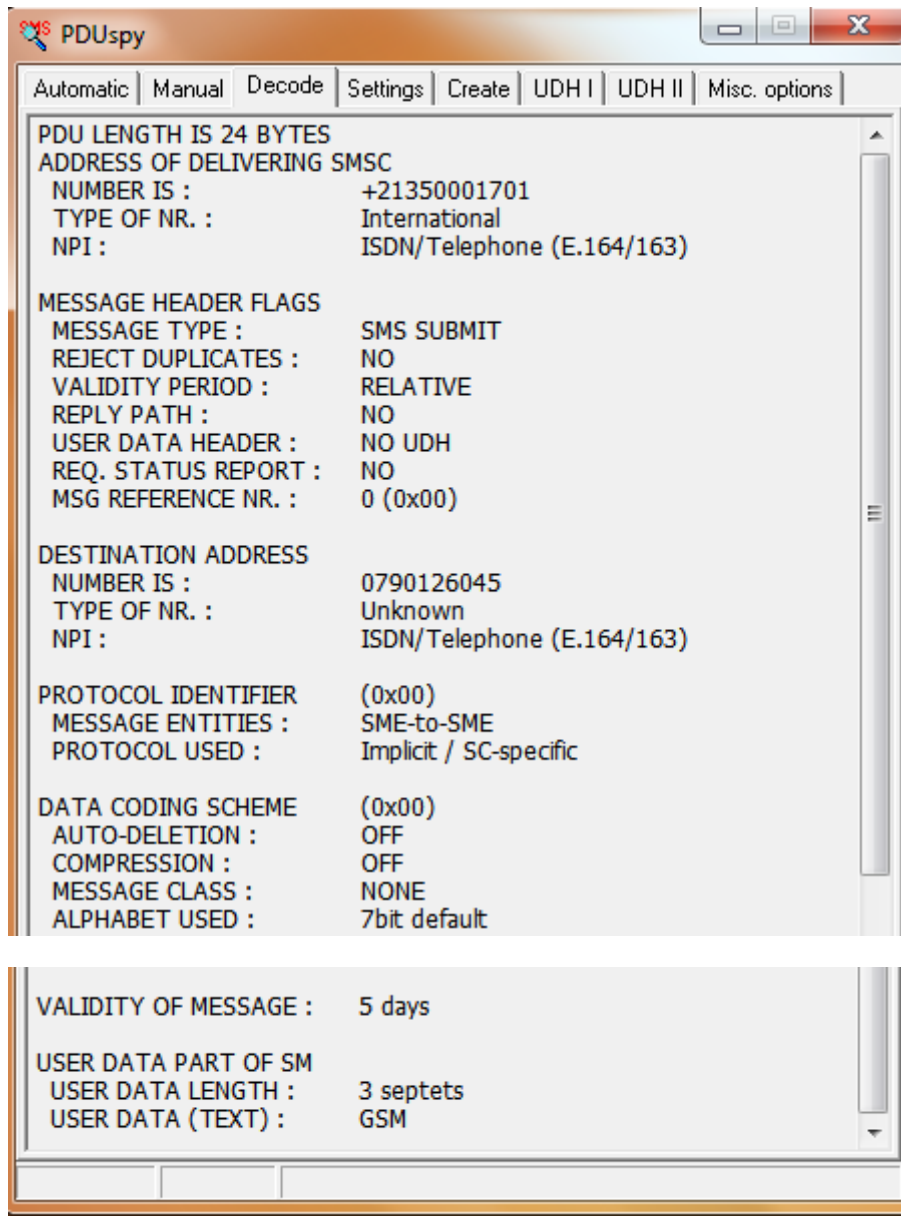


Figure II.6 : décodage de la trame en PDU.

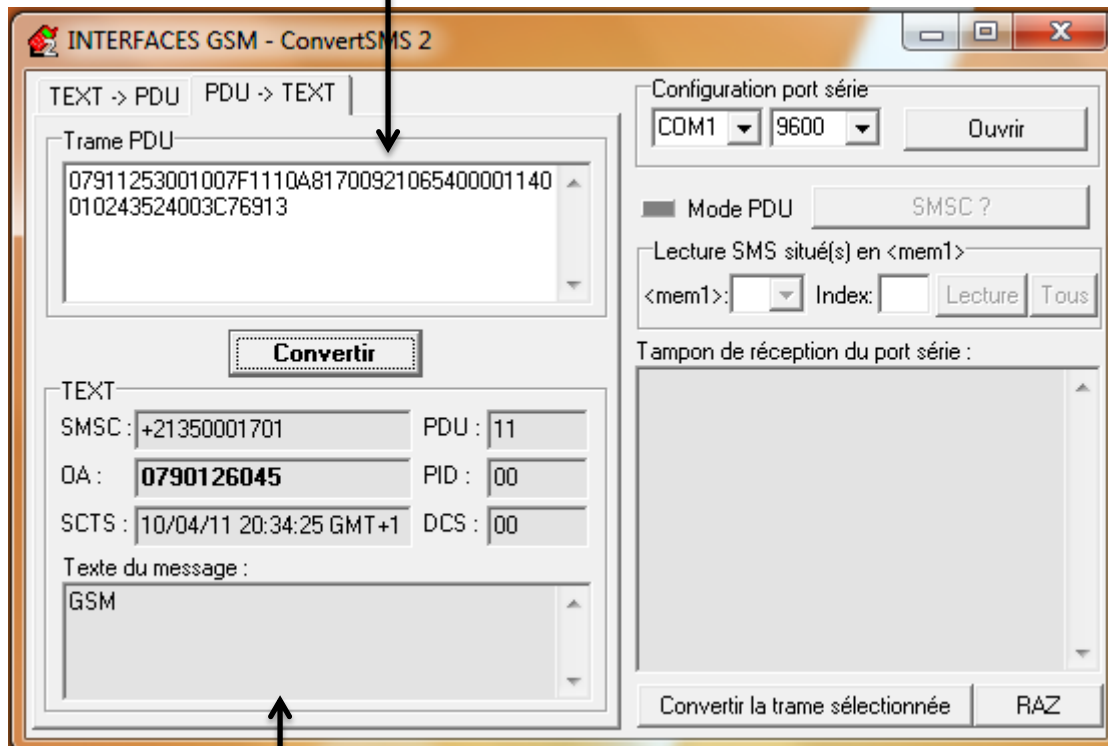
Pour faciliter le décodage d'un SMS nous allons expliquer l'utilisation du logiciel «Convert SMS 2 » :

- On lance le logiciel Convert SMS 2

Pour décoder en clique sur

PDU → TEXT

On insère la trame PDU à décoder et cliquer sur **Convertir**



Et on obtient différentes information :

-SMSC, DSC, PDU, PID, SCTS, OA

Et le texte du message

Figure II.7 : Conversion de la trame PDU en texte avec convertSMS2.

II.5 Commande AT

II.5.1 Introduction

La plupart des modems modernes disposent d'un jeu de commandes textuelles qui peuvent être appelées en mode de commande, ces commandes s'inspirent du standard établi dans les années 1970 par la société américaine du nom de Hayes. Chaque instruction débute par les caractères ASCII « AT » de l'abréviation « ATtention » et se termine par un retour chariot, CR : carriage return, d'où le nom souvent donné à cette série de commandes : instruction « AT ». Les constructeurs se doivent de fabriquer des téléphones portables qui respectent ces normes. La première baptisée GSM07.07 permet l'accès à la fonction générale du téléphone, la deuxième GSM07.05 concerne la gestion des SMS.

II.5.2 Fonctionnement du protocole AT

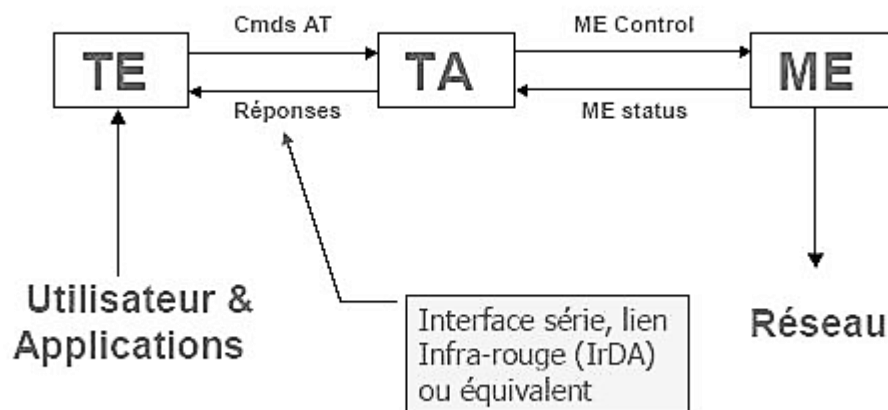


Figure II.8 : Schéma de fonctionnement.

- **ME** (Mobile Equipment) : téléphone portable
- **TE** (Terminal Equipment) : peut-être un ordinateur ou un microcontrôleur
- **TA** (Terminal Adaptateur) : assure la liaison entre le ME et le TE

Remarque : TA et ME forment une seule entité, par exemple un téléphone portable standard ou un terminal GSM contient dans son boîtier à la fois le TA et le ME.

- **Paramètre :**

Liste des différents paramètres qui sont utilisés avec les commandes AT :

<x x x> indique que x x x est un paramètre de la commande AT associée.

[<x x x>] indique que le paramètre <x x x> est facultatif.

<CR> Carriage Return (retour chariot).

<LF> Line Feed.

< Ctrl – Z/ESC> il signale la fin d'une instruction **ou** Escape permet de sortir de la commande

- Comme le montre le tableau suivant, il existe trois manières d'envoyer une même commande AT

Commande de test	AT+CXXX= ?	Retourne la liste du paramètre utilisable avec la commande CXXX.
Commande de lecture	AT+CXXX ?	Retourne le ou les paramètres en cours associés à la commande CXXX
Commande d'écriture	AT+CXXX=<xxx>	Appliquer le ou les paramètres xxx à la commande CXXX

Tableau II.7 : Les différents types de commandes AT.

Remarque :

Dans tous les cas le téléphone doit répondre, favorablement ou non, à la commande envoyé. Si la commande est acceptée, la réponse retournée est de la forme :

<CR><LF>OK<CR><LF>. Si la commande n'est pas reconnue ou le ME présente un problème lors de son exécution, un message d'erreur est retourné :

<CR><LF>ERROR<CR><LF>, accompagné éventuellement d'un message décrivant la nature de l'erreur.

II.5.3 Normes GSM07.07

La norme GSM07.07 regroupe environ 80 commandes permettant d'accéder à toutes les fonctions du ME. Le tableau montre quelques instructions :

Commande	Fonction
AT+CGMI	Identification fabricant
AT+CGMM	Identification modèle
AT+CGMR	Identification version
AT+CGSN	Identification numéro de série(IMEI)
AT+CIMI	Information d'identité internationale du mobile (IMSI)
AT+CLIP	Présentation du numéro
AT+CSCS	Alphabet utilisé par le TE
AT+CPAS	Etat d'activité du téléphone
AT+CPIN	Entre le code PIN
AT+CBC	Etat de charge batterie
AT+CREG	Enregistrement sur le réseau
AT+CSQ	Qualité du signal
AT+CIND	Indicateur de contrôle
AT+CPBS	Sélectionner un répertoire téléphonique
AT+CPBR	Lecture du répertoire téléphonique
AT+CPBF	Recherche une entité dans le répertoire téléphonique
AT+CPBW	Ecriture dans le répertoire téléphonique
AT+CCLK	Horloge
AT+CALA	Alarme
AT+CMEE	Signalisation d'une erreur

Tableau II.8 : Commande AT de la norme GSM07.07.

II.5.4 Normes GSM07.05

La norme GSM07.05 spécifie les commandes AT permettent la gestion des SMS, le tableau montre quelques instructions :

Commande	Fonction
AT+CSMS	Sélection du service de messagerie
AT+CPMS	Sélection la zone de mémoire pour le stockage des SMS
AT+CMGF	Sélectionner le format du SMS (PDU ou TEXT)
AT+CSCA	Définition de l'adresse du centre de messagerie
AT+CSDH	Affiche en mode TEXT le paramétrage des SMS
AT+CSAS	Sauvegarde des paramètres
AT+CRES	Restauration du paramétrage par défaut
AT+CNMI	Indication concernant un nouveau SMS
AT+CMGL	Liste les SMS stockés en mémoire
AT+CMGR	Lecture d'un SMS
AT+CMGS	Envoie d'un SMS
AT+CMSS	Envoie d'un SMS stocké en mémoire
AT+CMGW	Ecriture d'un SMS
AT+CMGD	Effacer un SMS

Tableau II.9 : Commande AT de la norme GSM07.05.

II.6 Interfacer un Terminal GSM

Dans cette partie on va montrer comment interfacer un téléphone (ou terminal) GSM. En premier nous utiliserons un ordinateur de type PC en mode TE (terminal Equipement), les commandes AT saisie à l'aide du logiciel Hyper Terminal seront envoyées via le port série. Et en deuxième un microcontrôleur.

• Avec le PC :

Le logiciel Hyper Terminal est utilisé pour envoyer les commandes AT tirées des normes GSM07.07 et GSM07.05

Matériel et logiciels exigés:

- Téléphone GSM standard : (Sony Ericsson)
 - Un câble spécifique pour le téléphone ou adaptateur RS232/TTL, liaison Bluetooth ou USB
 - Une carte SIM pour se connecter au réseau GSM
 - Un PC disposant d'un port série libre (exemple : COM5, COM7...)
 - Un logiciel Hyper Terminal
- Terminal GSM : TM2 de Teltonika
 - Une carte SIM pour se connecter au réseau GSM
 - Une antenne GSM
 - Un bloc secteur pour l'alimentation (9 à 12 V / 1 A)
 - Un PC disposant d'un port série libre (exemple : COM5, COM7...)
 - Un logiciel Hyper Terminal

Hyper Terminal :

Ouvrir une session du logiciel et spécifier un nom pour la connexion dans la fenêtre « Description de la connexion »

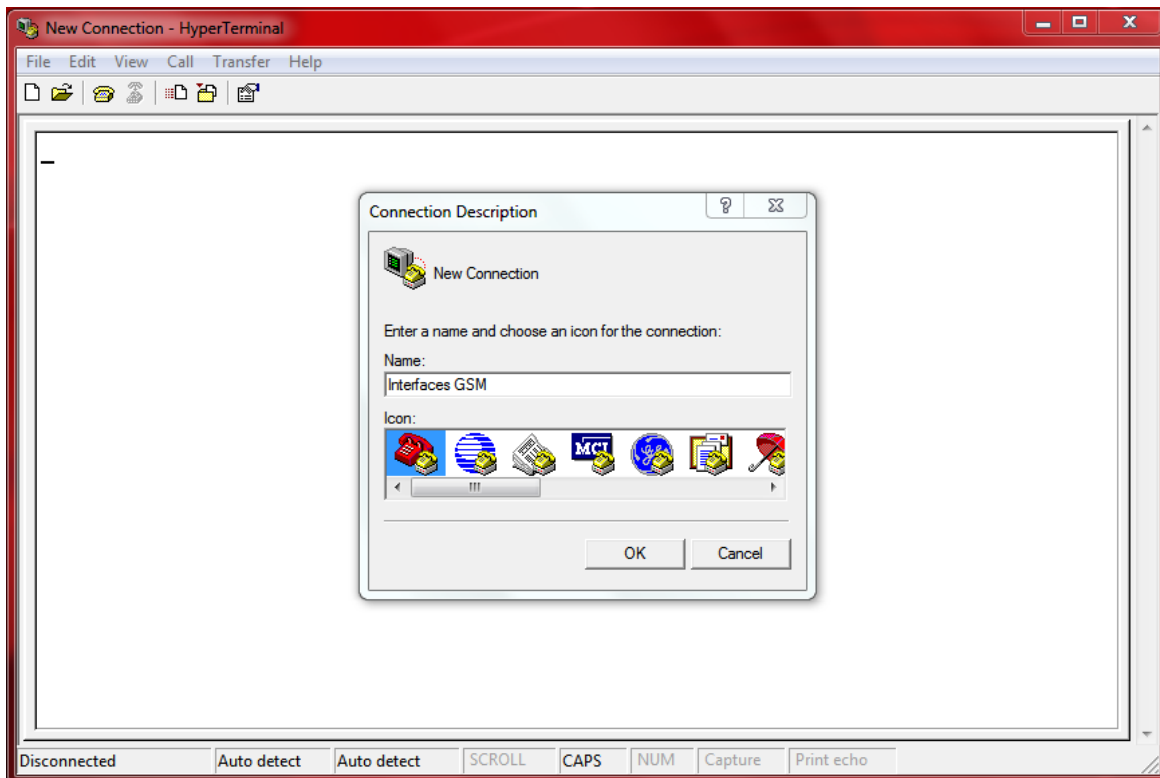


Figure II.9 : Description de la connexion établie.

Dans la fenêtre « Numéro de téléphone », on sélectionne le port COM5 et on peut éventuellement configurer le protocole de transfert du port COM5.

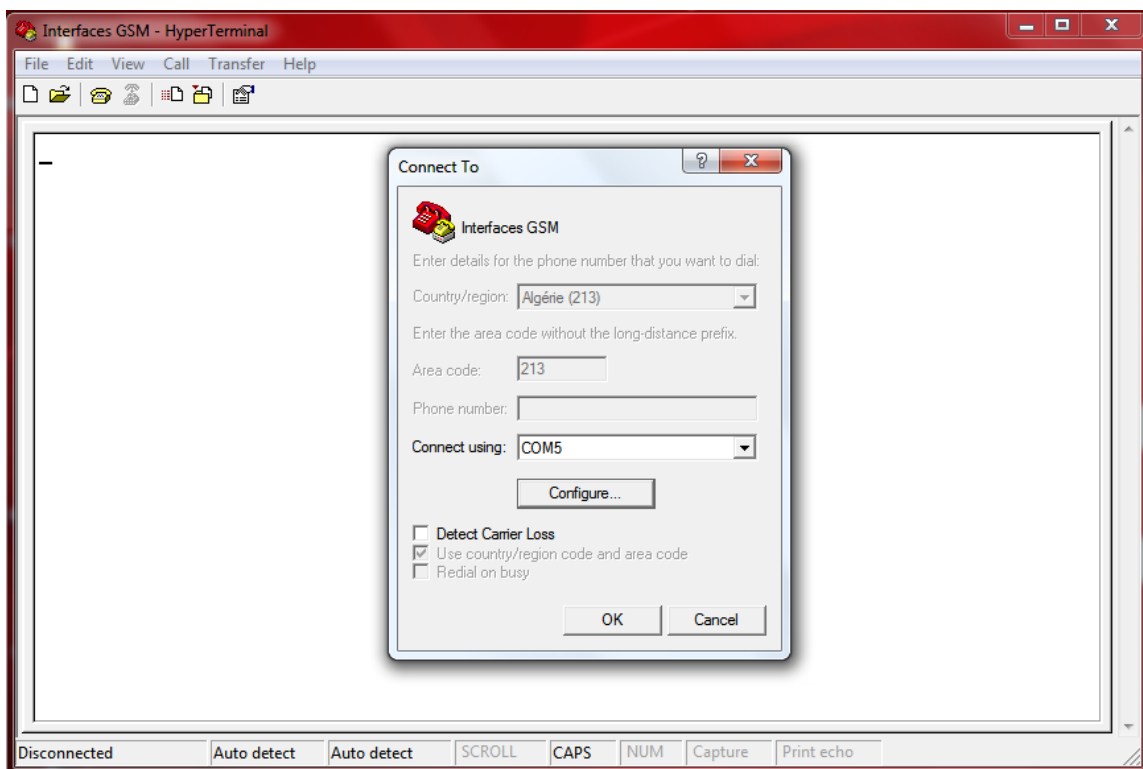


Figure II.10 : Choix du port COM et sa configuration.

Pour tester la liaison on utilise la commande :

AT [ENTREE]

La touche [ENTREE] correspond au caractère <CR>, à l'écran il se traduit par un retour à la ligne

Si la liaison est établie le mobile répond par

OK

```
AT
OK
```

Remarque :

Lorsqu'on utilise Hyper Terminal pour envoyer et recevoir des données via le port série du PC, les caractères saisis à l'écran sont codé suivant la table des caractères ASCII. Par exemple si vous taper la lettre « A » le code envoyé est 1000001_{BIN} . Dans le cas de notre téléphone GSM, il peut utiliser différents alphabets (IRA, GSM...), mais l'alphabet ASCII n'est pas supporté, cependant la comptabilité est assurée pour les caractères usuels (A...Z, a...z, 0...1).

Commandes générales :

On va tester dans cette partie les commandes de la norme GSM07.07.

1. Caractéristiques du téléphone GSM

Ces commandes suivantes permet d'établir une communication du TE avec TA et le ME. On les interroge sur leurs caractéristiques.

- Retourne le nom du fabriquant et du téléphone:

```
AT+CGMI
Sony Ericsson
OK
```

```
AT+GMM
Sony Ericsson W890
OK
```

- Retourne l'alphabet supportés par le téléphone, puis sélectionner l'alphabet à utiliser:

```
AT+CSCS=?
+CSCS: ("GSM","IRA","8859-1","UTF-8","UCS2")
OK
AT+CSCS="GSM"
OK
```

- Retourne le modèle :

```
AT+CGMM
AAD-3052111-BV
OK
```

- Retourne la version :

```
AT+CGMR
R3EH001 091023 1853 12067099_VODAFONE_LD
OK
```

- Retourne le numéro de série :

```
AT+CGSN
352966035306899
OK
```

2. Indicateurs et contrôles

Ces commandes suivantes permettent d'interroger le ME sur l'état de celui-ci :

- Permet d'interroger le ME si il est prêt (états 0) à effectuer des actions au téléphone :

```
AT+CPAS
+CPAS: 0
OK
```

- Permet d'indiquer l'état de connexion et le niveau de charge de la batterie :

```
AT+CBC
+CBC: 0,33
OK
```

- Permet d'indiquer la qualité du signal (la puissance du signal reçu) :

```
AT+CSQ
+CSQ: 22,99
OK
```

-La première valeur correspond au champ $\langle rssi \rangle$ qui indique la puissance du signal reçu. On ait que pour $rss_i=2$ la puissance est égal à -109 dbm, pour $rss_i=30$ la puissance est égal a -53 dbm. De ces 4 valeurs on définit équation suivante : $P=2rss_i-113$.

Exemple : en injectant dans l'équation $rssi=7$ on obtient une puissance égal à -99dbm . Pour cet exemple rappelons que de dbm est une unité de mesure exprimant a un niveau référencé par rapport à une puissance de 1Mw .

-La deuxième valeur 99 correspond au champ $\langle ber \rangle$ indique que le taux d'erreur de bit est inconnu ou non détectable.

