

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D' ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : **télécommunication et réseaux**

Présenté par
CHERIFI Younes

Thème

Etude et réalisation d'un suiveur de soleil a base d'un micro contrôleur

Mémoire soutenu publiquement le 13/07/ 2015 devant le jury composé de :

M^r Benamane Kamel	Président
M^r Zirmi Rachid	Encadreur
M^{me} Sidi-Said Amel	Examineur
M^r Tahanout Mohammed	Examineur

Remerciements

Je remercie « **ALLAH** » (El hamdoolah)

Ensuit

Mr « Zirmi » mon promoteur

Mr « Ali » de miel électronique

Mr Barchiche de labo maquette

Mon binôme « Bouakaz Youcef » qui n'a pas pu continuer avec moi

Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont accepté de juger
notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents, frères, sœurs, et à **khali Mokran** et a tout les membres de ma grande famille.*

A Chiek Belkier.

*A tout mes amis surtout (**G16, G06, F46, E38, E13, J19, C35, C37, D22, H10, M26, k26.....**).*

Chapitre 1

Figure (1) : Les composants du rayonnement solaire	3
Figure (2) : Le Spectre continu	4
Figure (3) : Le Spectre d'émission	4
Figure (4) : Le Spectre d'absorption	4
Figure (5) : Le gisement solaire mondial	5
Figure (6): Variation annuelle de la déclinaison du soleil.	6
Figure (7) : Variation de l'angle horaire en fonction de temps solaire vrai.....	7
Figure (8) : Repère horizontal.....	8
Figure (9) : Azimut d'une étoile	9
Figure (10): Les coordonnées géographiques	10
Figure (11) : Équation du temps	11
Figure (12) : Les points utilisés pour la création de l'obstacle (ici montagnes qui entourent Tizi-Ouzou).	12
Figure (13) : Elévation des obstacles en fonction de l'azimut.....	12
Figure (14) : Vue satellitaire de lieu avec les lignes de la trajectoire.	13
La figure (15) : La trajectoire dans un cercle en degré.	14
Figure (16) : L'élévation du soleil.	15
Figure (17) : Information supplémentaires.....	15
Figure (18) : L'élévation et de l'Azimut en fonction de temps.....	16

Chapitre 2

Figure (19) : Les trois types de package.....	21
Figure (20) : Le 16F887 en package PDIP	22
Figure (21) : Architecture interne du PIC16F8	24
Figure (22) : Bloque de convertisseur analogique numérique (ADC).	26
Figure (23) : Types de package.....	28

Figure (24) : Architecteur interne de 24LC256.	29
Figure (25) : Topologie de bus I2C	30
Figure (26) : Condition START	30
Figure (27) : Condition d'Acquittement	31
Figure (28) : Condition Pause	31
Figure (29) : Condition Restart.....	31
Figure (30) : Condition Stop	32
Figure (31) : L'octet de contrôle dans le protocole I2C	32
Figure (32) : Trame de lecture d'une EEPROM dans le protocole I2C	33
Figure (33) : Trame d'écriture d'une EEPROM dans le protocole I2C.	34
Figure (34) : Progression des rendements des cellules solaire	36
Figure (35) : Photo et symbole d'une photo résistance.	37
Figure (36) : Représentation schématique d'une machine à courant continu bipolaire.....	38

Chapitre 3

Figure (37) : Informations sur mikroC PRO for PIC	40
Figure (38) : Page d'accueil	41
Figure (39) : Création de projet étape 2	41
Figure (40) : Création de projet étape 3	42
Figure (41) : Création de projet étape 4	42
Figure (42) : Création de projet étape 5	42
Figure (43) : Création de projet étape 6	43
Figure (44) : Page de programmation principale.....	43
Figure (45) : Le capteur de position	45
Figure (46) : Le programmeur ChipMax2	47
Figure (47) : Page principal de programme associer au programmeur (max loader).....	48
Figure (48) : Sélectionné le type de micro contrôleur	48

Figure (49) : Liste des dispositifs compatible.....	48
Figure (50) : Fenêtre d'emplacement des fichiers	49
Figure (51) : Listes des raccourcis	50
Figure (52) : Message de fin de programmation sans erreurs.....	50
Chapitre4	
Figure (53) : Informations sur « Proteus Design Suite ».....	51
Figure (54) : Schéma utilise pour la simulation.....	52
Figure (55) : Graphe de signaux de commande.....	54
Figure (56) : Les signaux de commande génère par le micro contrôleur.....	54
Figure (57) : Graphe des impulsions	55
Figure (58) : Graphe direction de marche de la MCC	55
Figure (59) : Graphe du mode veille	55
Figure (60) : Le capteur principale	56
Figure (61) : Résultats d'affichage LCD	57
Figure (62) : Schéma électrique globale.....	57
Figure (63) : Le typon à imprimé	58
Figure (64) : Le typon avec l'emplacement des composants	58
Figure (65) : Typon face avant (coté composants)	59
Figure (66) : La plaque d'époxy	59
Figure (67) : Insolation de la plaque époxy	60
Figure (68) : Schéma qui explique le principe de génération d'impulsion	61
Figure (69) : Schéma qui explique le principe de génération d'impulsion 2.....	61
Figure (70) : Image de dispositif	62
Figure (71) : Exemple d'une installation photovoltaïque commande par un suiveur du soleil.	63

Liste des tableaux

Tableau (1) : Valeurs de quelque paramètre	21
Tableau (2) : Le sommaire des PINs de 16F887	23
Tableau (3) : Description des PINs	28

Table des matières

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

Chapitres 1 Généralité sur le soleil et son rayonnement

1. Introduction	2
2. Le soleil :	2
2.1. Le Rayonnement solaire	2
2.2. Les différents types de rayonnement solaire	3
2.2.1. Rayonnement global	3
2.2.2. Le rayonnement diffus	3
2.2.3. Le rayonnement direct	3
2.3. Le spectre de la lumière solaire	3
2.4. Le gisement solaire	4
2.5. Les coordonnées du soleil	5
2.5.1. Coordonnées équatoriales	5
A. Déclinaison du soleil (δ)	5
B. Angle horaire du soleil H	7
2.5.2. Coordonnées horizontales	8
A. La hauteur du soleil (h)	8
B. Azimut du soleil (a)	8
2.6. Les coordonnées géographiques :	9
2.6.1. La longitude (L)	9
2.6.2. La latitude (Φ)	9
2.6.3. L'altitude (Z)	9
3. Le temps	10
3.1. Le temps solaire moyen (TSM)	10
3.2. Le temps solaire vrai (TSV)	10
3.3. Le temps universel (TU)	10