3. Gestion des répertoires téléphonique :

Ces commandes suivantes permettent de lire et d'ajouter et chercher des entrées dans les répertoires :

- Permet de savoir quels sont les répertoires disponibles sur le téléphone, puis en sélectionné un (répertoire mémorisé sur la carte de SIM):

```
AT+CPBS=?
+CPBS: ("ME", "SM", "FD", "DC", "LD", "MC", "RC")
OK
AT+CPBS="SM"
OK
```

- Permet d'interroger sur l'état de la mémoire du répertoire SIM :

```
AT+CPBS?
+CPBS: "SM", 2, 250
OK
```

- Permet de consulter les index, les champs numéro et nom qui sont limités aux nombres de caractères :

```
AT+CPBR=?
+CPBR: (1-250), 80, 14
OK
```

- Permet de lister et puis chercher les enregistrements d'un répertoire (SIM) :

```
AT+CPBR=1,3
+CPBR: 2, "0559522413", 129, "Irias/M"
+CPBR: 3, "0559522414", 129, "Sarah/M"
OK
```

```
AT+CPBF="S"
+CPBF: 3, "0559522414", 129, "Sarah/M"
OK
AT+CPBF="I"
+CPBF: 2, "0559522413", 129, "Irias/M"
OK
```

- Permet d'ajouter des enregistrements sur le répertoire (SIM) :

```
AT+CPBW="0559522415",129,"RAYAN"
OK
AT+CPBR=1,4
+CPBR: 1,"0559522415",129,"RAYAN/H"
+CPBR: 2,"0559522413",129,"Irias/M"
+CPBR: 3,"0559522414",129,"Sarah/M"
OK
```

Commandes SMS :

On va tester dans cette partie les commandes de la norme GSM07.05.

1. Sélection de la zone mémoire pour lecture /écriture des SMS :

Ces commandes suivantes permettent la gestion des types des mémoires relatives aux SMS :

- Permet d'indiquer les types et états des mémoires disponibles sur les téléphones, puis en sélectionner une (mémoire SIM) :

```
AT+CPMS=?
+CPMS: ("ME","SM"),("ME","SM"),("ME","SM")
OK
AT+CPMS?
+CPMS: "SM",1,50,"SM",1,50,"ME",1,6377
OK
AT+CPMS="SM","SM","SM"
+CPMS: 1,50,1,50,1,50
OK
```

- Permet de lister les SMS (en mode PDU) stockés dans la mémoire (SIM):

```
at+CMGL=4
+CMGL: 1,1,,23
0791127307006020240C9112730921065400001140919084734004D4F29C0E
OK
```

2. Envoi d'un SMS (Mode PDU) :

- Permet d'Interroger si le mode PDU est supporté puis l'activer (état 0) :

```
AT+CMGF=?
+CMGF: (0)

OK
AT+CMGF=0
OK
```

- Permet d'entrer la longueur de la trame PDU qui compose le SMS, puis la saisir en validant avec « ctrl-Z » :

```
AT+CMGS=17
> 0011000A8170092106540000AA04D4E2940A+
+CMGS: 190
OK
```

3. Réception/lecture d'un SMS (en mode PDU)

- Permet d'interroger la manière dont ME indique au TE qu'il vient de recevoir un nouveau SMS :

```
AT+CNMI?
+CNMI: 2,0,0,0,0

OK
```

- Permet de configurer la manière dont ME indique au TE qu'il vient de recevoir un nouveau SMS (en envoyant l'emplacement en mémoire et l'index) :

```
AT+CNMI=2,1
OK
```

- Le code signalant qu'un nouveau SMS est reçu et qui il est sauvegardé dans la mémoire téléphone (ME) à l'emplacement (index) 5425 :

```
+CMTI: "ME",5425
```

- Permet de sélectionner la mémoire du téléphone (ME), puis lire le SMS en question (en mode PDU):

```
AT+CPMS="ME","ME","ME"
+CPMS: 1222,22204,1222,22204,1222,22204

OK
AT+CMGR=5425
+CMGR: 0,54
07911253001007F10412D0B05AAD36B3C568391A00001140915123514024D4E294EA524C9B5350D9
6D7FE70BA03F081E96D3D37210B90CD2A2DF6F17590F

OK
```

4. caractéristique du module GSM TM2 vu avec le PC :

```
AT+CGMM
Teltonika TM2
OK
```

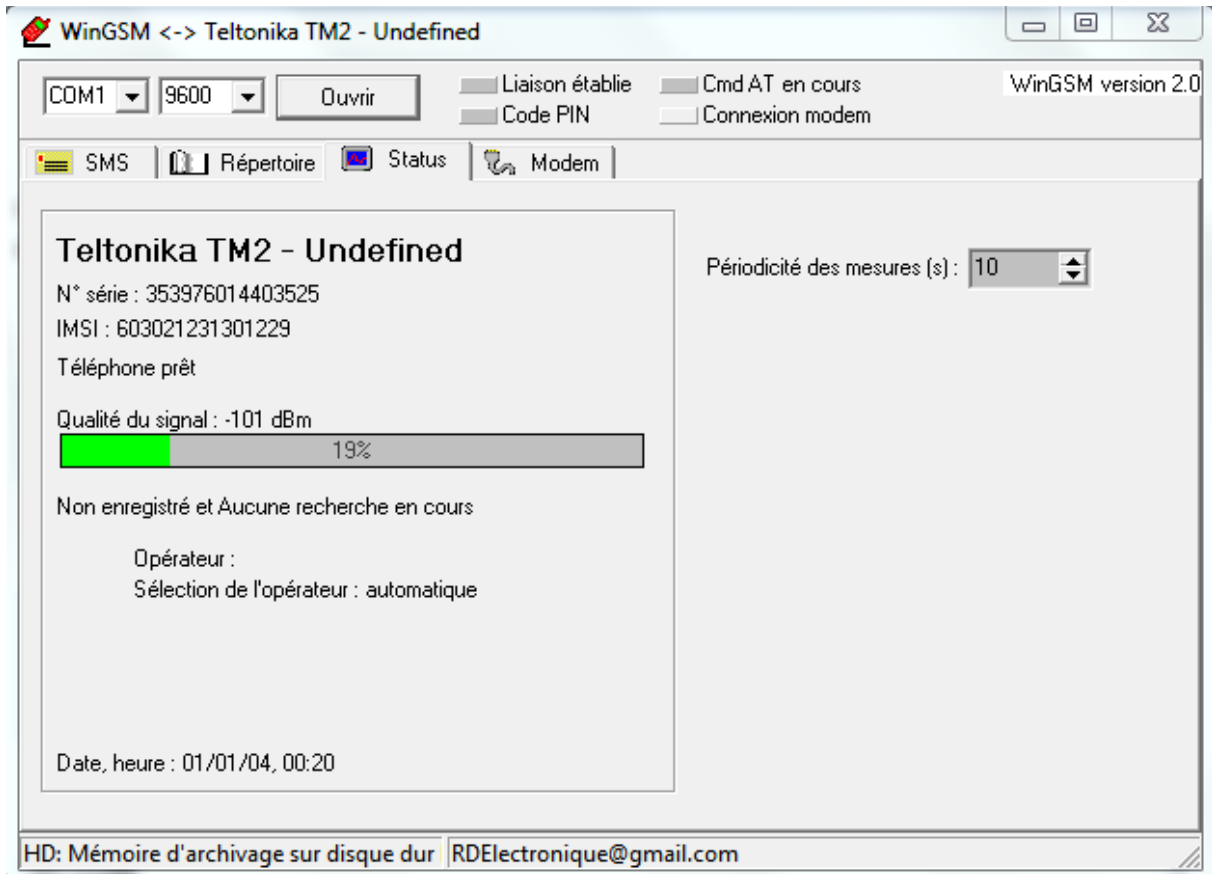


Figure II.11 : Aperçu des caractéristiques du module TM2 avec un logiciel WinGSM

•Avec le PIC :

Le microcontrôleur choisi, pour jouer le rôle du TE, est un PIC du constructeur Microchip. Il existe trois familles, on a choisi le PIC 16F877A de la famille « Mid-Range », il est un bon compromis entre le coût et les possibilités offertes (voir plus de détails sur le PIC dans le chapitre III : partie A, et sur l'interfaçage du terminal GSM dans la Partie B).

Chapitre III :

Etude et conception

Partie A :

Conception matériels

PARTIE A : CONCEPTION MATERIELS

1. Introduction générale au microcontrôleur

Un microcontrôleur se présente comme étant une unité de traitement de l'information 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 broches 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. Plusieurs Constructeurs se partagent le marché des microcontrôleurs, citons INTEL, MOTOROLA, AMTEL, ZILOG, PHILIPS et enfin MICROCHIP avec ses PICs très populaires qui nous intéresse ici dans notre projet.

1.1 Caractéristiques principales d'un microcontrôleur

Les microcontrôleurs, quel que soit leurs constructeurs, ont des architecture très similaires et sont constitués de modules fondamentaux assurant les mêmes fonctions :

De nombreux périphériques et interfaces d'E/S, (RS232, I2C, SPI ...)

Une mémoire de programme.

Une mémoire vive (en général de type SRAM).

Éventuellement une mémoire EEPROM destinée à la sauvegarde des données des programmes avant la coupure de l'alimentation.

Un processeur 8 ou 16 bits.

Faible consommation électrique.

Des Timer pour gérer le temps.

D'autres modules plus au moins sophistiqués selon la taille des μC .

1.2 Les avantages d'un microcontrôleur

Tout d'abord, un microcontrôleur est un circuit intégré dans un seul et même boîtier ce qui avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement de matériel et de circuit imprimé.

Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de donnée d'un composant à un autre. L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composant diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimés diminue.

Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux

- Moins cher que les autres composants qu'il remplace.
- Diminuer les coûts de main d'œuvre.
- Réalisation des applications non réalisables avec d'autres composants.

2. Le choix du microcontrôleur : PIC 16F877A

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

Le choix d'un PIC est directement lié à au projet à réaliser :

- notre application nécessite l'utilisation de la norme UART pour la liaison série avec le module GSM
- pour l'acquisition des données du capteur en a besoin de la liaison série du Bus I2C
- La vitesse d'exécution est un élément important pour bien choisir les vitesses de transmission adéquate de la liaison série avec le module GSM.
- La taille de la RAM interne est primordiale pour l'envoi, la réception des SMS et l'acquisition
- La présence d'une mémoire EEPROM d'une taille suffisante pour mémoriser des données d'acquisition et le stockage des SMS est également un facteur important.

En se basant sur ces critères pour l'élaboration du projet, notre choix s'est porter sur :

Le PIC 16F877A qui dispose d'une mémoire dynamique (RAM) et d'une mémoire de stockage en flash (EEPROM) suffisante pour la taille des programmes et des données sollicités dans notre projet, ainsi que la présence d'un bus I2C et de liaison UART , sont indispensable pour l'acquisition (capteur) et la communication (module GSM) .

D'où ce choix imposé dans le cahier de charge.

3. Schéma synoptique de la carte d'acquisition

Voici le schéma synoptique global des différents modules et alimentation utilisés autour de la carte d'acquisition à l'aide du PIC16F877A :

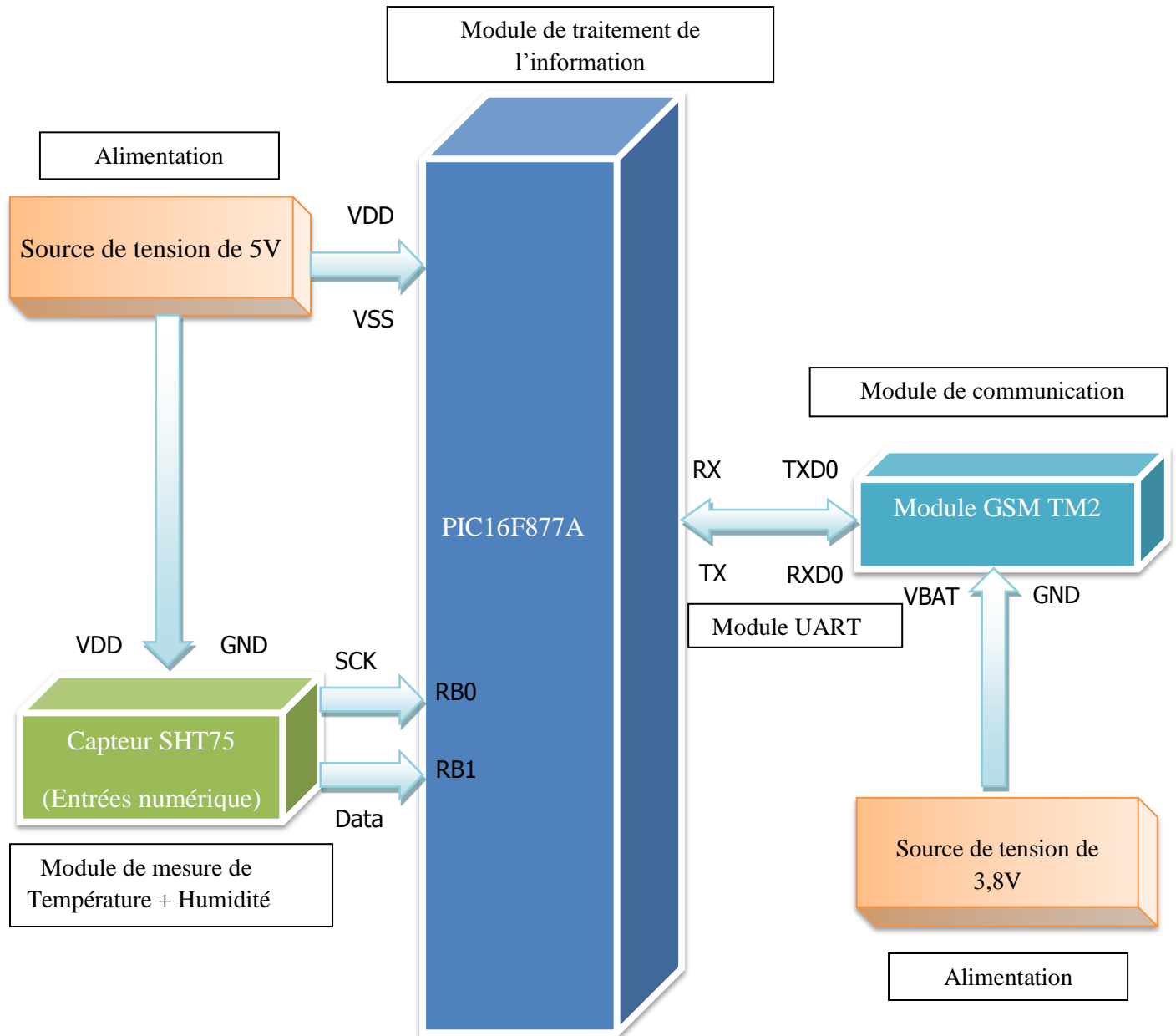


Figure III.1 : Schéma synoptique de la carte d'acquisition

4. LE MICROCONTRÔLEUR PIC 16F877A

4.1 Principales caractéristiques du PIC 16F877A

- Une tension d'alimentation entre 2 et 5,5 V.
- Une mémoire programme de type EEPROM flash de 8K mots de 14 bits,
- Une RAM donnée de 368 octets,
- Une mémoire EEPROM de 256 octets,
- Cinq ports d'entrée sortie, A (6 bits), B (8 bits), C (8 bits), D(8bits),E(8 bits)
- Convertisseur Analogiques numériques 10 bits à 8 canaux,
- USART, Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone
- SSP, Port série synchrone supportant I2C
- Port parallèle esclave (PSP)
- Trois TIMERS : TMR0, TMR1, TMR2
- Deux modules de comparaison et Capture CCP1 et CCP2
- Un chien de garde,
- 13 sources d'interruption,
- Générateur d'horloge, à quartz (jusqu' à 20 MHz) ou à Oscillateur RC
- Protection de code,
- Fonctionnement en mode sleep pour réduction de la consommation,
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V,
- Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme,
- Jeux de 35 instructions

4.2 Structure interne du PIC

Le schéma ci-dessous montre la structure interne du PIC 16F877A, on remarque principalement :

- Les différents types de mémoires (EEPROM, RAM)
- Les différents registres (système, utilisateur)
- L'Unité Arithmétique et Logique (ALU)
- Les ports d'entrées / sorties
- Les différents Timers
- Les différentes interfaces (DAC, CCPx, MSSP, USART)

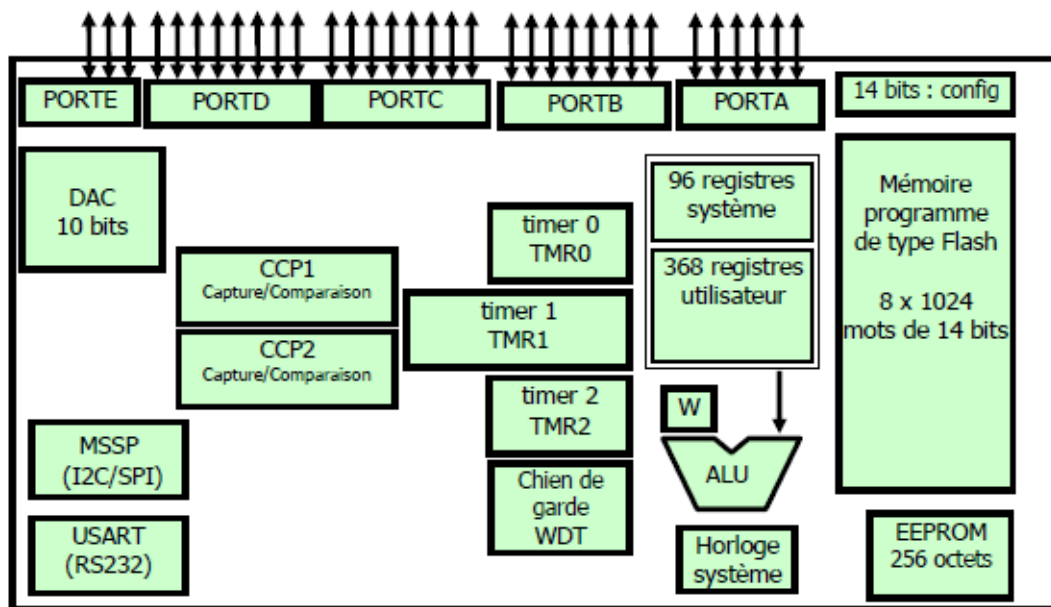


Figure III.2 : Structure interne du PIC.

4.3 Mémoires du PIC 16F877A

Le PIC 16F877A dispose de trois types de mémoires :

1. Mémoire vive RAM :

C'est de la mémoire d'accès rapide, mais labile (c'est-à-dire qu'elle s'efface lorsqu'elle n'est plus sous tension); cette mémoire contient les registres de configuration du PIC ainsi que les différents registres de données. Elle comporte également les variables utilisées par le programme.

2. Mémoire morte FLASH :

C'est la mémoire programme proprement dite. Chaque case mémoire unitaire fait 14 bits. La mémoire FLASH est un type de mémoire stable, réinscriptible à volonté, c'est cette dernière qui a fait le succès de microprocesseur PIC.

3. Mémoire EEPROM :

Elle est de 256 octets, électriquement effaçable, réinscriptible et stable. Ce type de mémoire est d'accès plus lent, elle est utilisée pour sauver des paramètres. L'adresse relative de l'accès EEPROM est comprise entre 0000 et 00ff, ce qui nous permet d'utiliser qu'un registre de huit bits pour définir cette adresse

4.4 Brochage du PIC 16F877A

Le boîtier du PIC 16F877 décrit par la figure III.2 comprend 40 broches : 33 broches d'entrées/sorties, 4 broches pour l'alimentation, 2 broches pour l'oscillateur et une broche pour le Reset (MCLR).

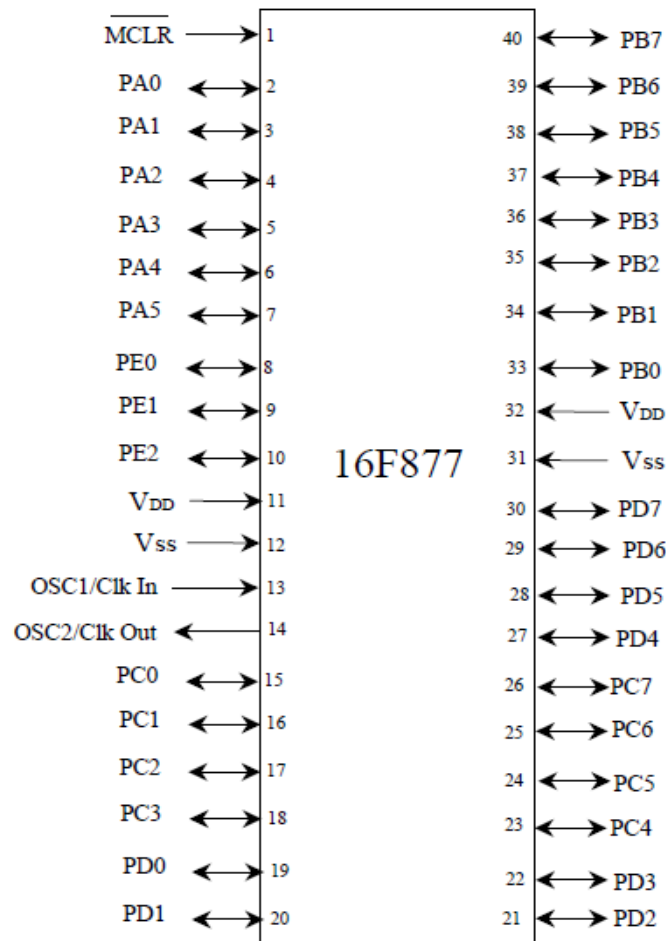


Figure III.3 : brochage du PIC 16877A

4.4.1 Les différents ports E/S du PIC 16F877A

On dispose de 33 broches d'entrées/sorties, chacune configurable soit en entrée soit en sortie (PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE).

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 16F877A dispose de 5 canaux d'entrée analogique. Nous pouvons donc échantillonner successivement jusque 5 signaux différents avec ce composant. Les broches utilisées sont les broches AN0 à AN4 (qui sont en fait les dénominations analogiques des broches RA0 à RA3 + RA5). On peut noter également que les broches ANx sont en entrées. 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 broche RB0 qui, en configuration d'entrée, peut être utilisée comme une entrée d'interruption INT.

- **Particularités du port C :**

C'est un port tout ce qu'il y a de plus classique, Or qu'il a deux broches qu'on utilisera plus tard dans la communication série avec le PC à travers (TX et RX) (broche 17 et 18).