3.4. Le temps légal ou local (LT) :	10
3.5. Equation du temps	10
4 . Comment trouver la position du soleil dans le ciel	11
4.1 Présentation du site internet	11
4.2 Création d'un point d'observation	11
4.3 Les résultats donnés par le site web	13
5. Conclusion	17

Chapitre 2 les dispositifs à utiliser dans notre système embarqué

1. Introduction	18
2. Le System Embarqué à utiliser	18
2.1. Le microcontrôleur	18
2.1.1. Définition	18
2.1.2. Les différentes familles des Pics	18
2.1.3. Les caractéristiques de 16F887	19
2.1.4. Architecture externe	21
B / Description générale des PINs de pic 16F877 (PDIP):	22
C / Classifications des PINs	23
2.1.6 Organisation de la mémoire	24
a) La mémoire programme	24
b) La mémoire EEPROM	25
c) La mémoire RAM et organisation	25
2.1.7. Le convertisseur CAN	25
2.1.8. Temporisateurs	26
2.2 Mémoire de stockage des mesures	27
2.2.1. EEPROM 24LC256	27
2.2.2. Caractéristiques du 24LC256	27

2.2.3. Architecture externe	27
A \ Types des packages	27
B \ Description des PINs	28
2.2.4 Architecture interne	29
2.2.5. Le type de communication utilise par l'EEPROM 24LC256	29
A. Définition de protocole I2C	29
B. La topologie du Protocol I2C	29
C. Les différentes formes de dialogue dans le Protocol i2c	30
C. 1 / Condition de START	30
C.2 / Acquiescement	30
C.3 / Condition Pause	31
C.4 / Condition de RESTART	31
C.5 / Condition Stop	32
D / Présentation de la trame de lecture d'une EEPROM	32
E / Présentation de la trame d'écriture sur une EEPROM	33
2.3. La cellule solaire	34
2.3.1. La cellule solaire Il sert à quoi	34
2.3.2. Principe de fonctionnement (L'effet photovoltaïque)	34
2.3.3 - Les différents types de cellule :	35
2.3.3.1- Cellules en silicium	35
A / Le silicium monocristallin (mc-Si)	35
B / Silicium poly-cristallin (pc-Si)	35
C / Silicium amorphe (a-Si):	35
2.3.3.2. Les cellules à base de CIS et CdTe :	35
A / Les cellules base sur le tellure de cadmium (CdTe)	35
B / Les cellules en CIS	35

2.3.3.3. Les cellules à concentrateur	35
2.3.3.4. Les cellules organiques	36
2.3.3.5. Les cellules multi-jonction	36
2.3.3.6. Cellule Grätzel (dye-sensitized)	36
2.4. Photo résistance	37
2.4.1. Définition d'une Photorésistance (LDR, Cds	37
2.4.2. Principe de fonctionnement :	37
2.5. Machine à courant continu	38
2.5.1. Définition :	38
2.5.2. Le principe de fonctionnement	38
3. CONCLUSION	39

Chapitres 3 Programmation et chargement de programme vers le pic

1. INTRODUCTION	40
2. éditeur de programme	40
2.1. Etapes à suivre pour écrire un programme sous mikroC for pic	41
2.1.1. Création d'un nouveaux Project	41
2.1.2. Ecriture et compilation d'un programme	42
2.2. Ecriture du programme	42
2.2.1. Le principe d'exécution de programme	45
2.2.2. Le programme	45
A. le programme principale (void main () {})	45
B. Le programme d'interruptions (interrupt () {}).....	46
2.2.3. L'organigramme de programme	46
A. Organigramme de programme principal (void main (){})	46
B. Organigramme de programme des interruptions (interrupt (){}).....	47

3. programmeur de pic	47
3.1. Le programmeur utilisé pour le chargement de programme vers le micro contrôleur : 47	
3.1. Sélectionner le type de micro contrôleur utilisé	48
3.2. Chargement de fichier « nom.hex » (le programme du pic) :.....	49
3.3. Le chargement de fichier (*.hex) vers le micro contrôleur	49
4. Conclusion	50

Chapitre 4 la réalisation pratique de suiveur du soleil

Introduction	51
2 - La conception sur ordinateur : 51	
2.1. Réalisation du schéma électrique avec « Proteus isis » :.....	51
2.2. La simulation :.....	52
2.2.1. Les générateurs de signaux utilisés	53
2.2.2. Affichage des résultats	53
2.2.3. Le graphe des signaux de commande	54
2.2.4. Les phases de la simulation	56
2.2.5. Résultats d’affichage sur l’écran LCD	57
2.3. Router le schéma électrique avec « Proteus ARES »:	58
3. Réalisation du circuit imprimé :	59
3.1. Impression du typon	60
3.2. Insolation de la plaque époxy	61
3.3. La révélation	62
3.4. Gravure chimique du circuit imprimé.....	63
4 - Mise en place et soudure des composants	64
A - Perçage de circuit :	65
B – Soudage des composants :	66

5. La mise en place de system mécanique et l'ensemble des capteurs	67
5.1. Le principe de fonctionnement de générateur d'impulsion	68
5.2. Descriptions générale du suiveur de soleil	62
Conclusion	63
Conclusion générale	64

Introduction générale

La consommation mondiale énergétique augmente de plus en plus, En effet, les énergies fossiles sont utilisées à grand échelle. Ces énergies sont polluantes et limitées, Ce qu'a cause le réchauffement climatique qui risque d'avoir des effets dramatique sur les équilibres physiques, économiques et politiques de notre planète.

La quantité d'énergie solaire reçue chaque jour par la planète est 5 fois supérieure à la totalité des consommations quotidiennes humaines, alors si on peut avoir un partie de cette énergie renouvelable on peut réduit a long terme les effets de réchauffement climatique.

Les technologies des Systems de captation solaire nos permet pas d'avoir des bonnes rendements énergétique financièrement parlons, ce que on va faire dans ce mémoire est d'essai d'augmenter le rendement d'un système photo voltaïque, On va réaliser cette augmentation en créant un système qui capte la position du soleil dans le ciel pour orienter une série de panneaux photovoltaïque vers sa position de maximum de puissance. Tous ça pour avoir un rayonnement direct perpendiculaire, se qui augmentera le rendement d'un panneau solaire.

Notre travaille est répartie sur quatre chapitres.

Dans le premier chapitre nous décrivons les notions essentielles sur le gisement solaire à savoir, les coordonnées équatoriales et horizontales de soleil et Les coordonnées géographiques de la terre, les temps de base.

Dans le second chapitre, nous allons présenter les dispositifs utilisé de notre système embarque et la façon correcte de son fonctionnement.

Le troisième chapitre est consacré à explication des déférents étapes à suivre pour programme un micro contrôleur pic.

Dans le quatrième chapitre, nous décrivons les différentes étapes de fabrication de notre maquette, on commençant par la conception sur ordinateur du circuit électronique, la préparation du circuit imprimé et la mise en place et la soudure des composants.