- **Particularités du port D :**

Une fois de plus, ce port fonctionne de façon identique aux autres, dans son mode de fonctionnement général. Le registre TRISD comportera donc les 8 bits de direction. , mais son fonctionnement dépend de la valeur du bit PSPMODE de registre TRISE qui concerne, a première vue le port E. Mais au moment de mise sous tension, la valeur placée dans TRISE configure le PORT D comme un port E/S classique ou comme un port d'interfaçage parallèle (PSP),

- **Particularités du port E :**

Ce port ne comporte que 3 broches, RE0 à RE2, ces broches peuvent se comporter comme des E/S analogiques ou numériques, C'est le registre ADCON1 qui détermine si ces ports seront utilisés comme ports E/S classique ou comme ports d'entrées analogique.

4.5 Circuit de Reset

4.5.1 Principe de fonctionnement

Le RESET est relié à la broche MCLR du PIC c'est une entrée de remise à zéro, lorsque cette entrée est mise à l'état bas, le microcontrôleur est réinitialisé, il va exécuter l'instruction se trouvant à l'adresse 00 H.

4.5.2 Connexion du RESET sur la carte

Si on a besoin d'un reset « hardware », le montage suivant est le plus simple et le plus pratique. Le condensateur est facultatif, sauf en environnement perturbé.

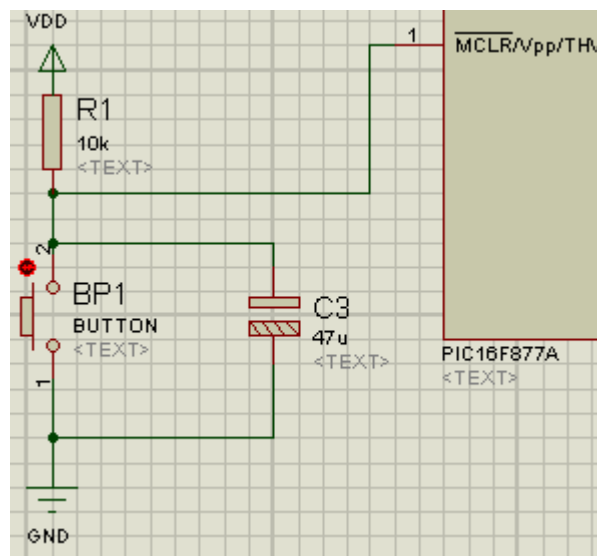
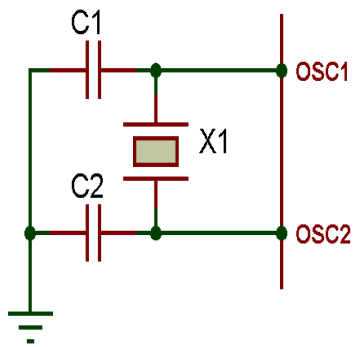


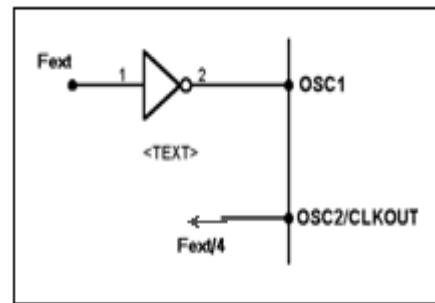
Figure III.4 : Circuit de reset.

4.6 L'oscillateur

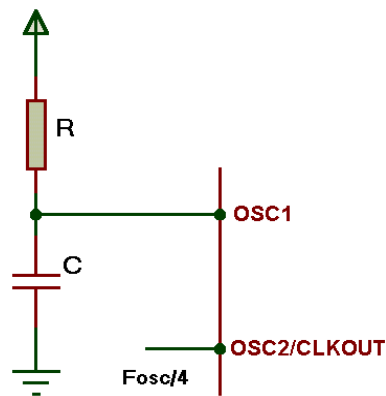
L'horloge est un système qui peut être réalisée soit avec un QUARTZ(a), soit avec une horloge extérieur(b), soit avec un circuit RC(c), dans ce dernier la stabilité du montage est limitée. OSC1/CLOCKIN et OSC2/CLOCKOUT sont les pattes d'horloges.



A : Oscillateur à Quartz.



B : Horloge externe.



C : Oscillateur RC

Figure III.5 : Systèmes d'horloge

Remarque :

La fréquence maximale d'utilisation va dépendre de microcontrôleur utilisé. La fréquence de l'horloge interne du PIC est obtenue en divisant par 4 la fréquence de l'horloge externe. Pour un quartz à 4 MHz, la fréquence interne est donc de 1 MHz et la durée d'un cycle est de 1 μ s.

4.7 Les Timers

Un timer est un registre interne au microcontrôleur, celui-ci s'incrémente au grès d'une horloge, ce registre peut servir par exemple pour réaliser des temporisations, ou bien encore pour faire du comptage (par l'intermédiaire d'une broche spécifique : RA4/TOKI). Le PIC 16F877A possède trois timers configurable par logiciel :

1. Le Timer0 (8bits) : il peut être incrémenté par des impulsions extérieures via la broche (TOCKI/RA4) ou par l'horloge interne (Fosc/4).
2. Le Timer1 (16 bits) : il peut être incrémenté soit par l'horloge interne par des impulsions sur la broche T1CKI/RC0 ou par un oscillateur (RC ou quartz) connecté sur les broches T1OSO/RC0 et T1OSI/RC1.
3. Le Timer2 (8bits) : il est incrémenté par l'horloge interne, celle peut être pré divisée.

Tous ces timers peuvent déclencher une interruption interne, s'ils ont été autorisés.

5. Les interfaces de communication

5.1 L'UART : La liaison série asynchrone RS232

5.1.1 Présentation

La liaison série à la norme RS232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique (ex : port de communication com1 et com2 des PC permettant la communication avec des périphériques tels que modem et souris). Elle est de type asynchrone, c'est à dire qu'elle ne transmet pas de signal d'horloge.

5.1.2 Brochage du port RS232

Aujourd'hui pour des raisons d'encombrement on utilise des connecteurs DB9 de 9 Broches, voici les noms (voir le tableau ci-dessus) et les définitions de chaque broche :

Brochage	Nom
1	DCD
2	RXD
3	TXD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	RI

Tableau III.1 : Brochage du port RS232.

- ◆ DCD (Data Carrier Detect) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle signale à l'ordinateur qu'une liaison a été établie avec un correspondant.
- ◆ RXD (Receiver Data) : cette ligne est une entrée. C'est ici que transitent les informations du correspondant vers l'ordinateur.
- ◆ TXD (Transmit Data) : cette ligne est une sortie. Elle permet de véhiculer des données de l'ordinateur vers le correspondant.
- ◆ DTR (Data Terminal Ready) : cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de signaler au correspondant que le port série a été libéré et qu'il peut être utilisé s'il le souhaite.
- ◆ GND (Ground) : c'est la masse.
- ◆ DSR (Data Set Ready) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet au correspondant de signaler qu'une donnée est prête.
- ◆ RTS (Request To Send) : cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle indique au correspondant que l'ordinateur veut lui transmettre des données.
- ◆ CTS (Clear To Send) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle indique à l'ordinateur que le correspondant est prêt à recevoir des données.
- ◆ RI (Ring Indicator) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de savoir si un correspondant veut initier une communication avec lui.

5.1.3 Fonctionnement

Pour pouvoir dialoguer avec le PC, notre microcontrôleur utilise son module USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter).

C'est donc un module qui permet d'envoyer et de recevoir des données en mode série, soit de façon synchrone, soit asynchrone. Le module USART de notre PIC gère uniquement deux broches, à savoir RC6/TX/CK et RC7/RX/DT.

Une liaison série synchrone nécessite une connexion dédiée à l'horloge, donc il reste une seule ligne pour transmettre les données. Alors qu'en mode asynchrone on n'a pas besoin d'une ligne d'horloge, il nous restera alors deux lignes pour communiquer, chacune étant dédiée à un sens de transfert. Nous pourrions donc envoyer et recevoir des données en même temps.

Les liaisons RS 232 sont des liaisons asynchrones très utilisées en informatique. Elle nécessite que l'émetteur et le récepteur soit informé de la vitesse de transfert choisie.

Puisque le récepteur connaît la vitesse du transfert il peut se passer de signal de synchronisation.

Trois lignes sont nécessaires à cette liaison.

1. TX : transmission de donnés.
2. RX : récepteur de donné.
3. GND : masse

Pour réaliser cette liaison, il ne faut un circuit d'adaptation des signaux du standard RS232, la solution c'est de faire appel au MAX232

5.1.4 Présentation du MAX232

Le MAX232 est circuit intégré créé par le constructeur MAXIM. Le MAX232 est un standard depuis longtemps, il permet de réaliser des liaisons RS232 et des interfaces de communication, il amplifie et met en forme deux entrées et deux sorties TTL/CMOS vers deux entrées et deux sorties RS232, la connexion est réalisée avec un DB9. Le pic 16F877A utilise les niveaux 0v et 5v pour définir respectivement les bits : 0 et 1. La norme RS 232 définit des niveaux de +12v et -12v pour établir ces mêmes niveaux.

Nous avons donc besoin de ce circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC ou le PC avec le module GSM.

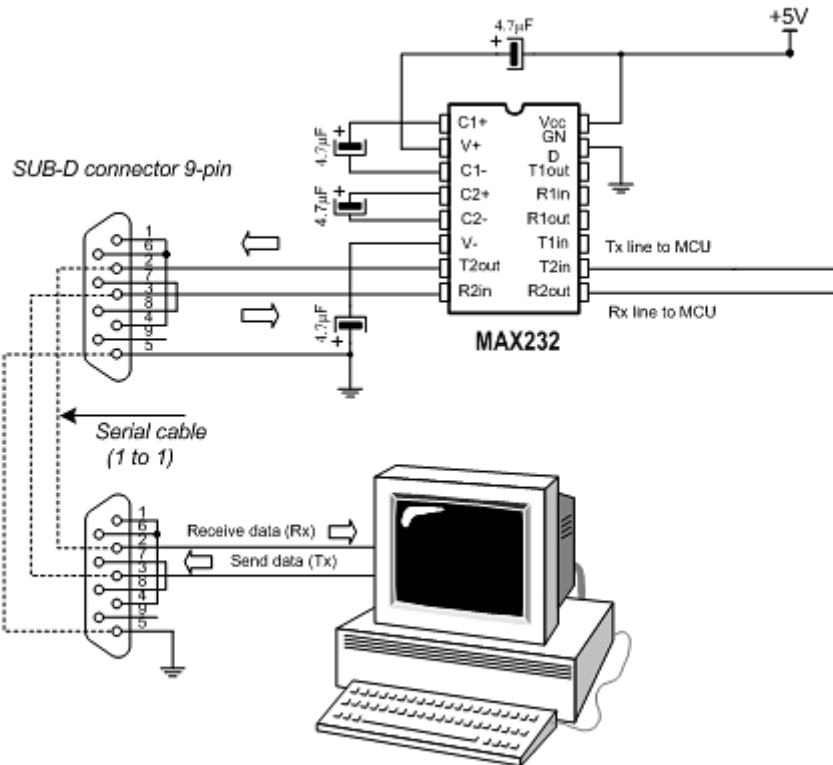


Figure III.6 : Montage MAX232.

Le MAX232 s'alimente avec 5v, se présente sous la forme d'un boîtier DIL 16 (2* 8 broches) et dispose de :

- Deux blocs nommés T1 (T1IN et T1OUT) et T2 (T2IN et T2OUT) qui convertissent les signaux d'entrées 0v et 5v en signaux de sorties +12v et -12v.
- Deux blocs nommés R1 (R1IN et R1OUT) et R2 (R2IN et R2OUT) qui convertissent les signaux d'entrées +12v et -12v en signaux de sorties 0v et 5v.

Voici la structure interne et externe ainsi que le brochage d'un MAX232 :

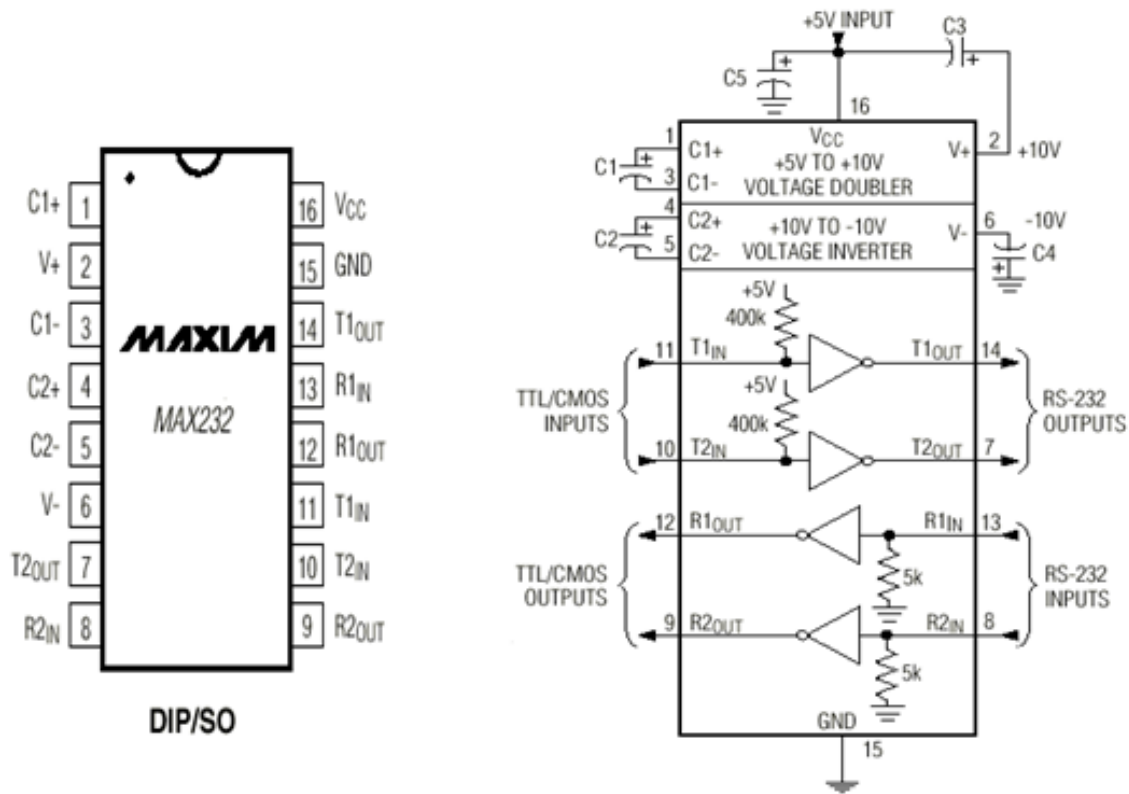


Figure III.7 : Structure interne et externe de MAX232

5.2 Le bus I2C

5.2.1 Présentation

Le bus I2C ou Inter-IC-Communication a été conçu pour réaliser la liaison entre les circuits intégrés d'une même platine. Il se charge de la communication entre les périphériques qui est assurée d'ordinaire par un bus parallèle. En développant ce bus, Philips a équipé la plupart de ses appareils électroniques destinés au grand public (appareils TV et radio, systèmes audio et radio, postes téléphoniques, systèmes électrique automobile, appareils électroménager...).

Les informations sont échangées au moyen de deux lignes bidirectionnelles : SDA (Serial Data) et SCL (Serial Clock). Chaque circuit intégré possède une adresse unique qui le distingue des autres. Chaque composant peut émettre ou recevoir des informations suivant sa fonction. Le bus est piloté par un circuit appelé le maître qui prend l'initiative du transfert des informations, décide du sens de ce transfert et gère la ligne SCL. Les autres composants sont alors désignés par le terme esclave.

Pour le bus I2C, le niveau dominant est l'état bas. Les deux lignes SDA et SCL sont donc maintenues au niveau haut tant que le bus est libre. Sur les deux lignes, le niveau est reconnu bas pour toute tension inférieure à 1,5V et haut pour toute tension supérieure à 3V. Tous les niveaux intermédiaires ne sont pas pris en considération

5.2.2 Fonctionnement

Le périphérique qui gère la communication est le maître, c'est lui qui génère l'horloge (SCL) et qui envoie les données (SDA) mis à part l'acknowledge (acquiescement en français).

L'acquiescement est un 'bit' envoyé par le composant esclave pour indiquer qu'il a bien reçu toutes les données ; si c'est le cas l'esclave impose le niveau 0, sinon la résistance de pull-up maintient la ligne à 1, on dit alors qu'il n'y a pas d'acknowledge. (NACK qui veut dire "no acknowledge" en anglais)

Au début de la communication SDA passe de 1 à 0 alors que SCL reste à 1, c'est le StartBit. Après avoir imposé la condition de départ, le maître passe SCL à 0 puis applique ensuite sur SDA le bit de poids fort. Il verrouille la donnée en appliquant pendant un instant un niveau 1 sur la ligne SCL. Lorsque SCL revient à 0, il recommence l'opération avec le bit inférieur jusqu'à ce que l'octet complet soit transmis. Il redéfinit ensuite SDA comme une entrée et scrute son état ; l'esclave doit alors imposer un niveau 0 pour signaler au maître que la transmission s'est effectuée correctement, c'est l'acknowledge, la communication peut donc continuer. Si l'esclave n'envoie pas l'acknowledge les résistances de pull-up maintiennent la ligne à 1. La communication peut alors être arrêtée, ou reprendre à zéro (dépend de la configuration), c'est le rôle du bit de STOP StopBit. Le StopBit indiquant la fin de la transmission par le maître est effectué en appliquant un passage de 0 à 1 de SDA alors que SCL reste lui à 1. Le premier octet envoyé est l'adresse, il est composé de 7bits variables selon le composant et du bit de read/write (0 pour write, 1 pour read).

Le second octet peut être le byte de contrôle sur certains composants, ou directement la donnée.

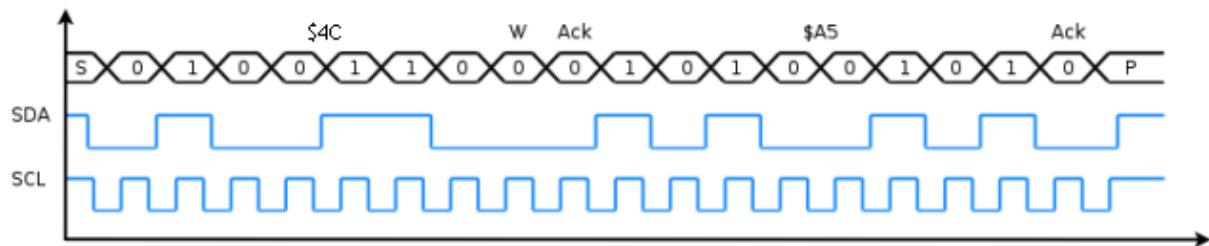
Exemple de communication I2C :

Figure III.8 : Communication I2C.

- La communication commence par le StarBit
- Puis l'adresse, (sur 8bits \$4C) avec bit de read/write à 0
- L'acknowledge (Ack)
- Un octet de données (\$A5)
- De nouveau L'acknowledge (Ack)
- Et enfin le StopBit

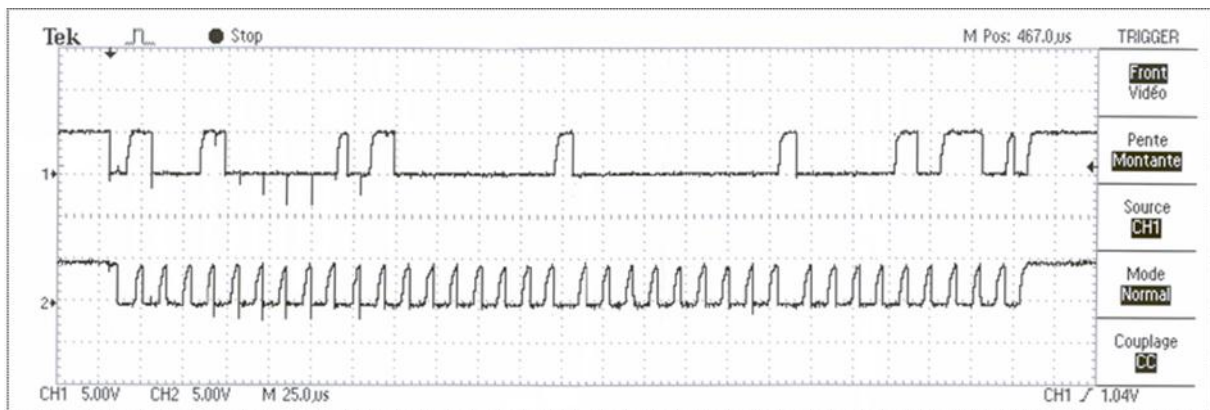


Figure III.9 Structure d'une trame I2C observé à l'oscilloscope

6. Capteurs**6.1 Introduction**

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par

un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique.

6.2 Définitions

Capteur : Dispositif assurant la conversion d'une quantité mesurée en un signal interprétable relié à la mesure par une relation simple.

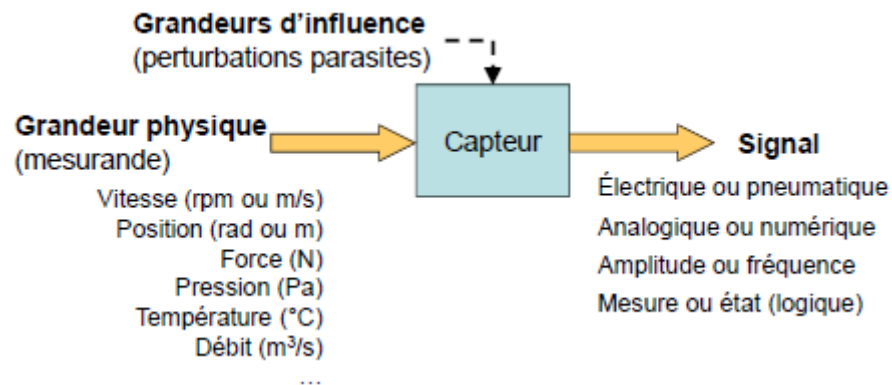


Figure III.10 : Fonctionnement d'un capteur

Perturbation parasite : Grandeur physique dont les variations influent sur le fonctionnement du capteur ou la qualité de la mesure.

- Température, vibrations, humidité, alimentation électrique, perturbations électromagnétiques, ...
- La conception du capteur doit chercher à minimiser l'influence indésirable de ces grandeurs ou prévoir un dispositif de compensation.

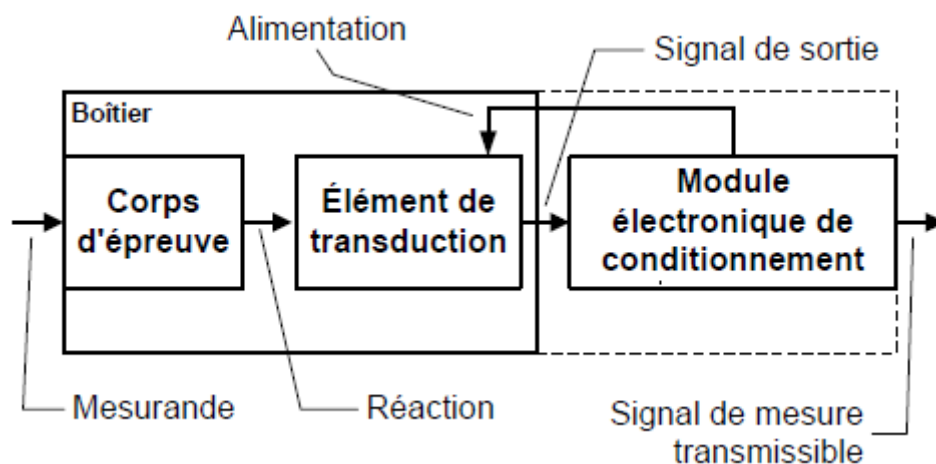


Figure III.11 : Structure interne d'un capteur.

- Corps d'épreuve :

Réagit sélectivement à la grandeur à mesurer en fournissant une grandeur mesurable proportionnelle.

- Élément de transduction (détecteur) :

Transforme la réaction du corps d'épreuve en un signal compatible

- Module de conditionnement :

Lorsque nécessaire, permet l'alimentation de l'élément de transduction

Assure une mise en forme appropriée du signal de sortie

Transmet le signal de mesure

6.3 Principales caractéristiques des capteurs

- L'étendue de la mesure : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- Résolution : c'est la plus petite variation de la quantité physique à mesurer qui est perceptible par le capteur. Ou capacité à distinguer deux grandeurs voisines l'une de l'autre
- La sensibilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- La rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- La précision : Degré de conformité des mesures avec la valeur vraie.

6.4 Types de grandeur physique

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

- Mécanique : déplacement, force, masse, débit etc...
- Thermique : température, capacité thermique, flux thermique etc...
- Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique etc...

- Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique etc...

- Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes etc...

- (Bio) Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone etc...

6.5 Classification des capteurs

On classifie les capteurs en deux grandes familles en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

- Capteurs passifs

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

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

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

Tableau III.2 : Les types de capteurs passif

- Capteurs actifs

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

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

Tableau III.3 : Les types de capteurs actifs

6.6 Capteur de température et d'humidité (SHT75)

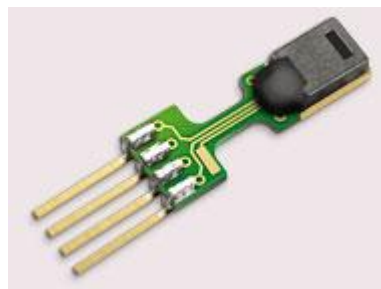


Figure III.12 : Le capteur SHT75

Il existe une infinité de capteur, dans notre application on a utilisé un capteur de température et d'humidité a sortie numérique (2 fils) SHT75 de la famille de Sensirion. Il peut mesurer une température variante de -40°C à 124°C avec une précision de $0,1^{\circ}\text{C}$, et aussi une gamme d'humidité de 0 à 100 % avec une précision de 0,03. C'est un capteur de classification passif de type capacitif pour mesurer l'humidité relative, tandis que la température est mesurée par un capteur à semi-conducteurs (silicon).

Les deux capteurs sont parfaitement couplés à un convertisseur analogique numérique de 14 bits, l'interface série à 2 fils et la régulation interne de tension Il en résulte une qualité de signal supérieure, un temps de réponse rapide et une insensibilité à une perturbation extérieure.

De taille réduite et de faible consommation d'énergie, le SHT75 est le choix idéal pour les applications les plus exigeantes.

Spécification de l'interface :

L'interface série du SHT7x est optimisé pour les capteurs a lecture et la consommation d'énergie efficace. Le capteur ne peut être traité par le protocole I2C, toutefois, le capteur peut être connecté à un bus I2C, sans interférence avec d'autres périphériques connectés au bus.

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial Clock, input only
2	VDD	Source Voltage
3	GND	Ground
4	DATA	Serial Data, bidirectional

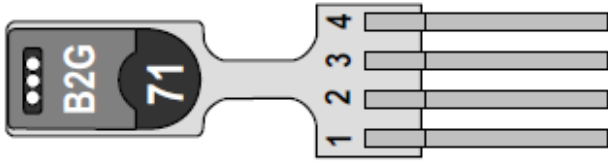
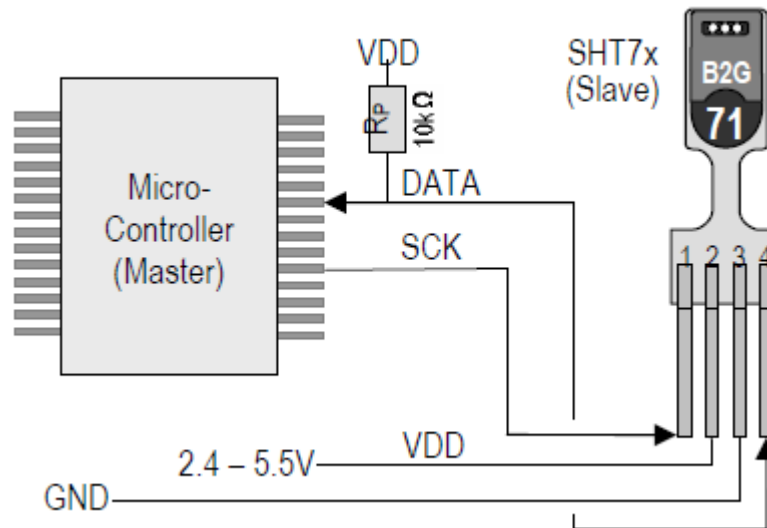


Figure III.13 : Brochage du SHT 71/75

- Broche 2,3 : c'est les broches d'alimentation avec une gamme de tension de 2,4 à 5,5V.
- Broche 1 : la broche SCK est utilisée pour synchroniser la communication entre le microcontrôleur et SHT75.
- Broche 4 : La broche de données est utilisée pour transférer les données en série entrante et sortante du capteur. Pour envoyer une commande pour le capteur, la broche DATA doit être sur le front montant de l'horloge de série (SCK) et doivent rester stables pendant SCK est élevé

Voici un exemple typique d'un montage du SHT75 avec Microcontrôleur :

Figure III.14 : Montage typique avec un μC

Partie B :

Conception logicielle

PARTIE B : CONCEPTION LOGICIELLE

1. Choix d'un langage de programmation (langage C)

1.1 Historique

Le langage **C** a fait son apparition en 1972 pour le développement du système d'exploitation Unix .il est devenu un standard de la norme ANSI en 1988 (Norme C-AINSI).Depuis quelques années il a fait son entrée dans le monde des microcontrôleurs. Il permet de bénéficier d'un langage universel et portable pratiquement indépendant du processeur utilisé. Il évite les taches d'écriture pénible en langage assembleur et élimine ainsi certaines sources d'erreurs.

Nous utilisons « un des compilateurs C » du commerce spécifique à la programmation des « microcontrôleurs », le compilateur **C** de chez **CCS**.

1.2. Qualités du langage

Le langage **C** est un langage de programmation évolué, typé, modulaire et structuré :

- ➔ Evolué : Le code est indépendant du processeur utilisé
- ➔ Complet : Un code en C peut contenir des séquences de bas niveau (assembleur) proche du matériel.
- ➔ Typé : Un type est l'ensemble des valeurs que peut prendre une variable (Entiers, réels, caractères etc ...)

Modulaire et structuré : Tout programme est décomposable en tâches simples (3 structures algorithmiques de base) qui seront regroupées sous forme de modules (fonctions) qui eux même regroupés de façon cohérente en tâches plus complexes (structurés) formeront le programme.

- ➔ Souple : En C on peut tout faire... mais une grande rigueur s'impose.
- ➔ Efficace : On réfléchit (devant sa feuille de papier) et on écrit (peu).

2. Le compilateur C de CCS dans sa version PWHD

Le compilateur C de la société CCS (Custom Computer Services : www.ccsinfo.com) est un compilateur C adapté aux microcontrôleurs PICs, il apporte des fonctionnalités très intéressantes pour notre projet :

- bibliothèque de fonctions compatibles de tous les PIC supportés pour ce qui est des interfaces RS 232, I2C, des entrées/sorties parallèles et de gestion précise des délais .
- intégration avec l'environnement de développement MPLAB permettant d'utiliser le simulateur contenu dans ce dernier pour la mise au point des programmes écrits en C.
- accès à toutes les sources matérielles internes des PIC au moyen de fonctions en C très simples d'emploi.
- support des types entiers sur 1, 8, 16 et 32 bits et des types flottants sur 32 bits.
- les constantes utilisées par le programme sont sauvegardées dans la mémoire de programme.
- les codes sources des pilotes de très nombreux circuits externes standards sont fournis et sont prêts à être intégrés dans les applications.
- fenêtres de visualisation de la cartographie mémoire utilisée, des arbres d'appels de fonctions et des statistiques d'utilisation de la mémoire de microcontrôleur.
- informations de configuration du circuit utilisées incluses dans le code source afin de gérer correctement la programmation des bits de configuration.

La version la plus intéressante pour notre application à base de la famille 16xxx c'est évidemment la version PCW. En effet, elle intègre un environnement de développement complet, ainsi qu'un assistant de création de projet facile d'emploi.



Figure III.15 : PCWHD Compiler

3. Création d'un projet

Dans le menu « Project / New / Pic Wizard ».

Une fenêtre s'ouvre alors pour permet sélectionner un nom de projet du fichier source principale

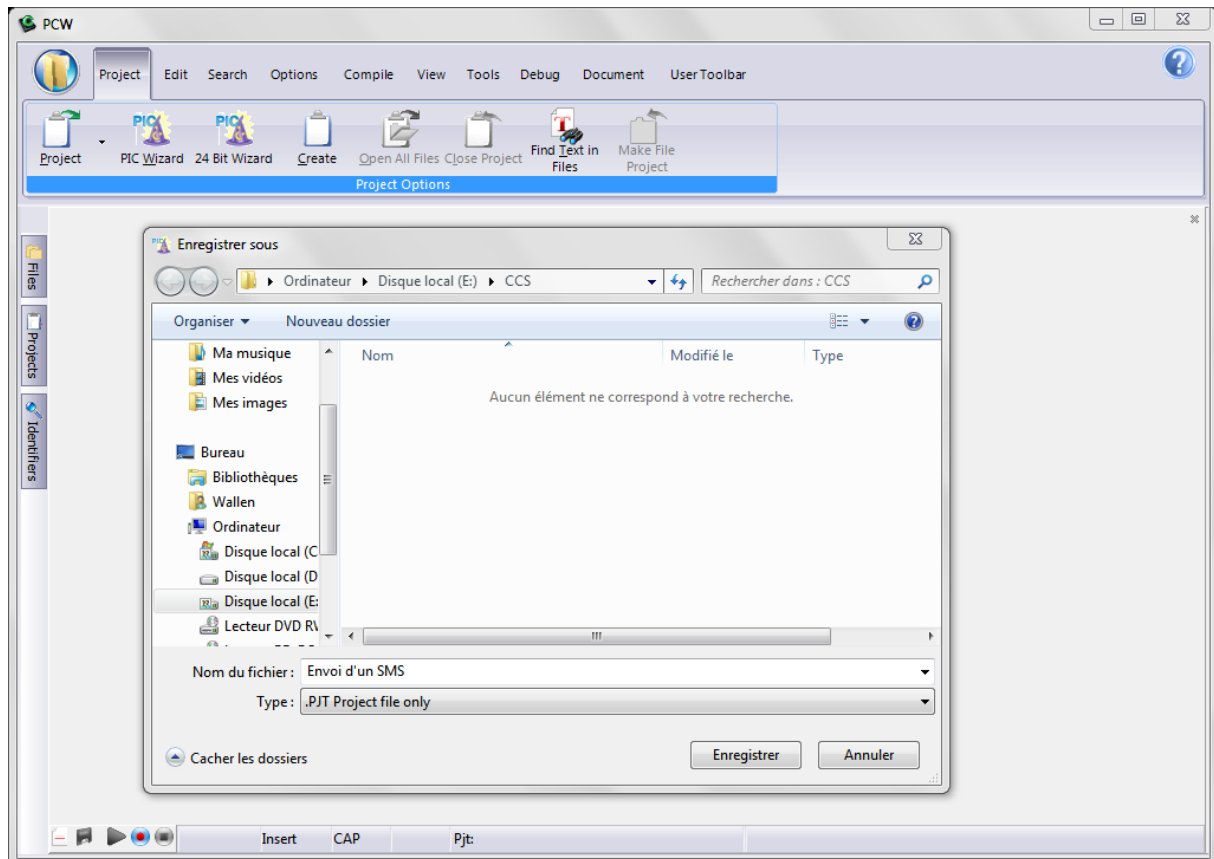


Figure III.16 : Choix du répertoire et le nom du nouveau projet.

Une boîte à onglet apparaît, suivant les options choisies, des lignes de code seront générées automatiquement, entre autres :

- type de microcontrôleur (pour nous : PIC 16F877A), type d'oscillateur : XT, freq : 4000000 Hz, ...etc
- Communication : utilisé, RS232#1, + paramètres corrects

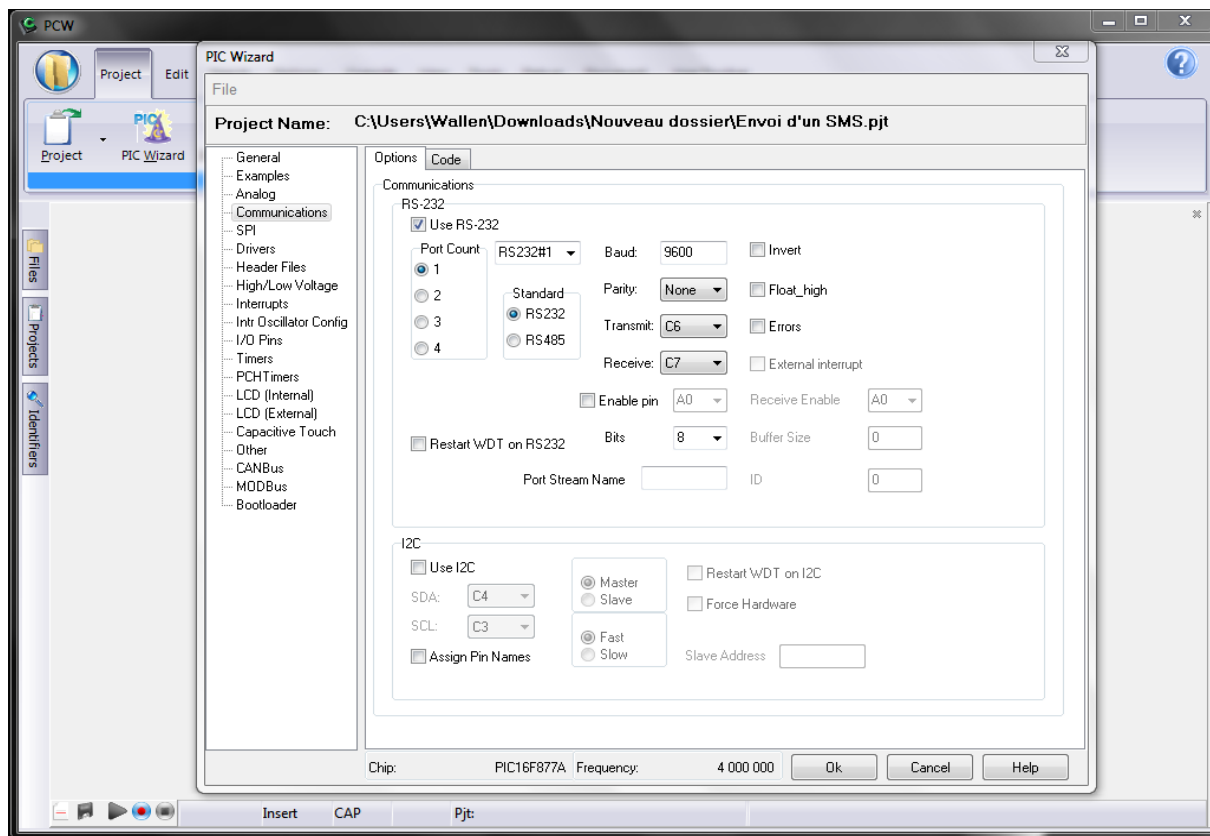
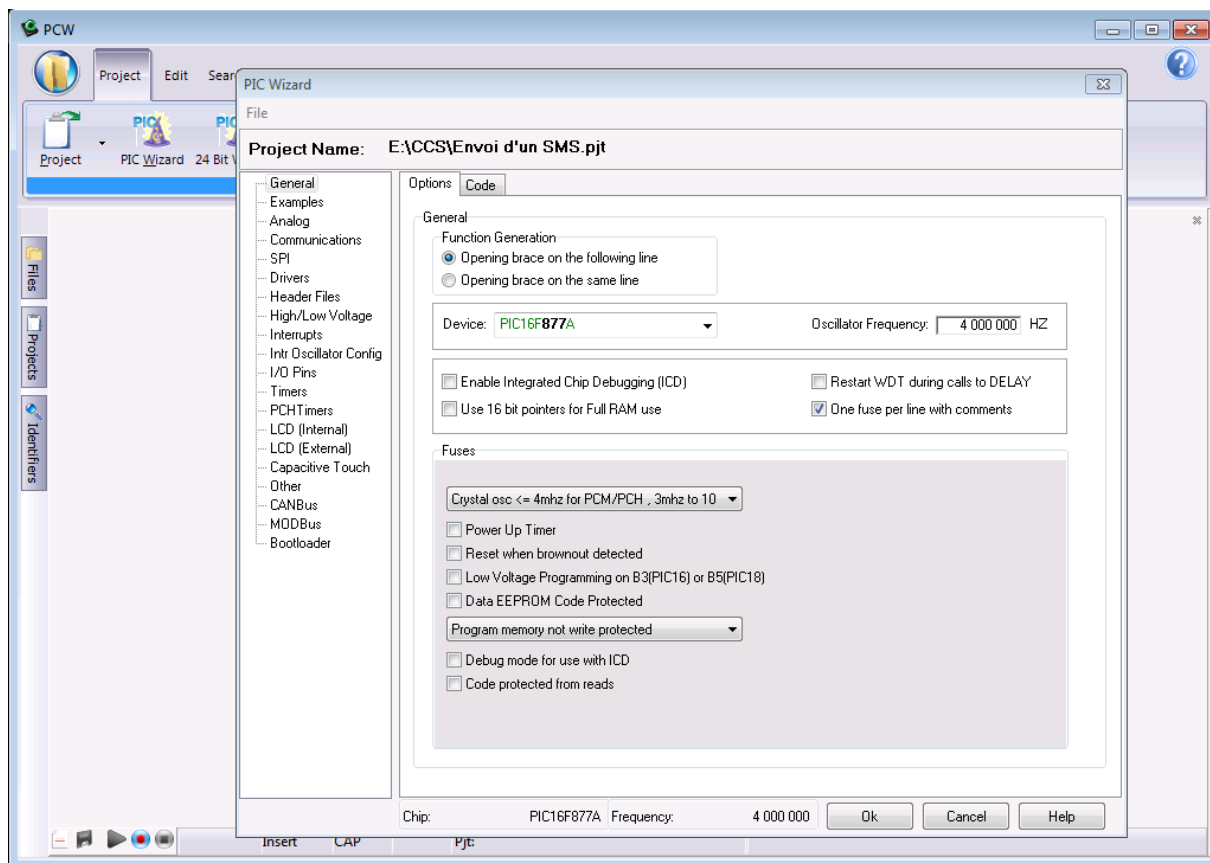


Figure III.17 : Fenêtres de configuration

Edition d'un programme

Vous pouvez maintenant éditer votre programme qui sera par exemple d'un clignotant à la branche A0 du pic 16F877A lorsqu'on envoie un SMS, une fois le programme écrit on passe à l'aide de la touche F9 à la compilation, le fichier « Envoi d'un SMS.hex » sera généré, comme le montre la figure suivante :

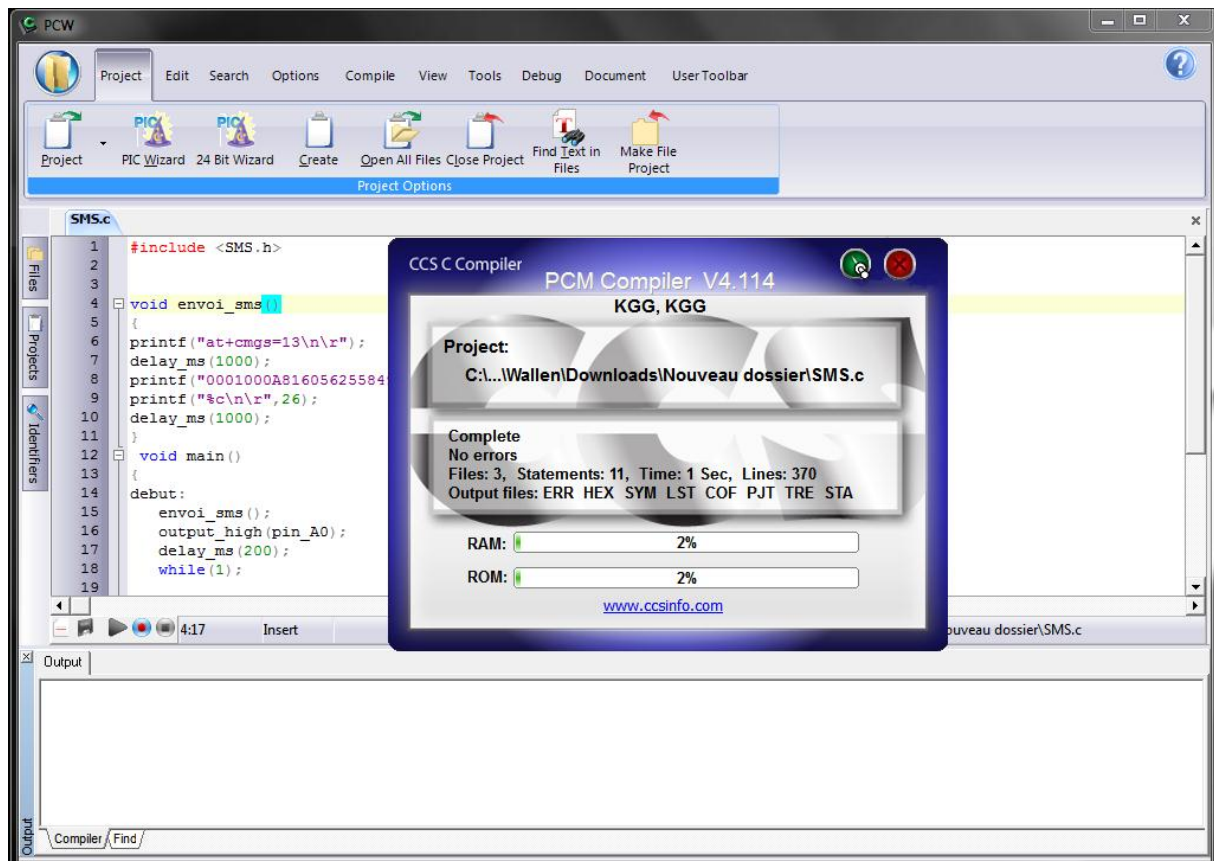


Figure III.18 : compilation d'un petit programme

4. Téléchargement de programme avec MPLAB

Le logiciel MPLAB est un outil de développement pour programmer des microcontrôleurs de type PIC de la famille Microchip. Il est mis au point cette même société. Une fois le programme compilé, le fichier « *.hex » généré pourra être téléchargé dans le PIC à l'aide d'une interface de programmation universelle piloter par l'utilitaire PIC STAR intégrée dans le logiciel MPLAB avec lequel on a compilé notre programme suivant ces différents étapes :