1. Introduction

Une des solutions partielles à la crise mondiale de réchauffement climatique est la diminution du dégagement des gaz issus de la combustion des sources d'énergies fossiles (carburants) et d'utiliser de plus en plus de sources d'énergies renouvelables.

Dans le cas de l'énergie solaire La connaissance de la position du soleil dans le ciel à tout instant et en tout lieu est nécessaire pour l'étude de l'énergie interceptée. Les heures du lever et du coucher ainsi que la trajectoire du soleil dans le ciel au cours d'une journée permettent d'évaluer certaines grandeurs telles que la durée maximale d'insolation, l'irradiation globale. Dans cette partie nous allons définir certaines grandeurs solaires et qui nous aideront à mieux cerner la problématique de notre sujet.

2. Le soleil :

Le soleil est une étoile gazeuse composée quasiment d'hydrogène. Son diamètre est de 1391000 km (100 fois le diamètre de la terre), sa masse est de l'ordre de 2.10²⁷ tonnes [1].

Ca source d'énergie est les réactions thermo – nucléaires, elles transforment à chaque seconde 564,106 tonnes d'hydrogène en 560,106 tonnes d'hélium, la différence est de 4 millions de tonnes qui donne une énergie totale de 36.10²² KWh /m². la terre reçoit approximativement une énergie de 1,8.10¹⁴ KWh /m² [2].

2.1. Le Rayonnement solaire

Les rayonnements solaire est un flue électromagnétiques qui est caractérisent par une vitesse, une fréquence et une longueur d'onde, l'atmosphère absorbe une partie de ce rayonnement (environ 15%), ce qui nous laisse moins que 1354 w/m², une partie réémet dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus. L'atmosphère réfléchi une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6%). Le rayonnement global au niveau du sol se définit donc comme la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus, L'énergie reçue par une surface ne dépend pas seulement de la saison, mais aussi de la latitude, des conditions météorologiques, de degré de pollution et de l'orientation de la surface, etc. [3]

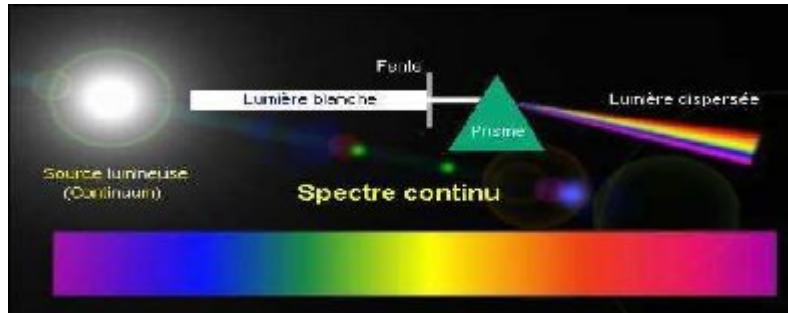


Figure (2) : le Spectre continu [6]

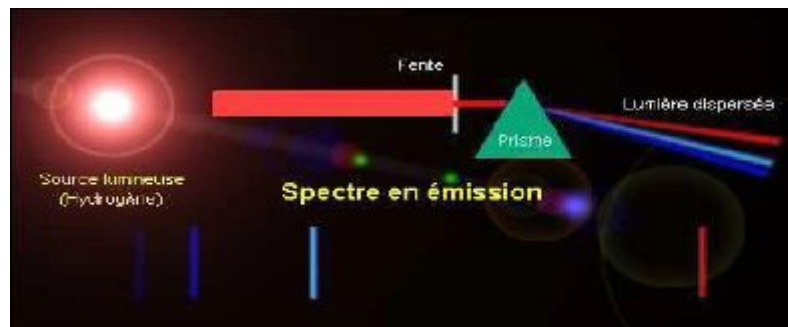


Figure (3) : le Spectre d'émission [6]

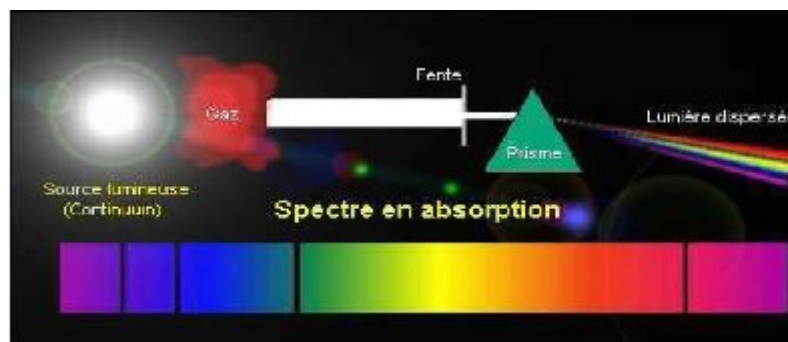


Figure (4) : le Spectre d'absorption [6]

2.4. Le gisement solaire

C'est l'évolution du rayonnement solaire dans un endroit durant une période du temps donnée, l'Algérie et grâce à sa situation géographique elle dispose d'un gisement solaire énorme.

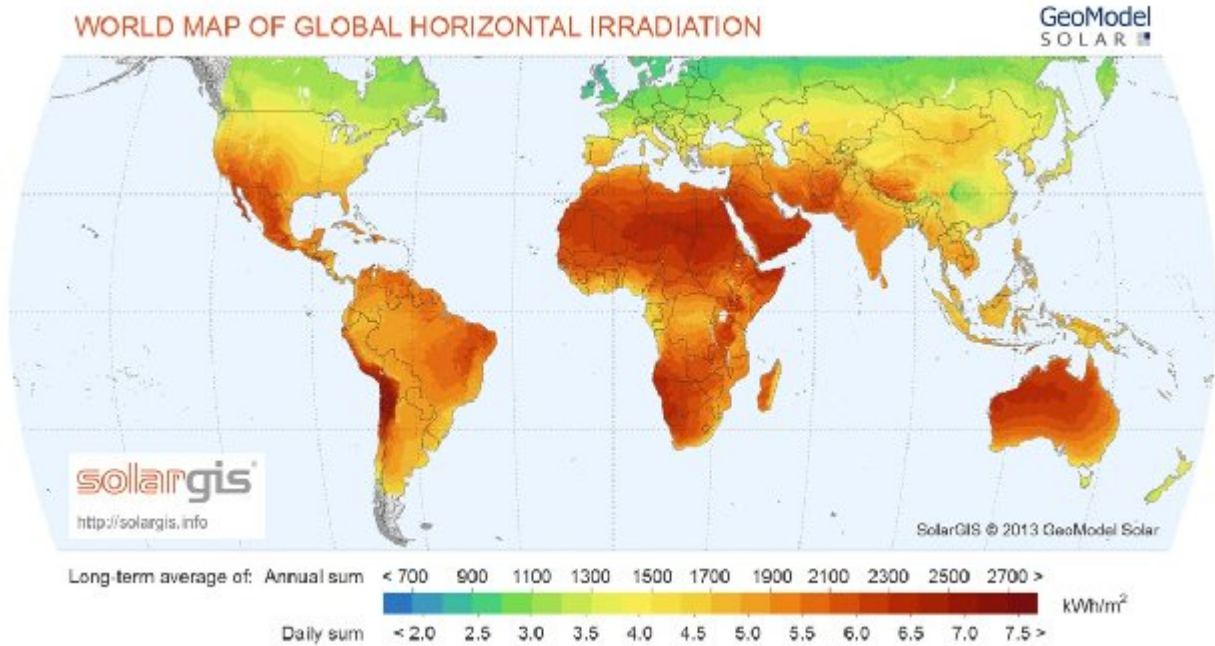


Figure (5) : Le gisement solaire mondial [7]

2.5. Les coordonnées du soleil

La position du soleil peut être repère à chaque instant de la journée et del'année par deux systèmes de coordonnées différents :

- _ Par rapport au plan équatorial de la terre (repère équatorial).
- _ Par rapport au plan horizontal du lieu (repère horizontal).

2.5.1. Coordonnées équatoriales

Le mouvement du soleil est repéré par rapport au plan équatorial de la terre à l'aide de deux angles (δ , H).

A. Déclinaison du soleil (δ)

La déclinaison est l'angle que fait la direction d'observation du soleil avec sa projection sur le plan équatorial. Elle est exprimée en degrés($^{\circ}$), minute ($'$) et seconde ($''$) d'arc. C'est la traduction de l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique. En considérant la déclinaison δ comme constante sur une journée, l'équation de Kopernic fournit la relation qui relie ces deux grandeurs [8]:

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{2\pi n}{365} \right)$$

n: est le numéro du jour de l'année à partir du premier janvier.

La déclinaison solaire varie de $-23^{\circ}27'$ au solstice d'hiver à $+23^{\circ}27'$ au solstice d'été et elle est nulle aux équinoxes [9], et cette variation entraîne des variations de la hauteur du soleil pour un même site.

_ $\delta = 0$ (Equinoxes): Les équinoxes représentent les deux dates de l'année où le soleil traverse le plan équatorial, l'équinoxe automnal, le 23 septembre, marquant le début de la chute de la durée de la journée, et l'équinoxe vernal le 21 mars, marquant le début de l'accroissement de la durée du jour.

_ $\delta = 23,45^{\circ}$ (au Solstice été) : Le solstice d'été (au 21 juin), nous observons que le soleil est à son point le plus élevé dans le ciel. Elle marque le début de l'été dans l'hémisphère nordique.

_ $\delta = -23,45^{\circ}$ (au Solstice hiver) : Il coïncide avec le 21 décembre.

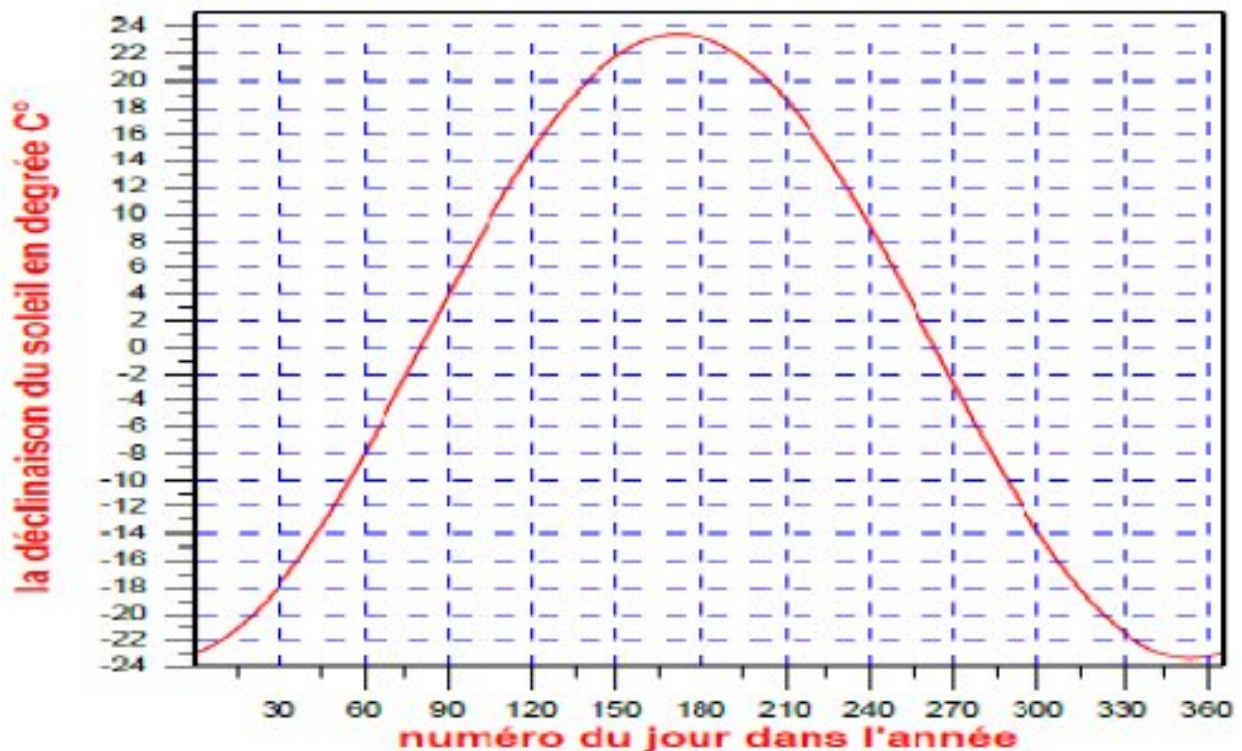


Figure (6): Variation annuelle de la déclinaison du soleil. [10]

B. Angle horaire du soleil H

C'est l'angle que font les projections de la direction du soleil avec la direction du méridien du lieu, l'angle horaire du soleil varie à chaque instant de la journée selon la relation

$$H = 15(TSV - 12)$$

Avec

$$TSV = TI - TU + \Delta t = TL - (\lambda - \Delta L) + \Delta t$$

$$\Delta t = 9.87 * \sin^2 \left(\frac{\lambda}{180} * (J - 81) \right) - 7.35 * \cos \left(\frac{\lambda}{180} * (J - 81) \right) - 1.5 * \sin^2 \left(\frac{\lambda}{180} * (J - 81) \right)$$

_ *TSV* (Temps Solaire Vrai) : Temps repéré de façon que le soleil se trouve au zénith à midi.