- Configuration du programmeur

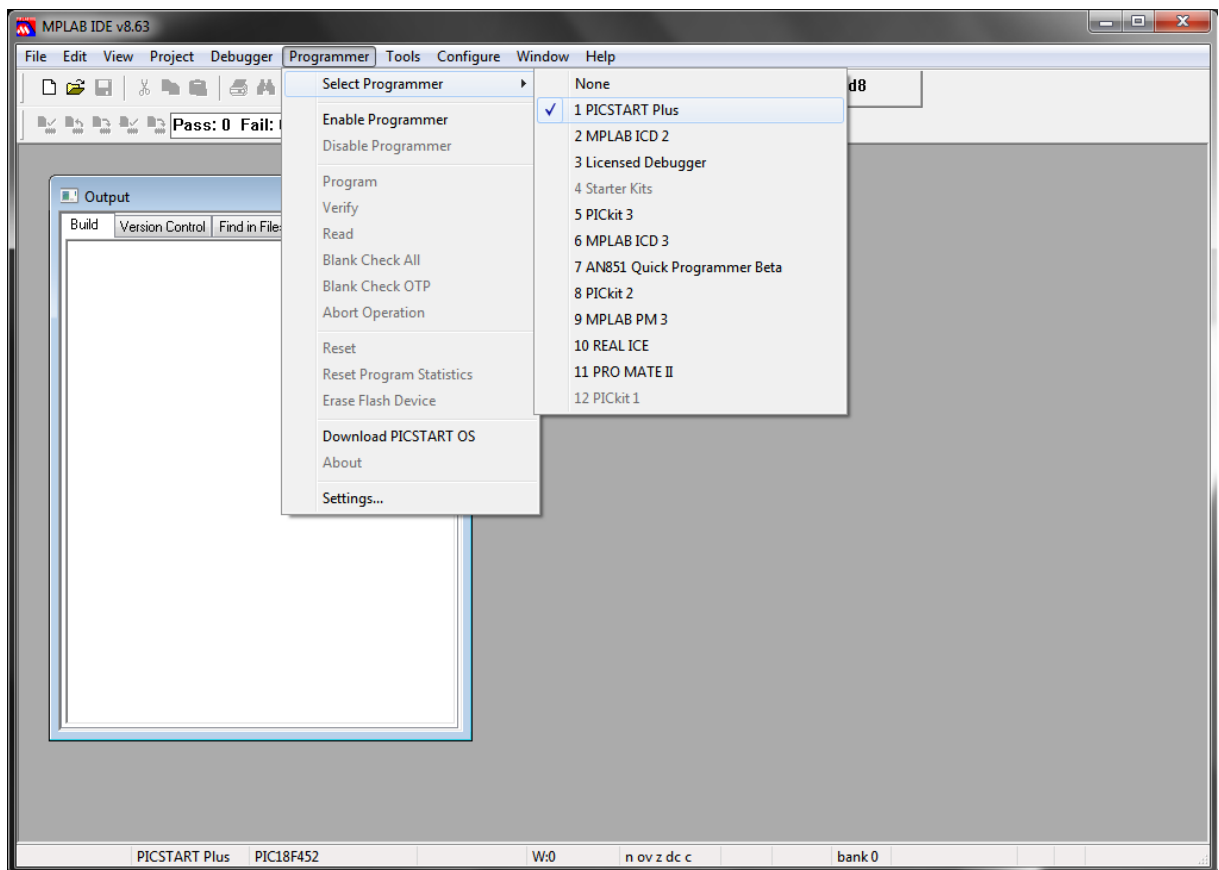


Figure III.19 : Configuration du programmeur

- Sélectionner le PIC 16F877A

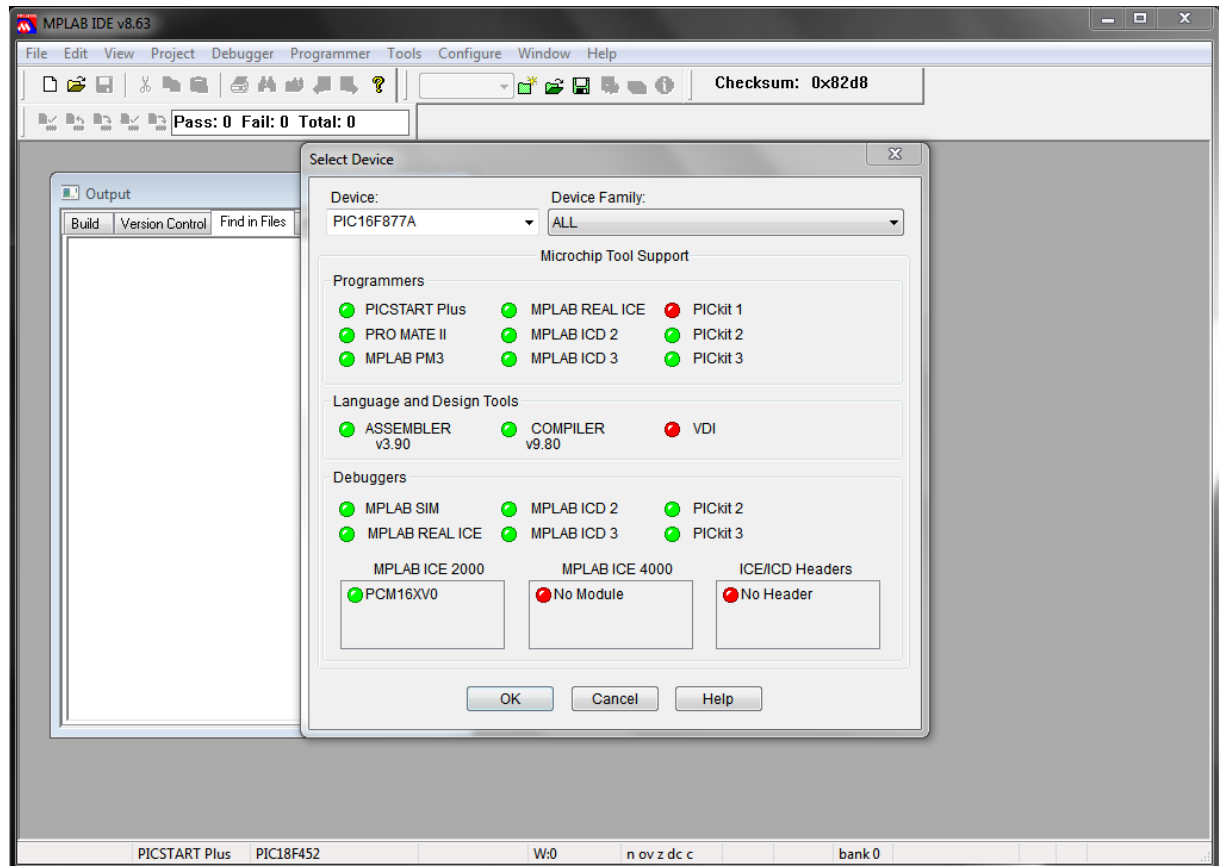


Figure III.20 : Sélection du PIC

- Importer le fichier et programmer

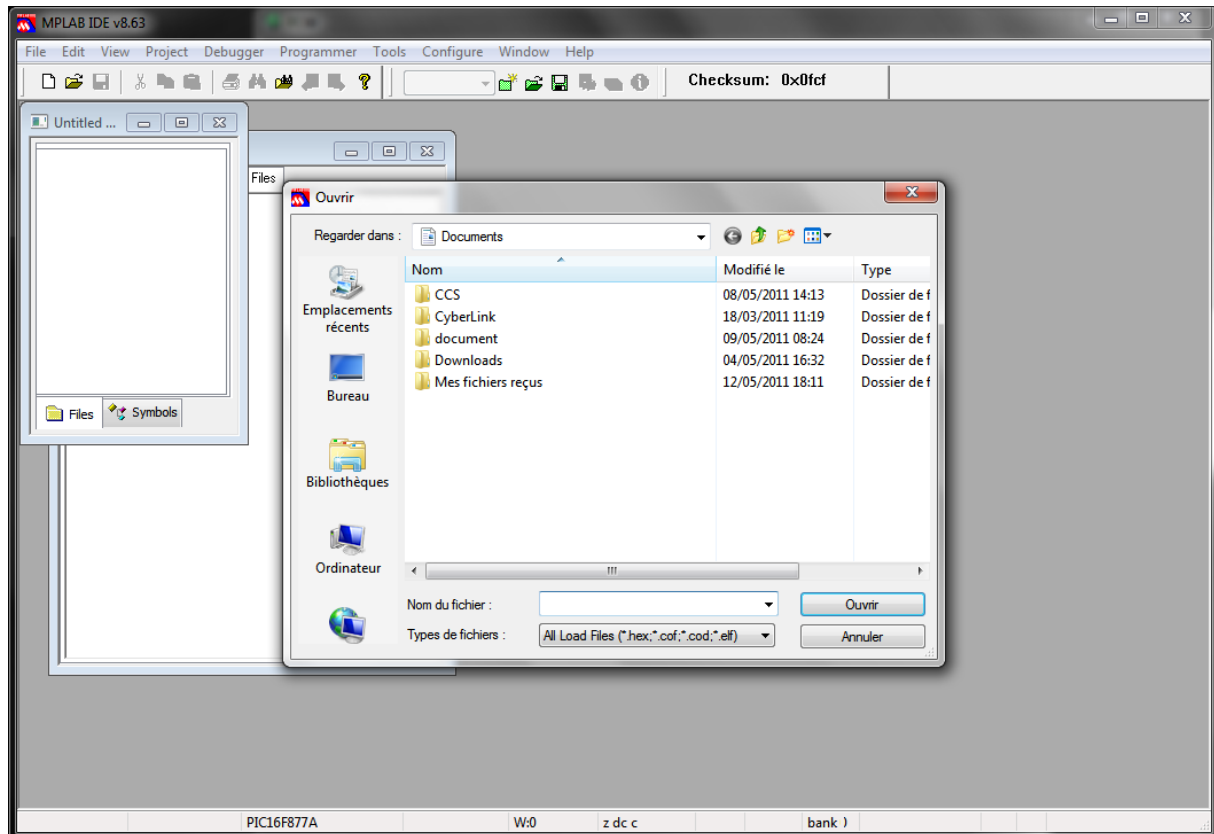


Figure III.21 : Importation du fichier (*.hex).

5. Interfaçage du Terminal GSM avec le PIC

La liaison série asynchrone (RS-232), permet de relier votre application à tous l'équipement informatiques qui en sont équipés. Cela peut être un PC qui exécute l'Hyper terminal de Windows, mais aussi des imprimantes spécialisées, carte à puce, modem, etc.

L'utilisation d'une telle liaison dans le langage C se fait grâce à la directive « #use RS232 », le compilateur C de CCS se garde de la programmation des registres internes de l'UART en fonction des paramètres de la liaison spécifiés.

Une fois cette directive fournie au préprocesseur du compilateur, on utilise les fonctions standard du langage C : **getchar** et **printf**, pour traiter respectivement les caractères entrants et sortants via la liaison série.

- **Envoi d'un SMS : (Mode Text)**

L'instruction **printf** permet de transmettre des données sous forme série selon le protocole RS232

```
printf("at+cmgf=1\n\r");  
delay_ms(5000);  
printf("at+cmgs=%c050000000%c\n\r",34,34);  
delay_ms(5000);  
printf("Interface GSM");  
delay_ms(5000);  
printf("%c\n\r",26);  
delay_ms(5000);
```

La 1ère instruction permet d'activer le mode TEXT, avec saut de ligne et retour chariot « \n\r » et avec un délai de 5 seconde.

La 2ème instruction permet d'indiquer le numéro du destinataire avec saut de ligne et retour chariot « \n\r » et avec un délai de 5 seconde.

La 3ème instruction permet de saisir le SMS en format texte et puis validé avec « ctrl-Z » qui correspond à 26_{dec} du code ASCII et avec un délai 5 secondes.

- **Lire un SMS : (Mode TEXT)**

```
printf("at+cmgf=1\n\r");  
delay_ms(5000);  
printf("at+cpms=%cME%c\n\r",34,34);  
delay_ms(5000);  
printf("at+cmgr=1\n\r");  
delay_ms(5000);
```

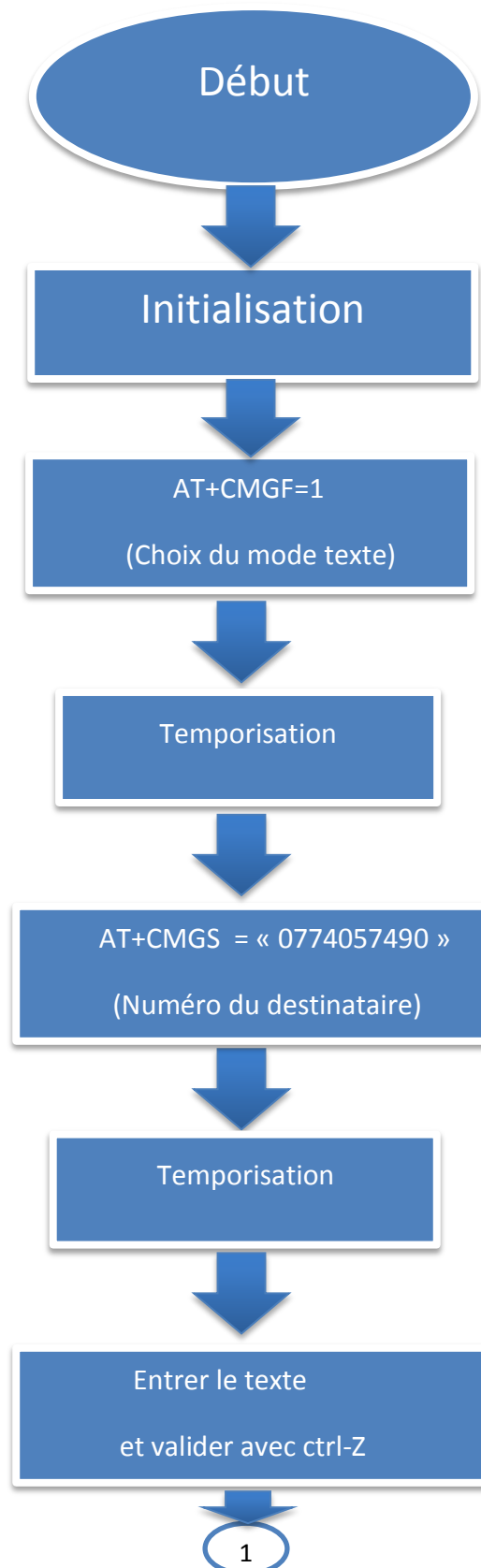
La 1ère instruction permet d'activer le mode TEXT, avec saut de ligne et retour chariot « \n\r » et avec un délai de 5 seconde.

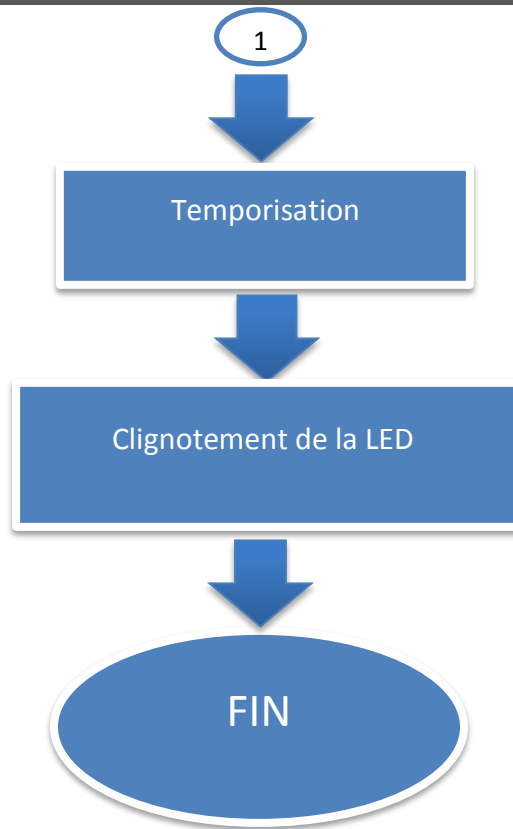
La 2ème instruction permet sélectionner la mémoire téléphone "ME", avec saut de ligne et retour chariot « \n\r » et avec un délai de 5 seconde.

La 3ème instruction permet de lire le SMS (en mode TEXT), avec saut de ligne et retour chariot « \n\r ».

6. Les Programmes et les Organigrammes

6.1.1 Organigramme d'envoi d'un SMS

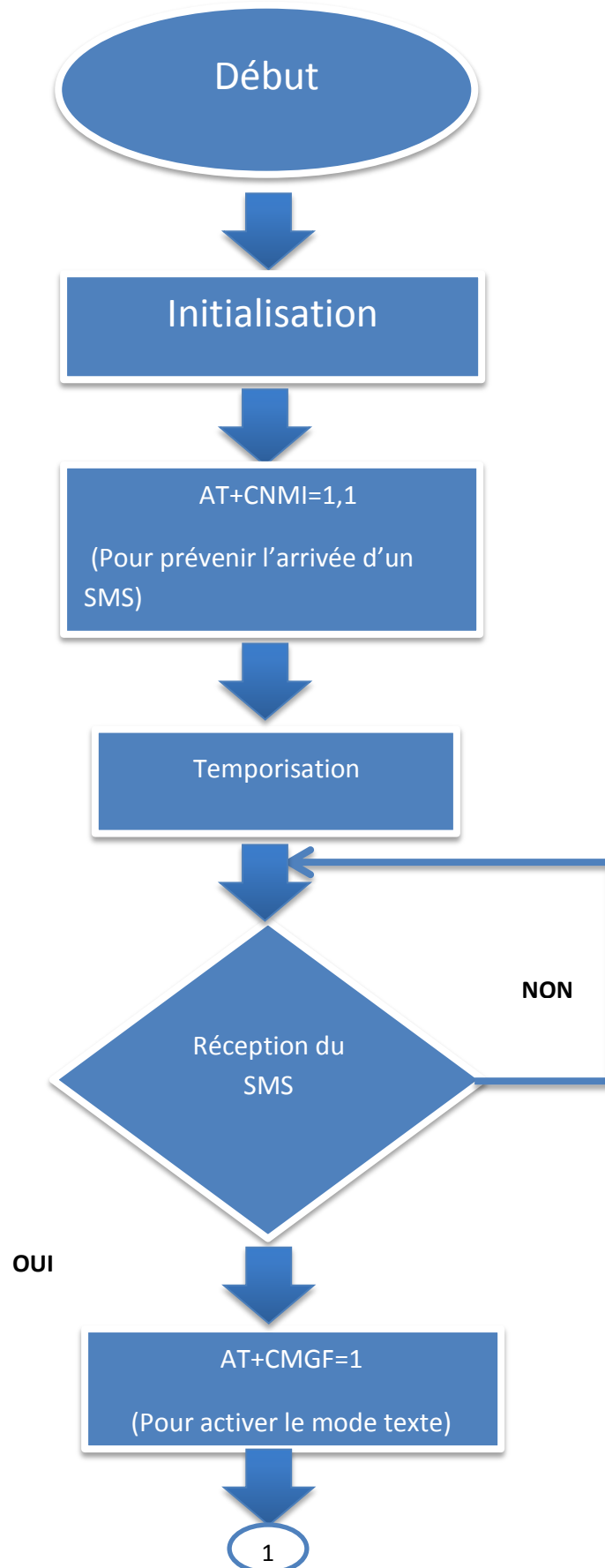


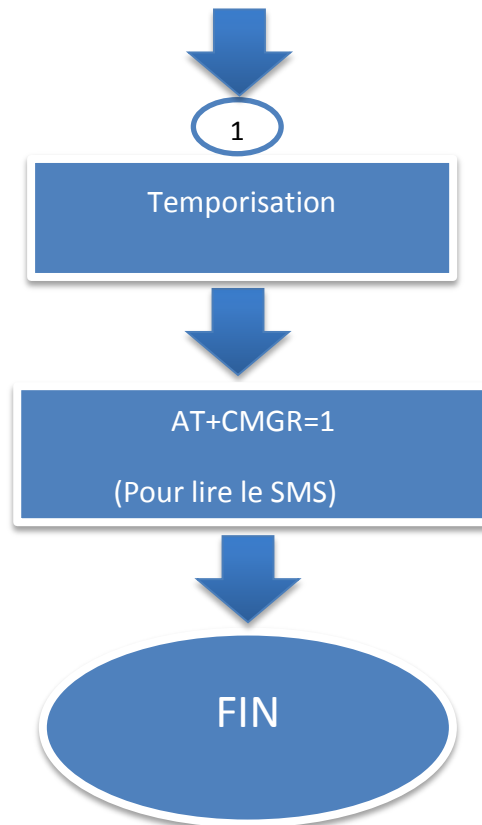


6.1.2 Programme d'envoi d'un SMS

```
printf("at+cmgcf=1\n\r");
delay_ms(5000);
printf("at+cmgs=%c0774057490%c\n\r",34,34);
delay_ms(5000);
printf("Interface GSM");
printf("%c\n\r",26);
delay_ms(5000);
}
void main()
{
    envoi_sms();
debut :
    output_high(pin_A0);
    delay_ms(500);
    output_low(pin_A0);
    delay_ms(500);
    goto debut;
}
```

6.2.1 Organigramme de réception d'un SMS

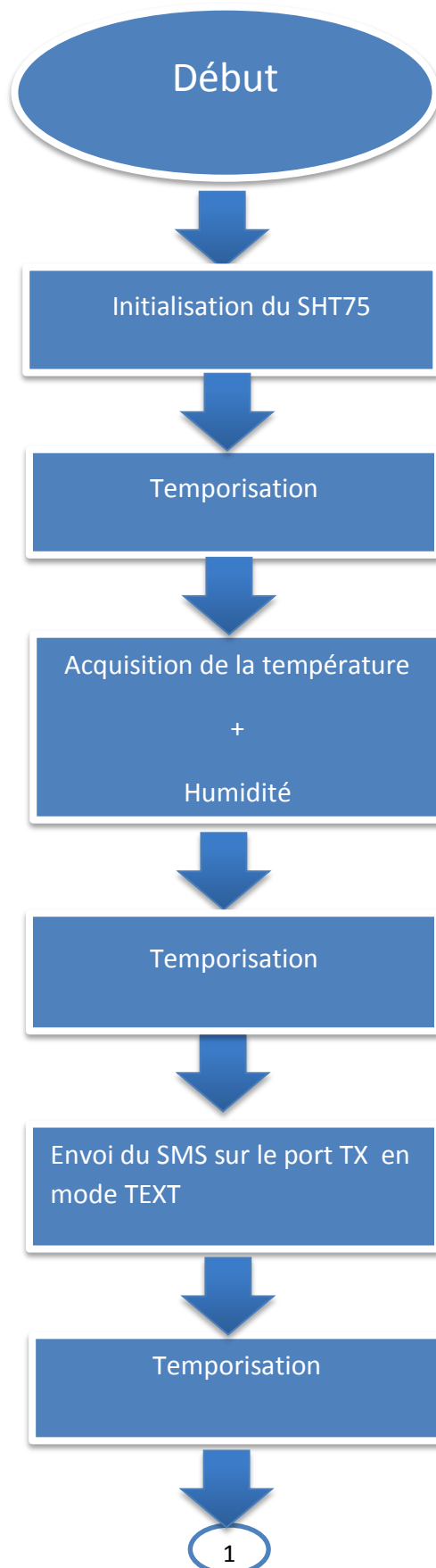




6.2.2 Programme de réception d'un SMS

```
char mydata;

void envoi_sms ()
{
printf ("at+cnmi=1,1\n\r");
delay_ms (5000);
printf ("at+cmgf=1\n\r");
delay_ms (5000);
start:
if (mydata=='+CMTI: "ME",10')
{
printf ("at+cmgf=1\n\r");
delay_ms (5000);
printf ("at+cmgr=10\n\r");
delay_ms (5000);
}
else
{
goto start;
}
```

6.3.1 Organigramme d'envoi d'un SMS de l'acquisition de la température et humidité



6.3.2 Programme d'envoi d'un SMS de l'acquisition de la température et humidité

```
void main()
{

sht75_init();
float temp, humid
sht_rd (temp, humid);
delay_ms (2000);
printf("at+cmgcf=1\n\r");
delay_ms (5000);
printf("at+cmgs=%c055000000%c\n\r", 34, 34);
delay_ms (2000);
printf("TEMPERATURE : %3.2f C\r", temp);
printf("HUMIDITE : %3.2f %%\r", humid);
delay_ms (5000);
printf("%c\n\r", 26);
delay_ms (5000);

}

}
```

Chapitre IV :

**Simulation et la réalisation
pratique**

IV.1 Introduction

Après études générales des différents éléments constituant nos cartes électroniques, on passe maintenant à la réalisation pratique de notre projet.