_ *TU* (Temps Universel) : Le décalage horaire par rapport au méridien de Greenwich.

_ *TL* (Temps Légal) : Temps donné par une montre.

_ ΔL : Correction de l'équation du temps.

_ λ : longitude du lieu.

- L'angle horaire H varie de $+180^\circ$ à -180° [11].

On prend:

$H > 0$ après midi.

$H < 0$ le matin

$H = 0$ midi TSV.

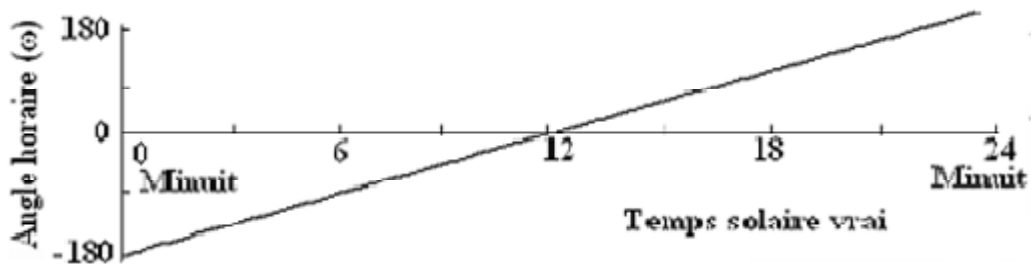


Figure (7) : variation de l'angle horaire en fonction de temps solaire vrai. [10]

2.5.2. Coordonnées horizontales

Le repère horizontal est formé par le plan de l'horizon astronomique et vertical du lieu. Dans ce repère, les coordonnées sont la hauteur h et l'azimut a [11].

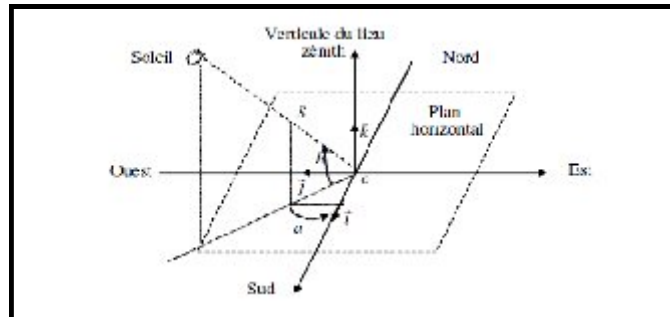


Figure (8) : Repère horizontal. [6]

A. La hauteur du soleil (h)

La hauteur angulaire du soleil, est l'angle compris entre la direction apparente du soleil avec sa projection sur le plan horizontal du lieu considéré.

La hauteur est nulle au lever ou au coucher du soleil et maximale lorsque le soleil est à son zénith.

$$\sin(h) = \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(H) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)$$

Avec:

h : varie entre -90° à $+90^\circ$.

On prend: $h > 0$ le jour, $h < 0$ la nuit et $h = 0$ aux lever et coucher du soleil.

B. Azimut du soleil (a)

L'azimut (azimut) est l'angle dans le plan horizontal entre la direction d'un objet et une direction de référence.

L'azimut est mesuré depuis le nord en degrés de 0° (inclus) à 360° (exclu) dans le sens rétrograde (sens des aiguilles d'une montre) : ainsi l'Est est au 90° , le Sud au 180° et l'Ouest au 270° .



Figure (9) : Azimut d'une étoile [12]

Dans notre cas le soleil (notre étoile), l'azimut est l'angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du Sud.

L'azimut du soleil varie à chaque instant de la journée selon la relation suivante :

$$\sin(a) = \frac{(\quad) * (\quad)}{(\quad)}$$

Avec:

a : varie entre -180° à $+180^\circ$

On prend: $a > 0 \Rightarrow$ vers l'Ouest, $a < 0 \Rightarrow$ vers l'Est et $a = 0 \Rightarrow$ direction du sud.

2.6. Les coordonnées géographiques : [3]

Ce sont les coordonnées angulaires qui permettent de repère un point sur la terre

2.6.1. La longitude (L) :

C'est l'éloignement par rapport au méridien de Greenwich, mesuré en degré. Elle est comptée positivement vers l'Est et négativement vers l'Ouest, à partir du méridien Greenwich.

2.6.2. La latitude (Φ) :

C'est l'éloignement d'un point sur la surface de la terre par rapport à l'équateur, mesuré en degré (mesurée à partir du centre de la terre), permettent de repérer la distance angulaire d'un point quelconque à l'équateur.

Elle varie de 0° à 90° dans l'hémisphère nord et de 0° à -90° dans l'hémisphère sud.

2.6.3. L'altitude (Z) :

C'est l'altitude d'un point correspondant à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (le niveau de la mer = 0), elle est exprimée en mètre.

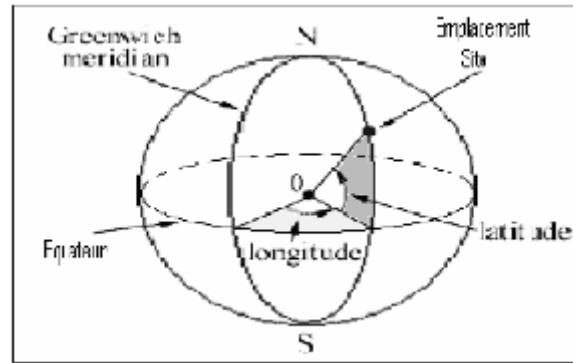


Figure (10): Les coordonnées géographiques [10]

3. Le temps :

3.1. Le temps solaire moyen (TSM) :

La notion de temps solaire moyen (TSM) est le résultat de la rotation de la terre sur elle-même, réellement c'est le temps qui sépare deux passages successifs au méridien d'un lieu. Une rotation complète de la terre sur elle-même correspond à 24 heures. [6]

3.2. Le temps solaire vrai (TSV) :

C'est le temps défini par les coordonnées angulaires vraies du soleil.

$$\text{TSV} = \text{TSM} + \text{ET}.$$

Où ET est l'équation du temps.

3.3. Le temps universel (TU) :

C'est le temps solaire moyen du méridien de Greenwich GMT (Greenwich Mean Time)

3.4. Le temps légal ou local (LT) :

Pour en déduire le temps légal ou local (TL), il convient d'ajouter au temps universel le décalage du fuseau horaire.

$$\text{TL} = \text{TU} + \text{décalage} [3]$$

3.5. Equation du temps

C'est l'écart entre le temps solaire vrai et le temps solaire moyen dû à ses irrégularités.

$$\text{ET} = \text{TSV} - \text{TSM}$$

On peut aussi le calculer avec une autre manière :

$$ET = 0,0172 + 0,4281 * (\cos(x)) - 7,3515 * (\sin(x)) - 3,3495 * (\cos(2x)) - 9,3619 * (\sin(2x))$$

[6]

Avec : $x = (360 * n)/365$

n est le numéro du jour dans l'année.

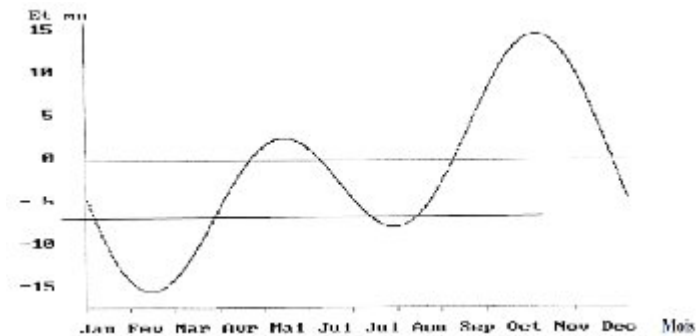


Figure (11) : Équation du temps [6]

4 . Comment trouver la position du soleil dans le ciel :

On peut toujours utiliser les équations avec les coordonnées horizontales ou coordonnées équatoriales, mais il existe des sites internet qui permettent de donner ces coordonnées sans avoir à faire les calculs.

Exemple :

www.sunearthtools.com

4.1 Présentation du site internet :

« www.sunearthtools.com » est un site de calculs que nous avons non seulement utilisé pour calculer la position du soleil dans le ciel, mais aussi pour avoir les courbes des trajectoires solaire pour tous les jours de l'année.

4.2 Création d'un point d'observation :

Pour créer un point d'observation nous avons besoin des coordonnées géographiques du lieu.

Exemple : l'université UMMTO a pour coordonnées « 36.698197,4.058048 ».

Dans le cas où il existe des obstacles on peut les déclarer.

Exemple : Un obstacle sur 360° d'une élévation variable (montagnes) peut être défini comme donné dans le tableau suivant. Dans ce tableau l'azimut et l'élévation sont donnés en (°)

n	azimuth	elevation
1	0	20
2	20	19
3	40	15
4	60	5
5	80	2
6	90	7
7	110	9
8	130	12
9	150	17
10	170	19
11	180	21
12	200	21
13	220	17
14	240	10
15	260	3
16	270	4
17	280	2
18	290	7
19	300	7
20	310	3
21	320	7
22	340	15
23	360	20

Figure (12) : les points utilisés pour la création de l'obstacle (ici montagnes qui entourent Tizi-Ouzou). [13]

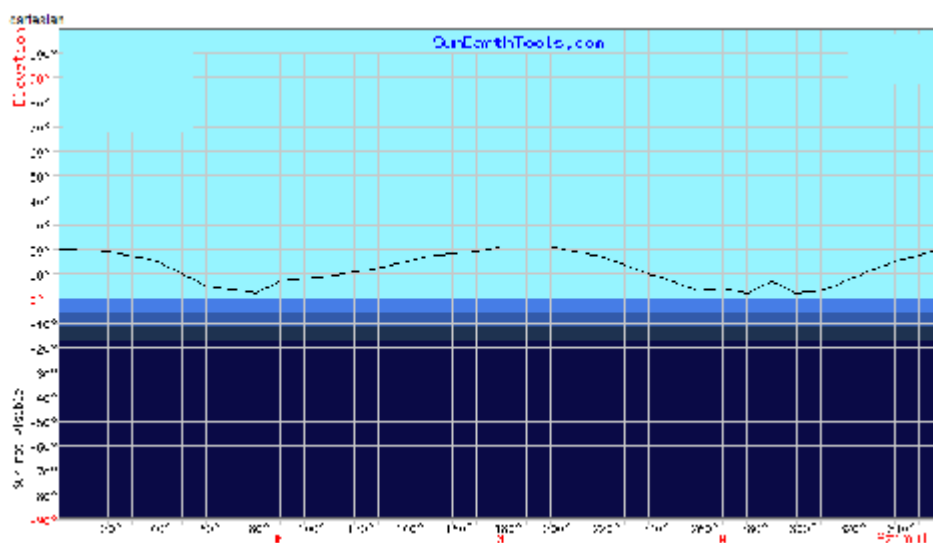


Figure (13) : élévation des obstacles en fonction de l'azimut. [13]