Dans cette partie on touchera aux différents logiciels de la suite "Proteus Design " qui est une CAO électronique développé par la société Labcenter Electronics qui permet de dessiner des schémas électroniques, de les simuler puis réaliser les circuits imprimé correspondant pour la création de nos cartes.

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

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

La suite se compose de nombreux outils (ISIS, ARES) ainsi on visualisera leurs schémas et circuits imprimé respectives.

IV.2 Simulation de la Réalisation avec ISIS

IV.2.1 Présentation d'ISIS de Proteus



Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits. Il est également capable de simuler le fonctionnement du PIC avec tous les périphériques de la carte d'acquisition. L'utilisation du logiciel permet de mieux visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle et la conception des circuits imprimés. Il nous permet de limiter les essais réels.

IV.2.2 Essais de simulation

IV.2.2.1 Envoi d'un SMS

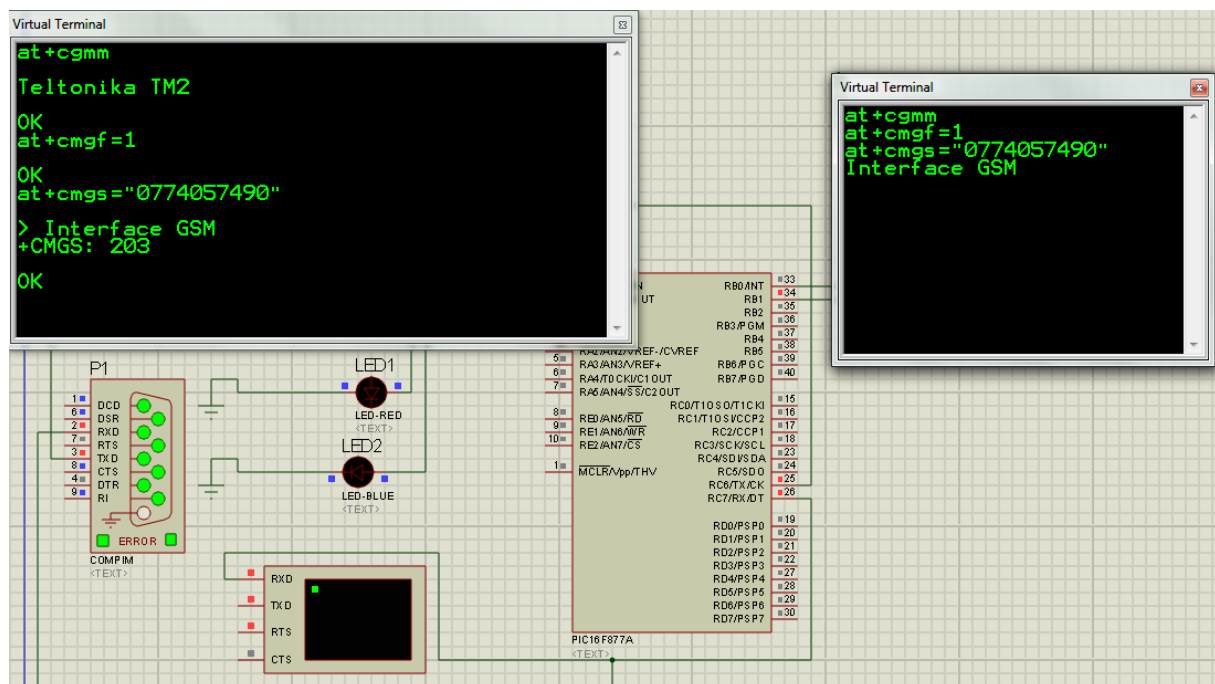


Figure IV.1 : Envoi d'un SMS

IV.2.2.2 Lire un SMS

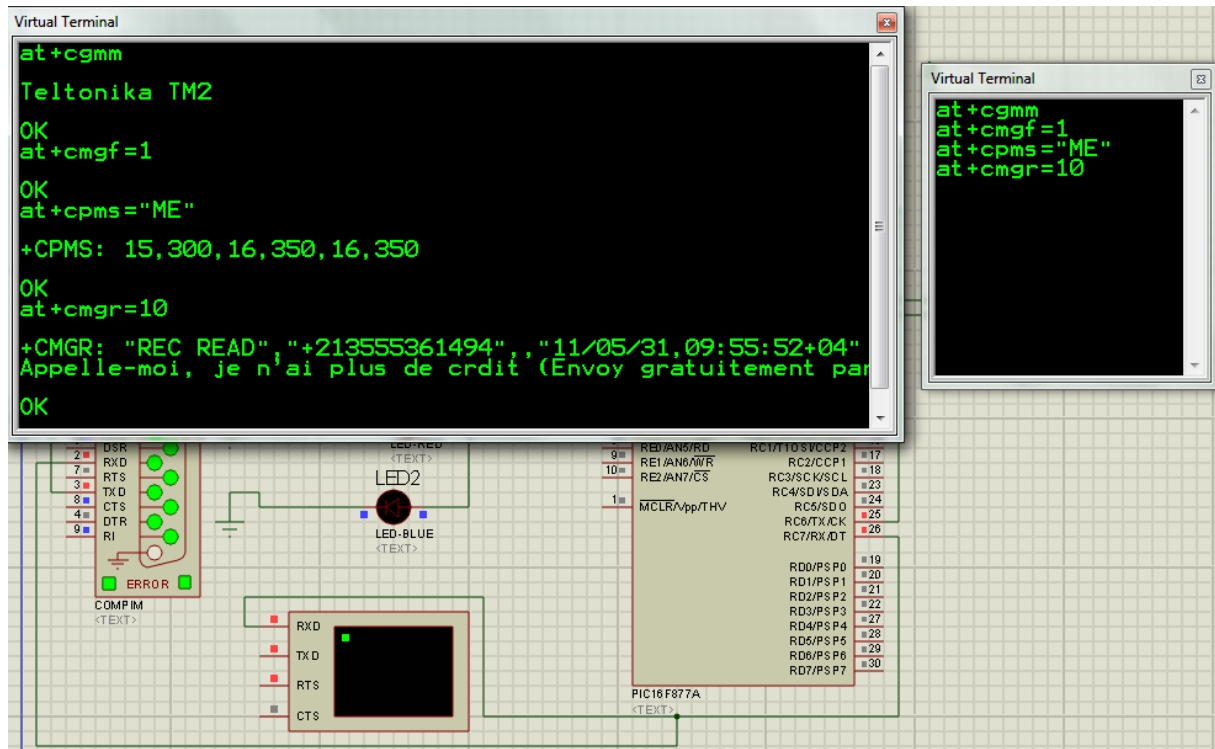


Figure IV.2 : Lecture d'un SMS

IV.2.2.3 Acquisition de la température et de l'humidité + la date d'acquisition et la puissance émise du module GSM

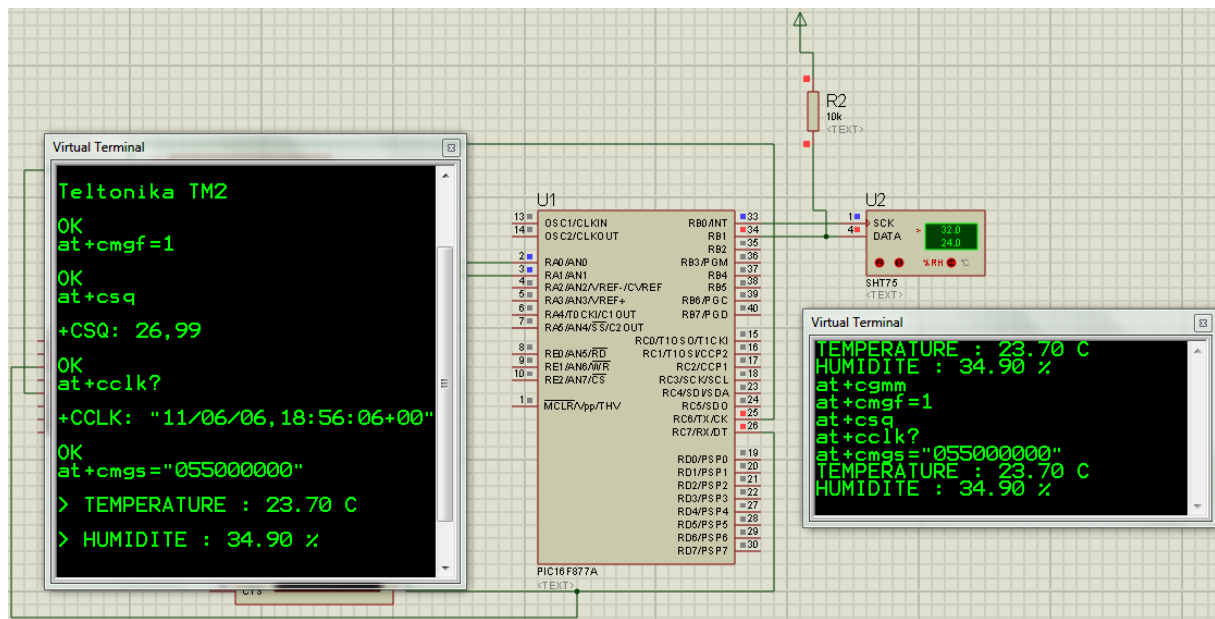


Figure IV.3 : Acquisitions de la température et de l'humidité puis l'envoi par SMS

IV.3 Routage de la carte d'acquisition avec ARES

IV.3.1 Présentation de l'ARES de Proteus



Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le circuit imprimé de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage en mode automatique ou manuellement. Il est possible d'utiliser ARES sans avoir créé au préalable un schéma dans ISIS. Cet outil permet de réaliser des circuits de faible complexité en plaçant les composants et en traçant les pistes directement. Dans ce logiciel vous pouvez également créer de nouveaux boîtiers et les placer dans une bibliothèque.

IV.4 Schémas électriques et les circuits imprimés

IV.4.1 la carte d'acquisition

- **Listes des composants :**

- Circuits intégrés : U1 : PIC 16F877A, U2 : régulateur 5V 7805, U3 : MAX232+Support DIL 16 broches
- Résistances : R1=R2=R3 =10KΩ
- Condensateurs : C1 à C2=15pF, C3=47μF, C4 à C7=1μF, C8=100μF, C9 à C16=100nF
- Connecteurs et fiches : bornier à vis 2 plots : B1, J1=J2=J3 : fiche DB9 male,
- Autres: X1 : quartz de 4MHz, D1 : diode (1N4007), D2 : LED rouges, BP1 Bouton poussoir

- **Schéma électrique :**

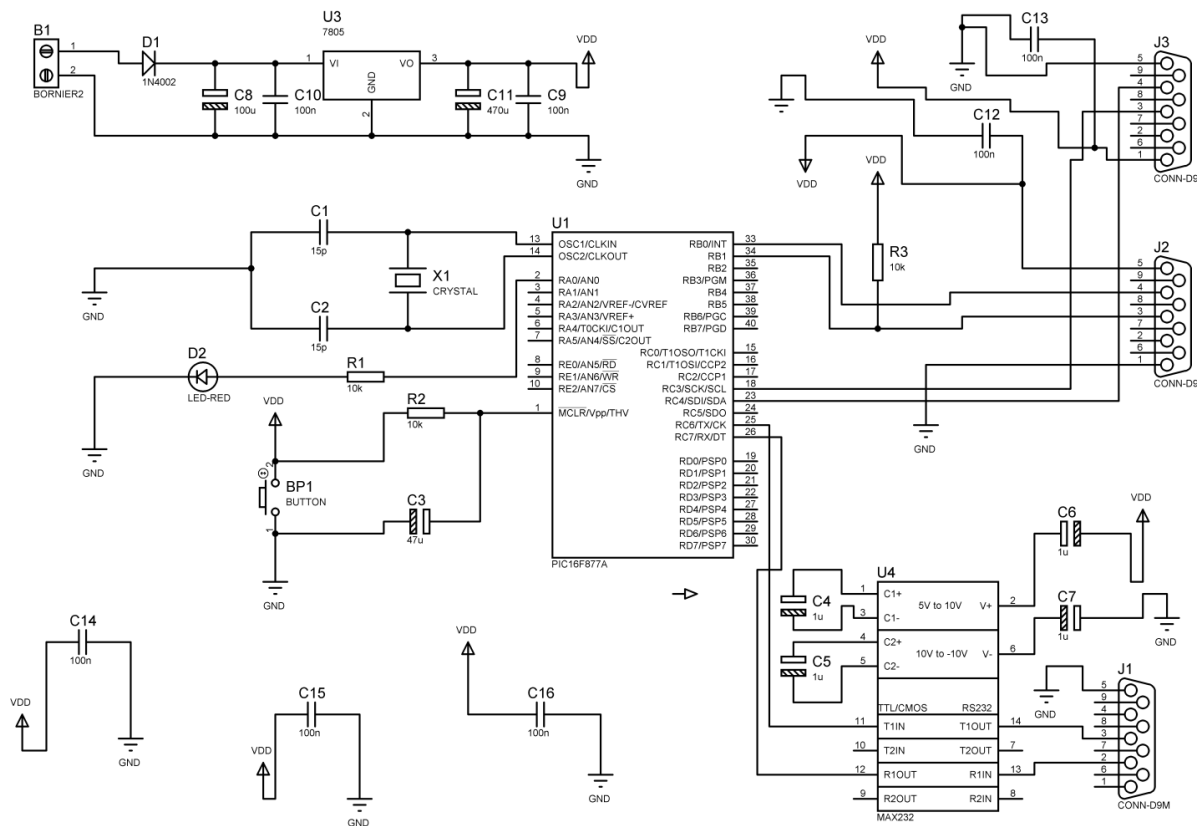


Figure IV.4 : Circuit électrique de la carte d'acquisition

- **Circuit imprimé :**

A) Coté cuivre :

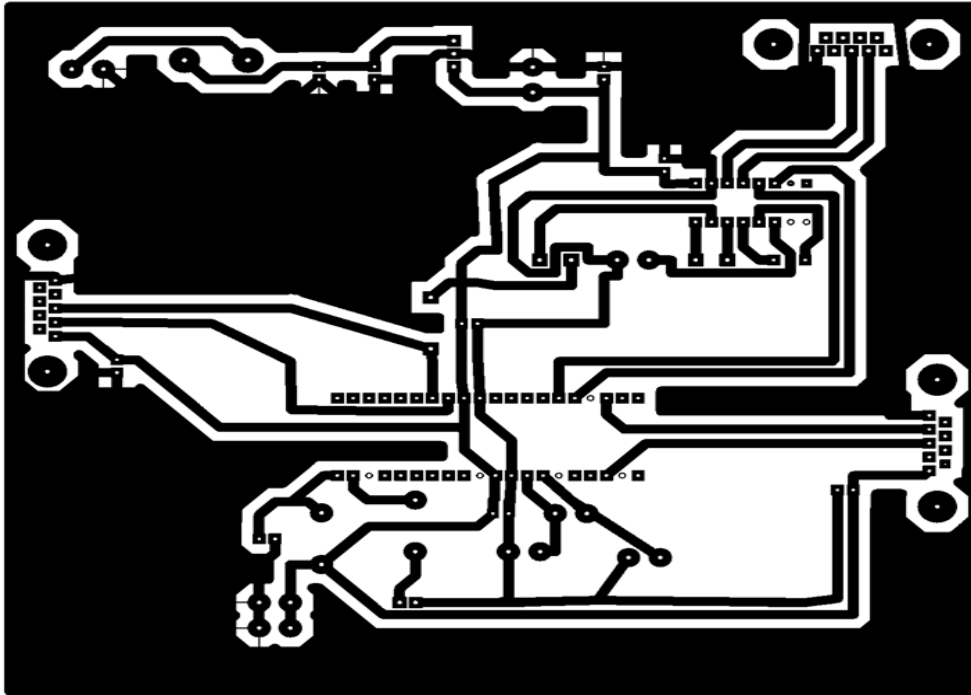


Figure IV.5 : Circuit imprimé coté cuivre

B) Coté composant :

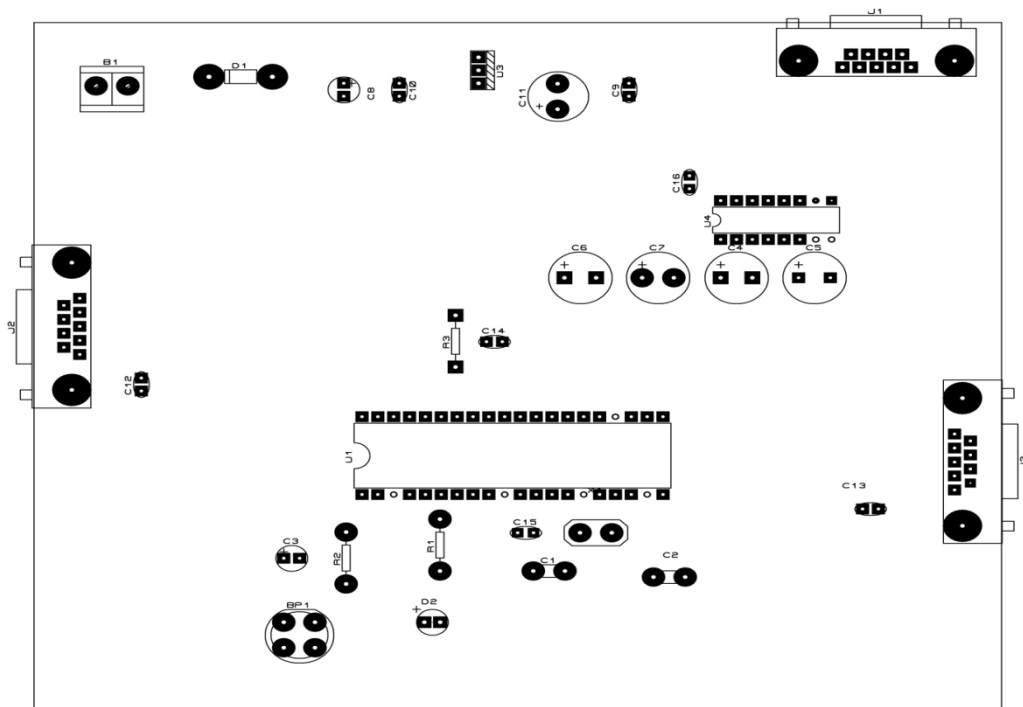


Figure IV.6 : Circuit imprimé coté composants

C) La carte en 3D :