4.3 Les résultats donnés par le site web:

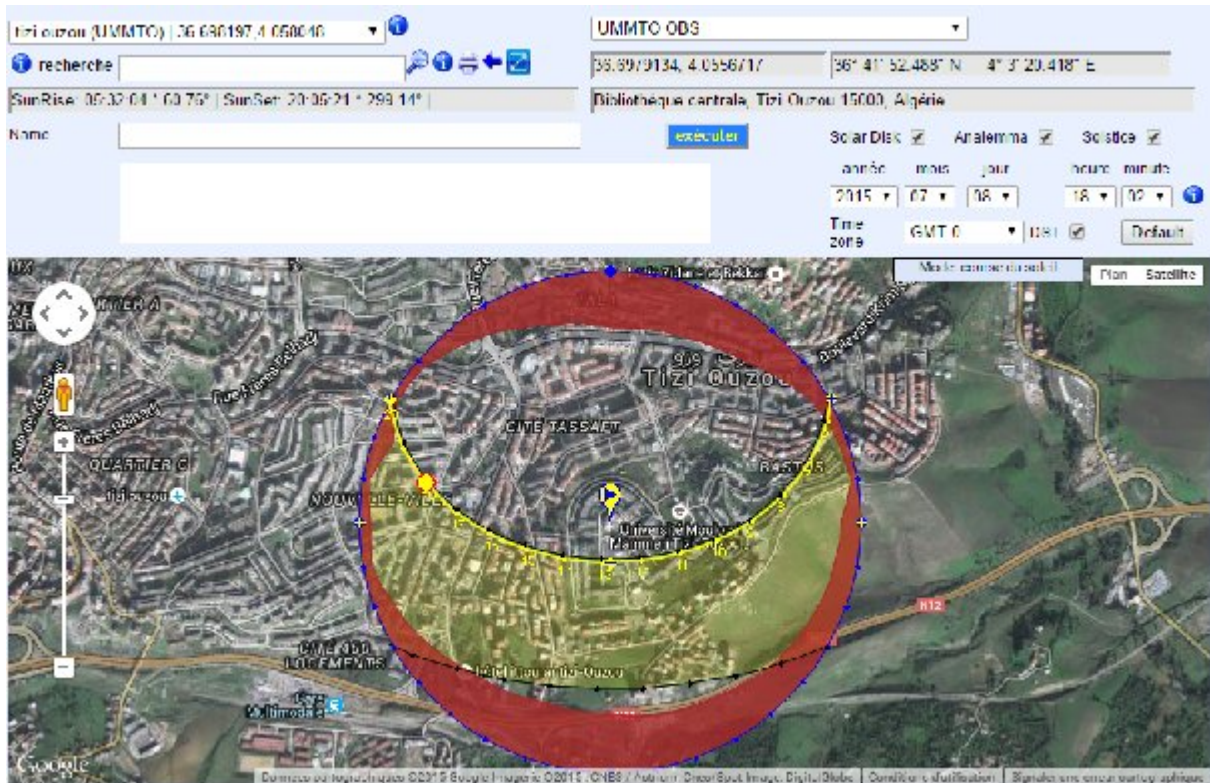
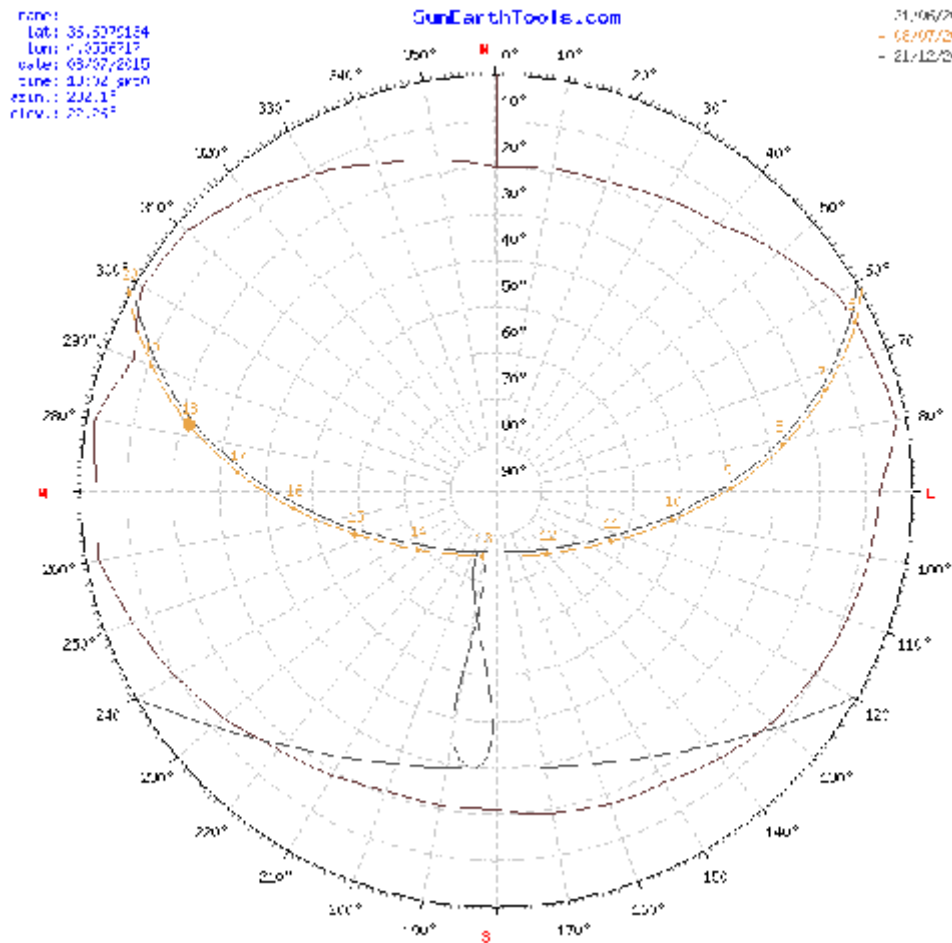


Figure (14) : vue satellitaire de lieu avec les lignes de la trajectoire. [13]

La figure 14 est une carte de Google Maps qui montre la région de Tizi-Ouzou les obstacles que nous avons à déclarer. Nous pouvons voir sur cette carte :

- La position actuelle du soleil et sa trajectoire prévue pour cette journée (08 /07 /2015).
- La trajectoire minimale et maximale (dans l'année) du soleil qu'on peut avoir à partir du point choisi.
- La zone où le rayonnement solaire direct est bloqué par un obstacle.



La figure (15) : la trajectoire dans un cercle en degré. [13]

On peut aussi obtenir la trajectoire dans un cercle gradué en degrés comme il est montré à la figure 15. On peut alors lire comme exemple les données suivantes :

- la date du 21/12/2015 donne la trajectoire minimale « de 120° >> 241° ».
- la date du 24/06/2015 donne la trajectoire maximale « de 61° >> 299° ».
- Les coordonnées du point 36.698197, 4.058048 à l'heure de la capture des données.
- L'élévation et l'azimut (22.26°; 282.1°) à 18 :02 GMT (heure de la capture des données).

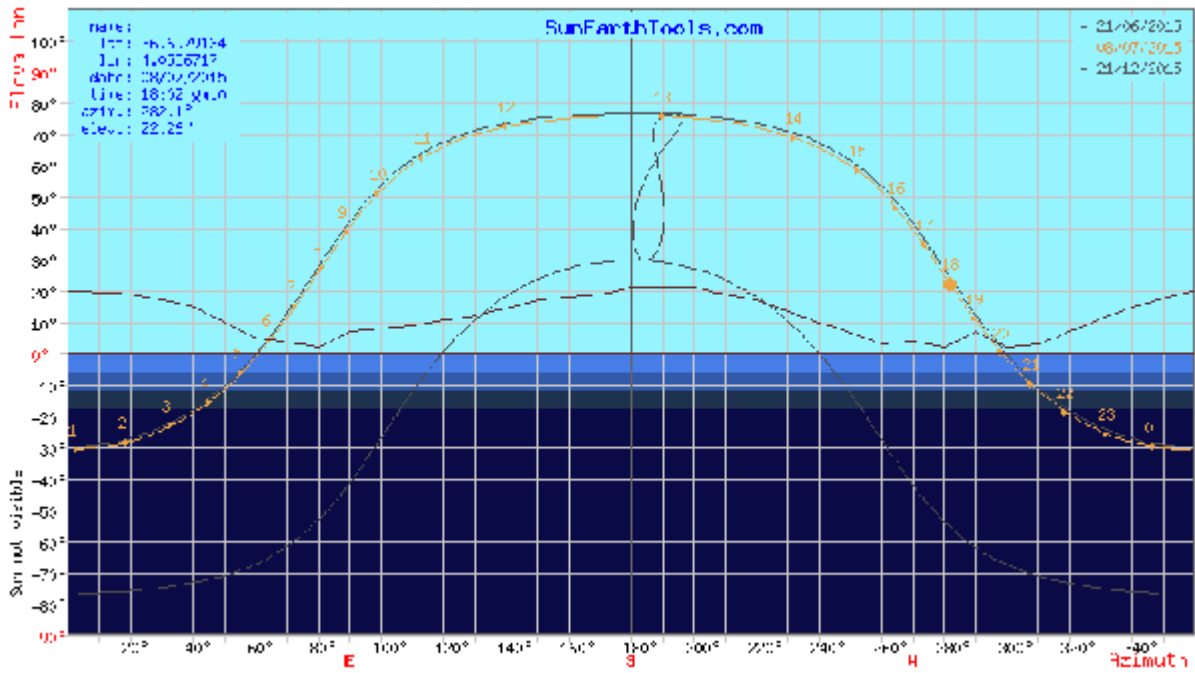


Figure (16) : l'élevation du soleil. [13]