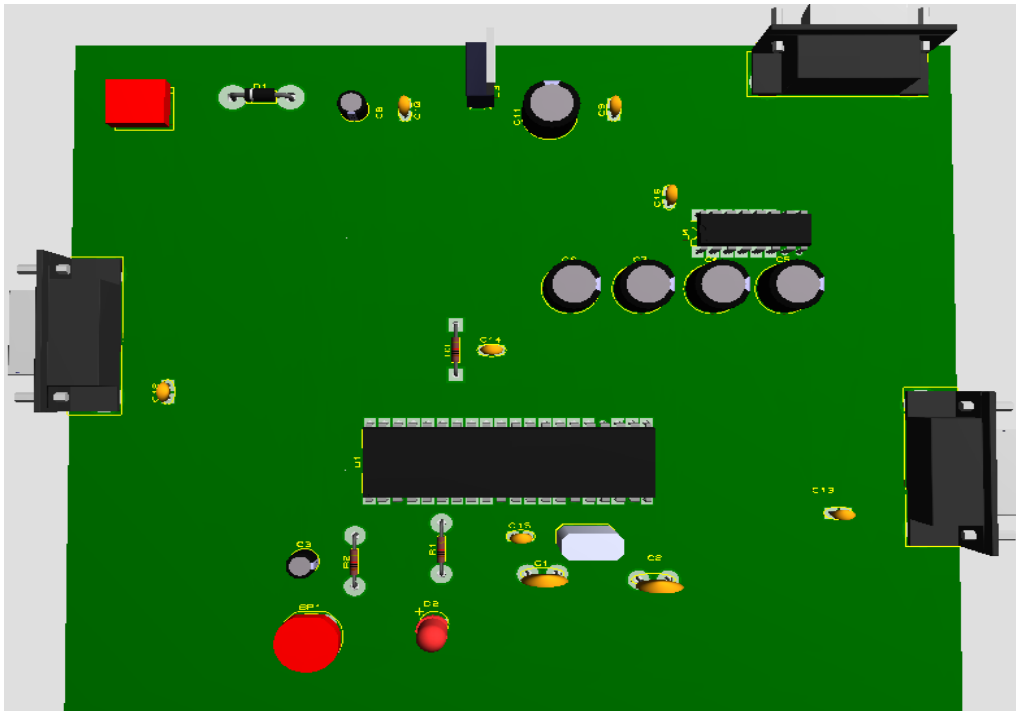


Figure IV.7 : Schéma de la carte en 3D

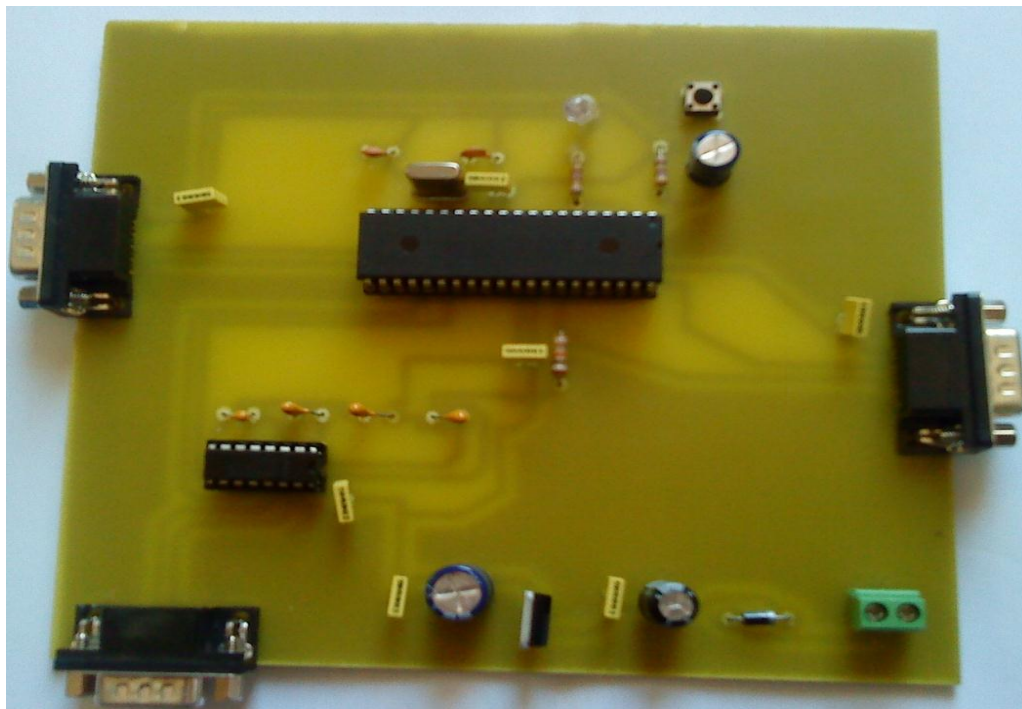


Figure IV.8 : Photo de la carte d'acquisition

IV.4.2 La carte d'interfaces GSM

En plus du module TM2, la carte est muni d'une interface RS232 pour le connecter au port série du PC et surtout à la réalisation de la carte d'acquisition. Pour ça il faut faire appel au traditionnel MAX232 pour l'adaptation des niveaux de tensions des lignes TXD0 et RXD0.

L'entrée KIN2 est reliée au GND ainsi le TM2 devient actif dès sa mise sous tension

Le module TM2 doit être alimenté par une tension de +3,8V via ses entrées VBAT, en utilisant le régulateur de tension de LM317 qui va délivrer une tension en fonction de la résistance du potentiomètre P1.

Un deuxième régulateur 78L05 est nécessaire pour alimenter le circuit MAX232 avec une tension +5V.

Compte tenu de l'intensité absorbée par le module GSM notamment lors des phases de recherche de réseau, il conviendra d'utiliser un bloc d'alimentation secteur délivrant au moins un 1A pour une tension continue comprise entre 9 et 12V, avec une prise jack mal qui permettra de le relier avec la carte. L'alimentation est reprise sur le connecteur avec un bornier à 2 plots afin d'alimenter le montage de la carte d'acquisition

Seule les broches utiles au montage sont reliées à la carte d'adaptation via 4 connecteurs de type HE10, et comme les broches VBAT et GND sont déjà interconnectées sur la carte d'adaptation il n'est pas utile de toutes les reliées à notre montage.

- **Listes des composants de la carte :**

- Circuits intégrés : IC1 :MAX232+Support DIL 16 broches, IC2 : module GSM TM2 + platine d'adaptation + antenne, REG1 : 78L05, REG2 : LM317
- Résistances : R1 : 4,7 K Ω , R2 : 100 K Ω , R3 :220 Ω , P1 : potentiomètre multi-tours horizontal/ 4,7 K Ω
- Condensateurs : C1 : 220 μ F, C2 : 100Nf, C3 à C6 : 1 μ F
- Connecteurs et fiche : CN1 : prise jack femelle, CN2 : bornier 2 plots, CN3 : connecteur DB9 femelle, CN4 à CN7 : connecteur HE10
- Autres : D1 : diode 1N4004

• Schéma électrique :

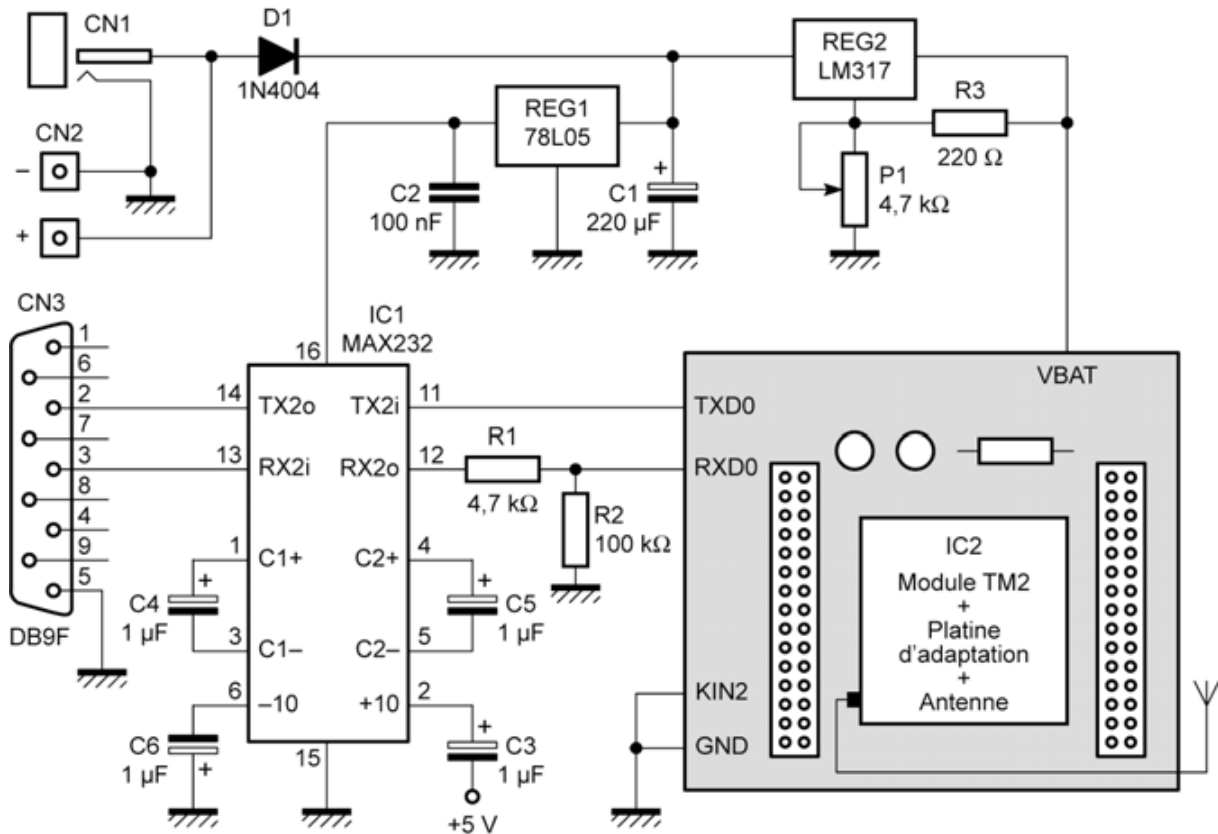


Figure IV.9 : Circuit électrique de la carte interface GSM

• Circuit imprimé :

A) Coté cuivre

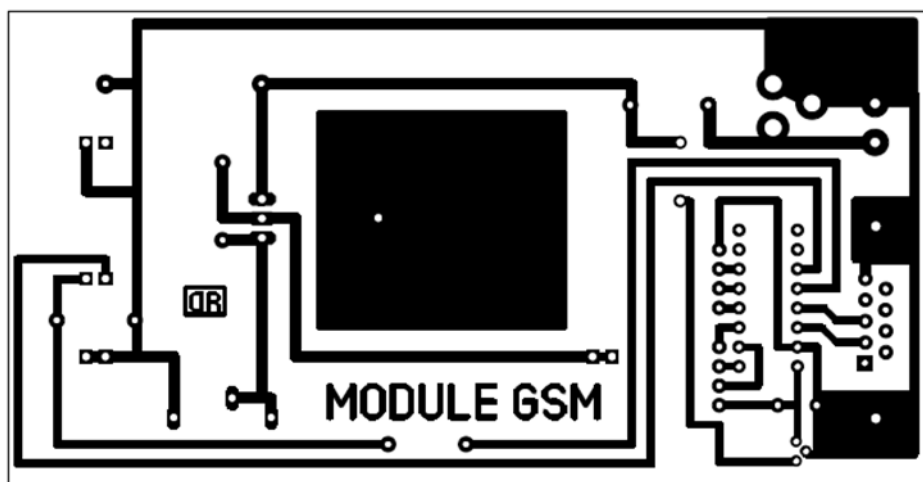


Figure IV.10 : Circuit imprimé : coté cuivre

B) coté composant

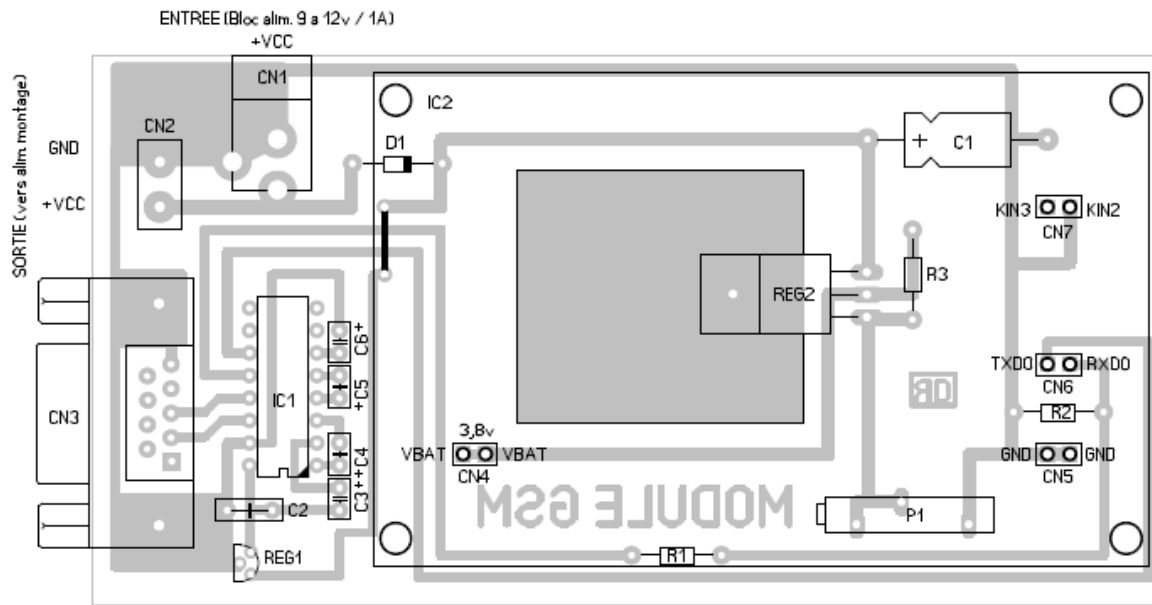


Figure IV.11 : Circuit imprimé : coté composants

C) photo de la carte d'acquisition :



Figure IV.12 : Photo de carte d'interface GSM

IV.4.2.1 La platine d'adaptation du module GSM TM2

Cette petite platine est idéalement conçue pour faciliter et simplifier la mise en œuvre du module GSM/GPRS OEM "TM2". Elle est dotée d'un connecteur 60 points sur lequel le "TM2" pourra s'enficher. Les broches du module sont reprises sur 2 rangées de pastilles 2 x 15 points au pas de 2,54 mm . La platine est livrée avec un petit câble d'adaptation MMCX / SMA ainsi qu'une petite antenne GSM.



Figure IV.13 : La platine d'adaptation du module GSM TM2

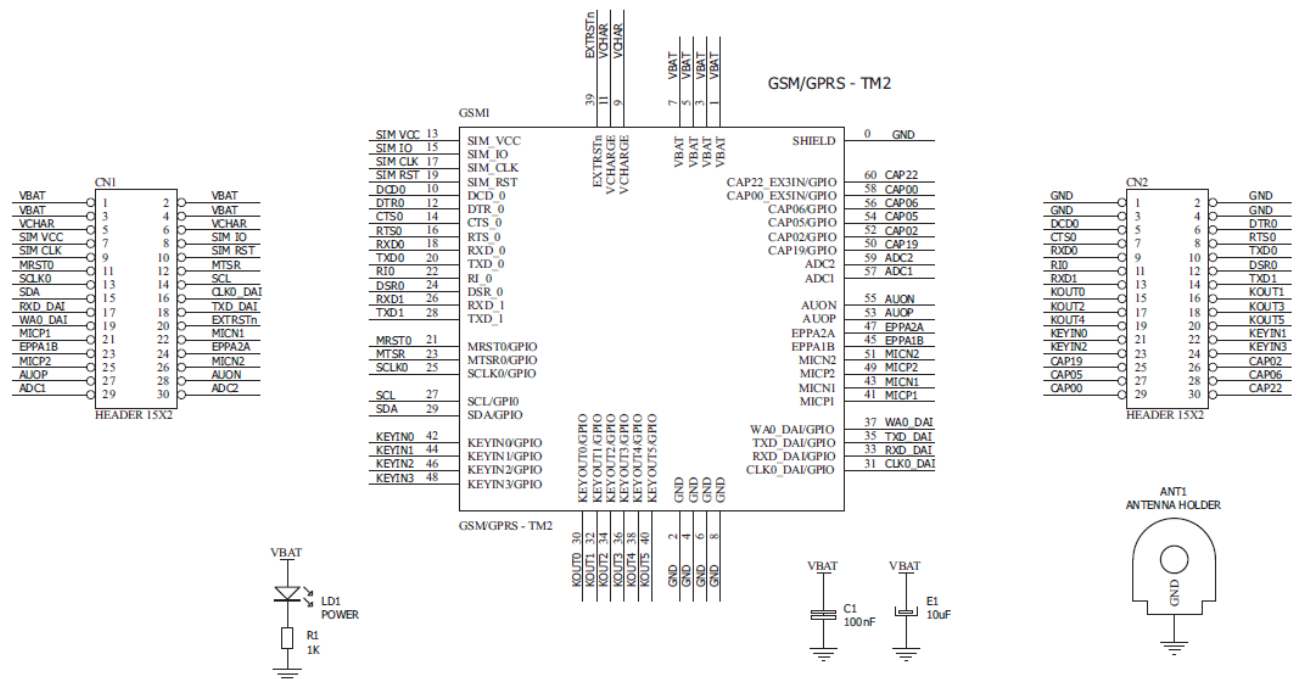


Figure IV.14 : Schéma électrique de la platine d'adaptation

Conclusion

Conclusion

Vu l'importance donnée en industrie et dans la vie moderne à ces facteurs, on se trouve devant l'obligation d'améliorer les méthodes et les outils de communication. Concevoir et réaliser une carte d'acquisition d'un capteur à base d'un microcontrôleur et autour d'un module GSM étaient l'objectif principal de notre projet, en effet notre application permet la télémessure et la surveillance d'un ou plusieurs systèmes distants ou mobile.

L'élaboration de ce projet regroupe plusieurs parties, notamment, l'étude et le choix de l'ensemble des éléments constituant le système, la réalisation des cartes et le montage électronique et en dernière partie la programmation.

Nous avons eu l'occasion au cours de ce projet d'étudier, concevoir et utiliser une diversité de matériels et logiciels (programmation en C, simulation et réalisation avec Proteus, les commandes AT et le codage des SMS...) qui nous ont été très utiles pour notre projet ainsi que pour l'approfondissement de nos connaissances.

En finalité on a pu interroger le module GSM et recevoir des messages contenant une information ou plusieurs informations à intervalle précis attendu sur l'état du système (température + humidité ambiante) en un seul SMS, et aussi nous avons pu faire une télésurveillance par GSM, par exemple un détecteur de gel lorsque la température est négative ou bien définir une température maximale pour détecter un incendie (SMS d'avertissement).

Les avantages et inconvénients de notre système en utilisant le réseau GSM :

Avantage de notre système:

- La portée illimitée dans une zone de couverture par un opérateur téléphonique.
- Le débit important.
- Un gain temps.
- La taille du module petit et ça facilite son incursion dans une réalisation.
- La surveillance à distance et réduction du nombre de déplacements.

Inconvénients de notre système :

- Le coût : de la puce (le module), nécessite de souscrire un abonnement téléphonique auprès d'un des trois opérateurs.
- La consommation électrique très élevée. (300mA sous une tension de 3.8V)

Conclusion

En perspectives, nous pouvons signaler que ce travail n'est qu'une simple application dans le domaine de la télémesure, il peut être plus autonome (alimenter avec une batterie de secours) et surtout assez évolutif si on prend considération les vastes domaines d'application du TM2 on pourra réaliser plusieurs autres applications comme :

- Le contrôle et la commande à distance des machines
- Elaborer des systèmes d'alarme et de surveillance.
- Commander des portes ou allumer des lampes.
- Détecteur de mouvement, de fumer.
- Transmission de données en temps réel
- La géolocalisation par GSM (cell monitor, tracker GPS)

Enfin, espérant que ce modeste travail servira de base d'étude pour les systèmes plus performant d'une part et de servir de moyen didactique pour les promotions à venir.

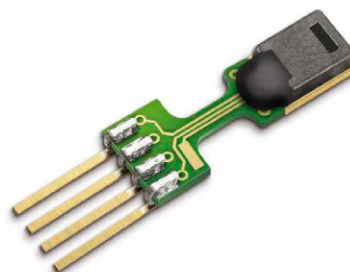
Annexes

1. Datasheet SHT75

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT7x (SHT71, SHT75) Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- Pin type package – easy integration



Product Summary

SHT7x (including SHT71 and SHT75) is Sensirion's family of relative humidity and temperature sensors with pins. The sensors integrate sensor elements plus signal processing in compact format and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT7x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The small size and low power consumption makes SHT7x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT7x is supplied on FR4 with pins which allows for easy integration or replacement. The same sensor is also available surface mountable packaging (SHT1x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

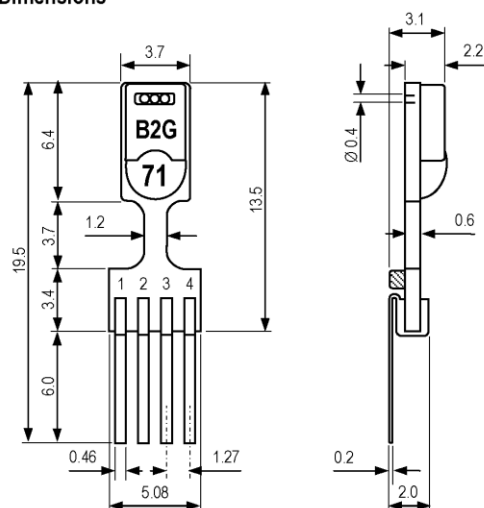


Figure 1: Drawing of SHT7x (applies to SHT71 and SHT75) sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Contact assignment: 1: SCK, 2: VDD, 3: GND, 4: DATA. Hatched item on backside of PCB is a 100nF capacitor – see Section 2.1 for more information.

Sensor Chip

SHT7x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides a humidity and a temperature sensor the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example “B2G” code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. Pins are made of a Cu/Be alloy coated with Ni and Au. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application of the sensor there is an evaluation kit *EK-H2* available including sensor, hard and software to interface with a computer.

For more sophisticated and demanding measurements a multi port evaluation kit *EK-H3* is available which allows for parallel application of up to 20 sensors.

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT71	typ		±3.0		%RH
	max	see Figure 2			
Accuracy ² SHT75	typ		±1.8		%RH
	max	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³	tau 63%		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

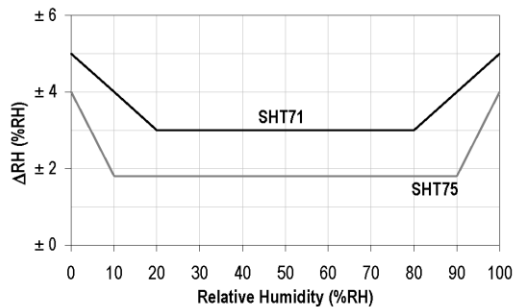


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT71	typ		±0.4		°C
	max	see Figure 3			
Accuracy ² SHT75	typ		±0.3		°C
	max	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶	tau 63%	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

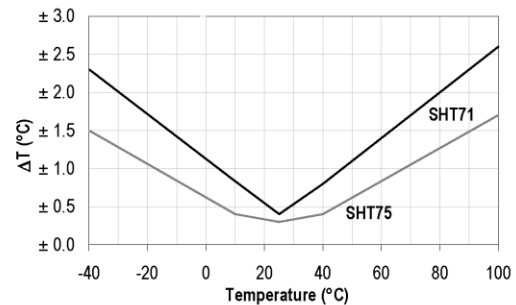


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption ⁵	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		150		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 80°C peak), 20 – 60%RH				

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT71	Tape Stripes	50	1-100092-04
SHT75	Tape Stripes	50	1-100071-04

¹ The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

² Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and non-linearity.

³ Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

⁴ Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

⁵ Values for VDD=5.5V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

⁶ Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

Users Guide SHT7x

1 Application Information

1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4. "Reconditioning Procedure" to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

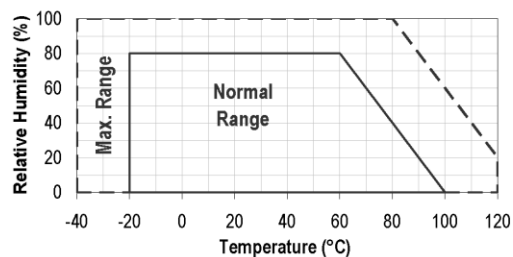


Figure 4: Operating Conditions

1.2 Sockets and Soldering

For maintain high accuracy specifications the sensor shall not be soldered. Sockets may be used such as "Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-20-001" or similar.

Standard wave soldering ovens may be used at maximum 235°C for 20 seconds. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C⁷.

After wave soldering the devices should be stored at >75%RH for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate.

In no case, neither after manual nor wave soldering, a board wash shall be applied. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases the soldering pads of pins and PCB shall be sealed to prevent loose contacts or short cuts.

1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at following conditions: Temperature shall be in the range of

10°C – 50°C (0 – 80°C for limited time) and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to stored them in ESD bags made of PE-HD⁸.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
 Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h⁹.

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

The packaging of SHT7x is designed for minimal heat transfer from the pins to the sensor. Still, if the SHT7x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible.

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

1.6 Light

The SHT7x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

⁸ For example, please check www.sirel.ch

⁹ 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

⁷ 235°C corresponds to 455°F, 350°C corresponds to 662°F

1.7 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE, PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT7x (see Section 1.3). therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at 50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.8 Wiring Considerations and Signal Integrity

SHT7x are often applied using wires. Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity.

Please see the Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

1.9 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ± 2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80^\circ\text{C}$ according to JEDEC78A. See Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial Clock, input only
2	VDD	Source Voltage
3	GND	Ground
4	DATA	Serial Data, bidirectional

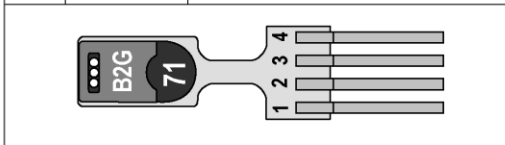


Table 1: SHT7x pin assignment.

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT7x must be in the range of 2.4 and 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Decoupling of VDD and GND by a 100nF capacitor is integrated on the backside of the sensor packaging.

The serial interface of the SHT7x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I²C protocol, however, the sensor can be connected to an I²C bus without interference with other devices connected to the bus. Microcontroller must switch between protocols.

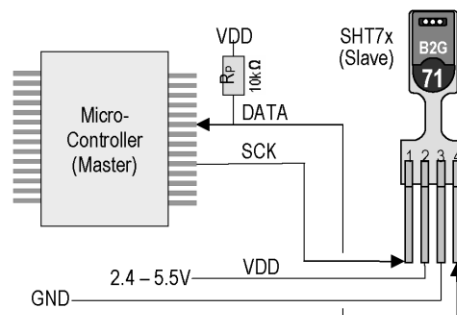


Figure 5: Typical application circuit, including pull up resistor R_p .

2.2 Serial clock input (SCK)

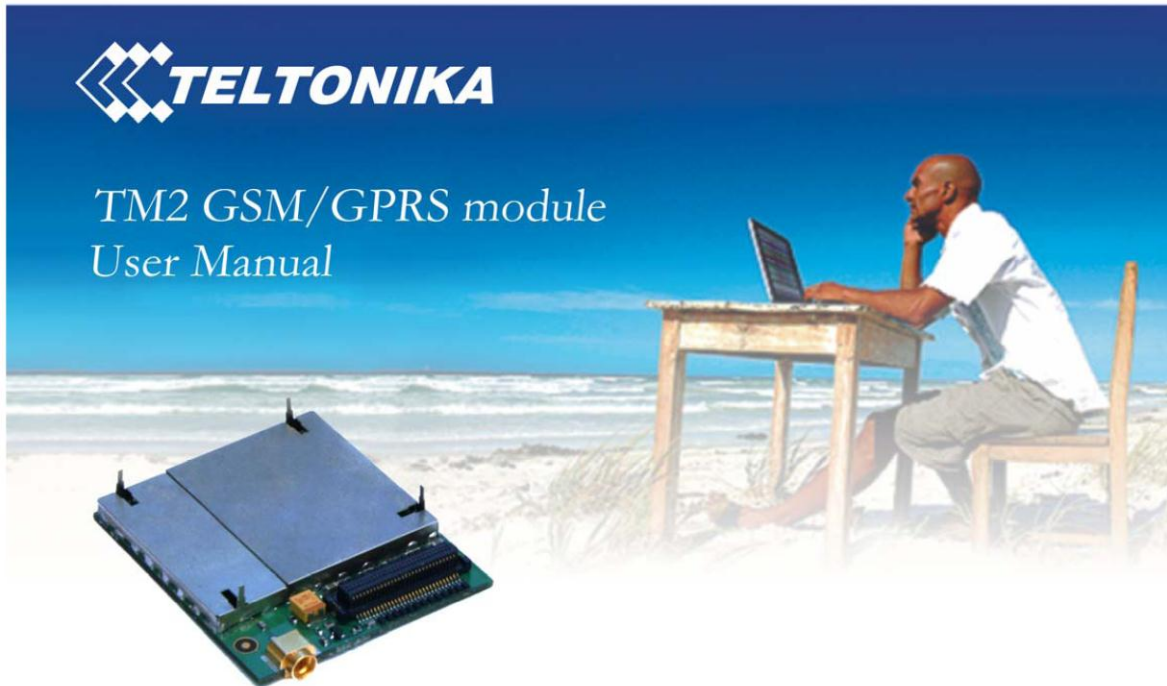
SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT7x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK DATA may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{SU} and T_{HO} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 6. For reading data from the sensor, DATA is valid T_V after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10 kΩ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristic of the sensor.

2. Datasheet du module GSM TM2



User Manual

TM2 GSM/GPRS Module

History

Company was established on 15th of April 1998. Main residence is based in Vilnius.

Company started with production of telecommunication devices.

In 2001 company expanded its fields of activity by starting design and manufacturing of electrical systems for wireless data transfer.

In 2002 contract of partnership and collaboration was signed with company Pro-Sign GmbH (Germany), considering design and representation of graphic programming interface iCon-L in Eastern Europe.

In 2003 Teltonika and NOKIA became partners and started integration of NOKIA M2M technology using NOKIA N12 module. It was the beginning of wireless technology development process.

In 2004, NOKIA invited Teltonika to join presentation of M2M technology innovations in CeBIT 2004. It was very high evaluation of a small Lithuanian company and its possibilities, which helped to feel peculiarities of international business.

In 2004 Teltonika produced more than 10 new products and solutions using EDGE technology. It was a condition that made Teltonika a leader of M2M integration solutions using EDGE not only in Lithuania, but also in Europe.

2005 was the year of two successful international exhibitions: CEBIT 2005 and HANNOVER MESSE 2005. These shows opened new possibilities for offering our products and solutions for all world.

In the year 2005 Teltonika became an international company. We became Lithuanian - Finnish Company. A few employees from NOKIA joined Teltonika's staff. Presently they successfully develop activity of new companies: Teltonika International GmbH (Düsseldorf) and Teltonika International Oy (Helsinki).

Our vision is to provide added value for people and companies by creating electronic devices and solutions, which are based on the latest achievements of science and technology.

We aim to help people to integrate the latest technologies in real life, what would bring more cosiness, comfort, freedom of mobility and security to their everyday life.

We seek to make all our solutions an inconceivable part of people lives.



1.2 Scope of Product

TM2 is a small, light weight and low power consumption module that enables digital communications services on GSM/GPRS networks for machine to machine or user to machine wireless applications.

TM2 modules are developed in compliance with internal and normative certification requirements. In particular, they are certified by CE approval report and Radio & Tele Terminal Equipment Directive (R&TTED) report. Requirements for lead-free components are imposed and satisfied.

The product implements a quad-band MS able to operate in the frequency bands GSM 850 MHz, EGSM 900 MHz, and DCS 1800 MHz and PCS 1900 MHz; the dynamic behavior can be configured dynamically by disabling/enabling a specific band e.g. through AT commands. Eventually, the module can be configured either dual-band or tri-band or quad-band.

The supported power classes for both voice and data services will be:

- Class 4 (2W) for GSM/EGSM bands.
- Class 1 (1W) for DCS/PCS bands.

The product implements a Class B Mobile Station; this means the data module can be attached to both GPRS and GSM services, using one service at a time. Network operation modes I to III are supported, with user-definable preferred service between GSM and GPRS.

Ignition: it takes around 800 ms to enter in AT active state (eg AT OK, see picture). From this state we have a 2 seconds setup and stabilization time before the startup signal is sent to the m2m applications.

Minimum RESET time safe value is 120 ms



1.4 Interface

- SIM card holder supporting 1.8 V and 3 V card type.
- MMCX Interface connector for RF output (50 Ohm connector MMCX Edge Mount SMD J01341A0081 (Telegartner)).
- 60 pin board-to-board connector (CVILUX CBRB060PC2000R0): Audio (2x analog, 1x digital), I2C bus, SPI bus, 2x ADC, 2x analog out (PWM), 12 GPIOs.
- 2 UART serial ports.

2 Product functions

2.1 System Features

A comprehensive list of TM2's features is presented in the following table and further detailed in the following paragraphs. The features can be shared in the following sections:

- Generic features;
- GSM/GPRS modem functionalities;
- Mechanical and Electronics features;
- Software features;
- Accessory support ;
- Host SW tools.

Set of features	Description
Type approval	CE approval report available
	Radio & Tele Terminal Equipment Directive (R&TTED) report available
Environmental constraints	Requirements for lead-free components
Security	Platform security concept description available
	Secure IMEI management
	Secure flashing environment
	Secure memory area
Service software API functionality	Software update
	Software update using system connector
	Module testing SW
	Rewrite IMEI
	Manage SIM locks
	Backup and restore user data
	Defect logger to analyze memory trace
GSM standard compliancy	ETSI GSM Phase 2+ (R99)
Frequency Bands	GSM 850 MHz
	EGSM 900 MHz
	DCS 1800 MHz
	PCS 1900 MHz
	Disable band/Manual band selection
GSM/GPRS Data Services	GPRS multi-slot class (MSC) 10 (4+1, 3+2)
	GPRS PBCCH/PCCCH support
	CBCH reception when on PBCCH supported
	GPRS Class B and CC
	Coding scheme CS-1, CS-2, CS-3, CS-4
	Network operation mode I, II, III

Set of features	Description
	CSD up to 9.6kbps (V.32, V.110)
	FAX G3, Class 2.0
SMS Short message service	Short Message Service Mobile-Terminated (SMS MT)
	Short Message Service Mobile-Originated (SMS MO)
	SMS-CB Cell Broadcast (SMS CB)
	Concatenated SMS
	Via GSM or GPRS
	Text and PDU mode
SIM Functionality	Abbreviated Dialling Numbers (ADN)
	Fixed Dialling Numbers (FDN)
	Last Dialed Numbers (LDN)
	Service Dialling Numbers (SDN)
	SIM Lock protection
	SIM Toolkit
SIM Locks	Network
	Network subset
	Service provider
	Corporate
	Operator
Basic Mobile Station features	Display of Called Number
	Indication of Call Progress Signals
	Country/PLMN Indication
	Short Message Indication and Acknowledgement
	International Access Function
	Service Indicator
	Dual Tone Multi Frequency (DTMF)
	Subscription Identity Management
	On/Off Switch
	Service Provider Indication
GSM Supplementary services	Call Hold (CH)
	Call Waiting (CW)
	Multi-Party (MTPY)
	Call Forwarding (CF)
	Explicit Call Transfer (ECT)
	Call Barring (CB)
	Calling Line Identification Presentation (CLIP)
	Calling Line Identification Restriction (CLIR)

Set of features	Description
	Connected Line Identification Presentation (COLP)
	Connected Line Identification Restriction (COLR)
	Unstructured Supplementary Services Data (USSD)
Audio Codecs	Speech codecs FR (Full rate) / EFR (Enhanced Full Rate) / HR (Half Rate)
	Speech codecs AMR (Adaptive Multi Rate)
Encryption algorithms	Encryption algorithms A5/1
	Encryption algorithms A5/2
Mechanical features	Number of RF shield required = 1
	Number of PIN's used for SW flashing = 3 (RX/TX and Ground)
Connector	RF connector
	Board to board connector
	SIM holder
RTC	Real Time Clock (RTC) supported with alarm capabilities
SIM	SIM connector on-board or external
	SIM voltage: 1.8 and 3 V
	High-speed interface
	External SIM ESD protection required.
	External SIM connector support
Battery	Protection circuitry integrated on the platform
	Charging of deeply discharged battery must be possible.
	Charging during phone call
	Maximum charging current of battery :1100 mA
Audio features	Handsfree and headset operation
Audio filter types supported	Echo canceller
	Noise reduction
I/O Interfaces	Maximum number of GPIO-interfaces 12
	Number of UART's 2
	Number of free UART's for user : 1
	One UART with complete 9-pin UART 1
	Max speed UART 921.6 Kbps (default AT commands 115.2 kbps)
	One UART with only RX/TX
Power on	Power on time (sec) 3 sec

Annexe



Set of features	Description
Call Handling	Redial missed and/or received calls (CLI)
	Abbreviated Dialling
Call phone	Full duplex
	Ringtones
	Polyphonic ringtones
Audio formats integrated with the hardware	HR, FR, EFR, AMR
	MIDI 1.0
	iMelody
	Number of simultaneous polyphonic tones (without extra HW) 40
Accessory support	Audio headset
	Charger

3. Datasheet PIC16F877A



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

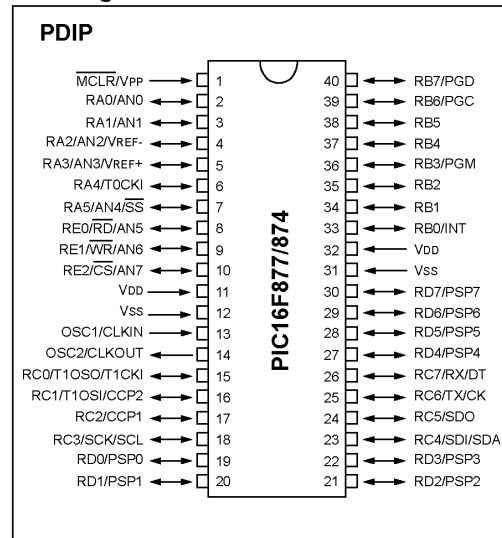
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

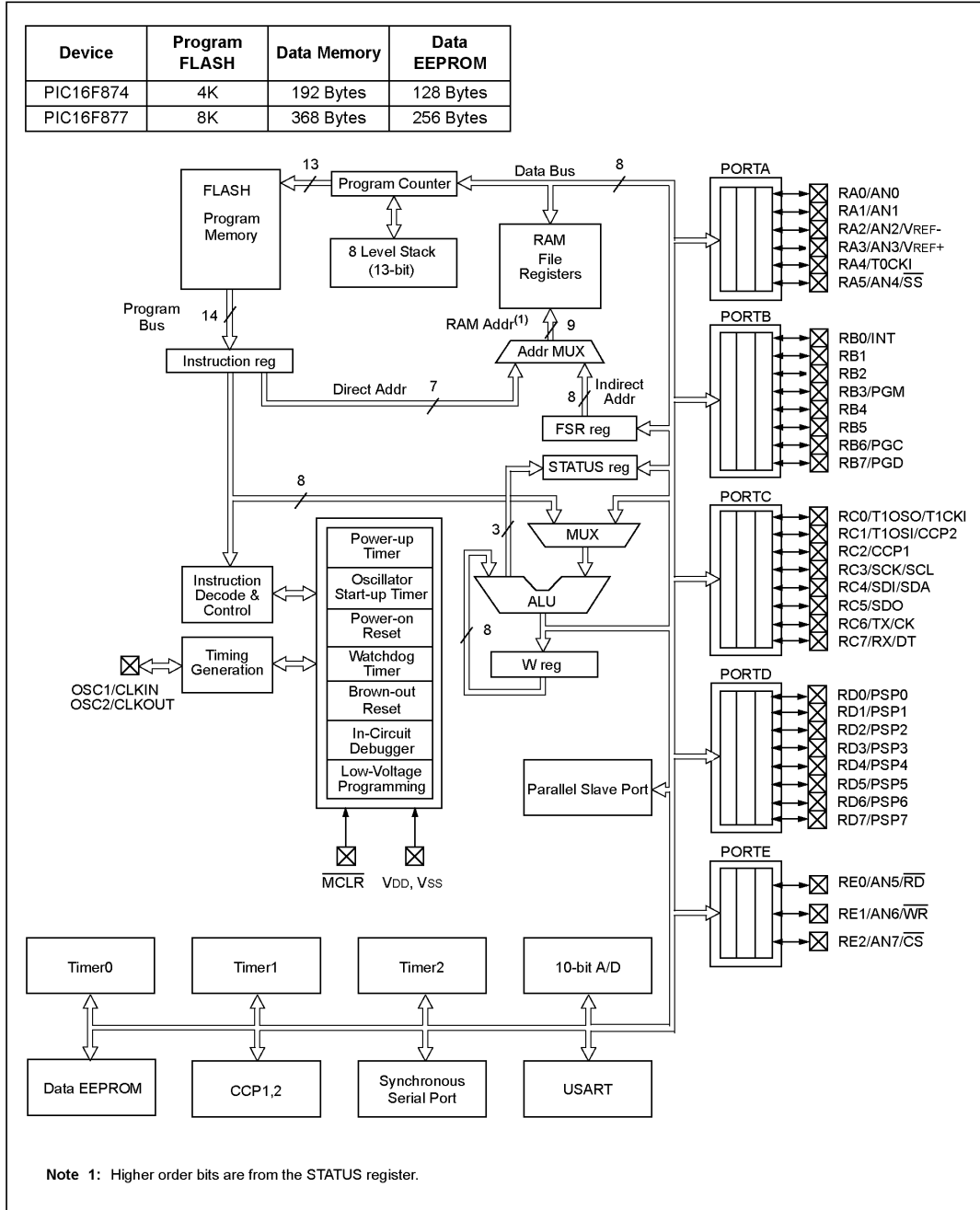
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

PIC16F87X

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

PIC16F87X

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

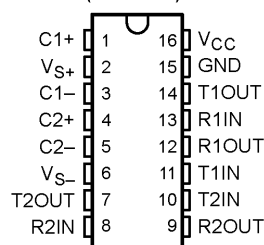


4. Datasheet MAX232

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- 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

T _A	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.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

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	0	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, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

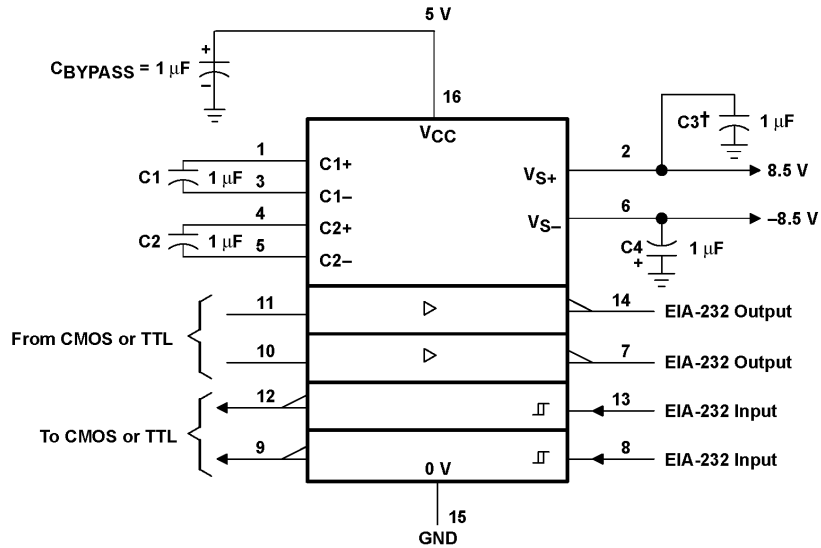
NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.



MAX232, MAX2321
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

APPLICATION INFORMATION



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

Figure 4. Typical Operating Circuit

5. Le Programme complet en C

```
#include <main_sht75.h>
#include <SHT75driver.C>

char mydata;

void main()
{

sht75_init();
float temp, humid
mydata==getchar ();

debut:
if
{
if(mydata=='RING')
sht_rd (temp, humid);
delay_ms (2000);
printf ("at+cmgfs=1\n\r");
delay_ms (5000);
printf ("at+cmgfs=%c055000000%c\n\r",34,34);
delay_ms (2000);
printf ("TEMPERATURE : %3.2f C\r", temp);
printf ("HUMIDITE : %3.2f %%\r", humid);
delay_ms (5000);
printf ("%c\n\r",26);
delay_ms (5000);
}
else
{
goto debut;
}
```

Bibliographie

Références bibliographiques

- **Livres et revus en PDF**

[1] DAVID REY, Interfaces GSM montage pour téléphone 2^e édition (DUNOD, Paris, 2010).

[2] CHRISTIAN TAVERNIER. Programmation en C des PIC (DUNOD, Paris, 2003).

[3] A. OUMNAD, Microcontrôleurs, Famille Mid-Range de Microchip, LE PIC 16F876/877, 2004

[4] M. BERNARD, Programmation en C d'un microcontrôleur ,2008

[5] MARTIN VIENS, cours n°2 Performances des capteurs & Mesure de température

[6] OLIVIER FRANCAIS, Capteurs et électronique associée, 2000

[7] RAFIK SAIED & ALAEDDINE MZOUGHJI, Supervision par GSM (Tunis), année 2009/2010

[8] OUGACHE FARIDA & SALEM DALILA, Réalisation du système de contrôle et de commande à distance via le réseau GSM, promotion 2010

[9] Sans Nom, Carte d'acquisition et de commande autour d'un module GSM (Tunis), année 2008/2009

- **Sites internet et liens**

- ❖ www.edaboard.com
- ❖ www.technologuepro.com
- ❖ forums.futura-sciences.com
- ❖ www.ccsinfo.com
- ❖ <http://fr.wikipedia.org/>
- ❖ www.abcelectronique.com/bigonoff