A la figure 16 montre :

- L'élevation du soleil pour la journée du 08/07/2015 à instant de la consultation du site et ses variations en fonction de l'Azimut.
- L'élevation maximale et minimale que le soleil peut attendre pendant cette année.

position du soleil	Elevation	Azimut	latitudes	longitudes
08/07/2015 - 18:02 GMT0	22.26°	282.1°	36.5079134° N	4.0556717° F
crépuscule	Sunrise	Sunset	Azimut Sunrise	Azimut Sunset
crépuscule -0.833°	05:32:04	20:05:21	60.76°	298.14°
Le crépuscule civil -6°	05:01:47	20:35:02	56.04°	303.04°
Le crépuscule nautique -12°	04:24:13	21:13:00	49.7°	310.16°
crépuscule astronomique -18°	03:42:28	21:54:37	41.88°	317.94°
jour	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	midi
08/07/2015	14:33:17	00:00:52	00:00:50	12:48:42

Figure (17) : information supplémentaires. [13]

Un tableau d'informations supplémentaires peut aussi être consulté.

Date:	08/07/2015 GMT0		
coordonner:	36.6979134, 4.0556717		
emplacement:	Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou site Bastbs, Tizi Ouzou, Algérie		
heure	Elevation	Azimut	
05:32:04	-0.833°	63.76°	
6:00:00	4.14°	61.37°	
7:00:00	15.36°	73.12°	
8:00:00	27.07°	81.08°	
9:00:00	39.04°	89.43°	
10:00:00	51.02°	99.36°	
11:00:00	62.55°	113.58°	
12:00:00	72.29°	140.02°	
13:00:00	75.57°	190.39°	
14:00:00	69.05°	232.15°	
15:00:00	58.35°	252.49°	
16:00:00	46.57°	264.59°	
17:00:00	34.55°	273.74°	
18:00:00	22.65°	281.34°	
19:00:00	11.08°	289.33°	
20:00:00	0.11°	293.34°	
20:05:21	-0.833°	299.14°	

Figure (18) : l'élévation et de l'Azimut en fonction de temps. [13]

La figure 18 montre est un tableau des points définissant l'élévation et l'Azimut du soleil en fonction du temps.

- le soleil se lève à 5 :32 :04 GMT et il se couche à 20 :05 :21 GMT.

- le soleil se lève à l'azimut 63.76° et il se couche à 299.14° .

- L'élévation maximale du soleil élévation Max = 75.57° à (13 :00 GMT , 190.39°).

- L'élévation de « -0.833 » au levé et au couché du soleil est due au diamètre de soleil. Quant on voit le premier rayon solaire, le centre de soleil n'est pas encours arrive au point 0° alors l'élévation est donc négative.

- la précision du temps est de $dt = 60$ min.

Conclusion

L'étude du rayonnement solaire est très importante pour le choix du meilleur site pour l'installation d'un système de captation solaire. Le rayonnement reçu par un capteur solaire dépend également du niveau d'ensoleillement du site considéré et de son orientation par rapport au soleil.

Le point d'observation que nous avons choisi est le toit de la bibliothèque de l'université Hasnaoua II de l'UMMTO, Un capteur solaire fixe reçoit le maximum d'énergie lorsqu'il est orienté vers le sud et est incliné selon un angle pratiquement égal à la latitude du lieu 36.698197.

Pour que le rayonnement solaire soit perpendiculaire au panneau solaire, et afin d'optimiser tout le système de captation, il est nécessaire de recourir à la technique de poursuite du soleil.

1. Introduction

Un système embarqué est défini comme un système électronique et informatique autonome, spécialisé dans une tâche bien précise, les systèmes embarqués utilisent généralement des microprocesseurs, des capteurs (photo résistances (LDR), thermistance.....) et des actionneurs (machine à courant continue (MCC), servomoteurs....).

Dans ce chapitre on définit les composants qu'on va utiliser dans notre system embarque

2. Le System Embarqué à utiliser:

Notre system embarqué utilise est composé d'un microcontrôleur pour le traitement des données et des capteurs d'intensité de lumière afin de commander un moteur MCC, et compter le nombre de pas pour trouver la position du soleil dans le ciel puis la stocker dans une mémoire EEPROM externe.

2.1. Le microcontrôleur :

2.1.1 Définition :

Un microcontrôleur est une unité de traitement de données de type microprocesseur contenant tous les composants d'un système informatique, comme le microprocesseur, les mémoires et les périphériques (ports, Temporisateurs, CAN).

Chaque fabricant a sa (ou ses) famille(s) de microcontrôleur. Une famille se caractérise par un noyau commun (le microprocesseur et son jeu d'instruction).

2.1.2 Les différentes familles des Pics :

Les familles des pics sont divisées à l'heure actuelle en trois grandes familles :

- La famille Base - Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- La famille Mide -Range, qui utilise des mots de 14 bits
- La famille High - End, qui utilise des mots de 16 bits.

Dans ce travail nous allons utiliser un pic 16F887 qui est un microcontrôleur de 8bit de MICROCHIP, qui fait partie de la catégorie Mide-Range avec seulement 35 instructions dans son jeu d'instruction.

2.1.3 Les caractéristiques de 16F887 :

- Oscillateur interne
 - Calibré en usine à $\pm 1\%$.
 - Fréquence sélectionnable programmée de 32 kHz à 8 MHz.
 - Le mode de deux-vitesse en démarrage.
 - Fail-safe le suiveur d'horloge pour des applications critiques.
 - Commutation de mode d'horloge pendant le fonctionnement à faible puissance.
- Economisassions d'énergie en mode Veille.
- Power-on Reset (POR).
- Tension sélectionnable pour Brown-out Reset (BOR).
- Watch dog Timer (WDT) avec son propre oscillateur sur circuit RC pour un fonctionnement plus fiable.
- ICSP™ (In-Circuit Serial Programming) via deux broches.
- CIM (In-Circuit Debug) via deux broches.
- Cellule flash / EEPROM haute endurance :
 - Mémoire Flash programmable améliorée du 100.000 Cycle (effacement /écriture), typique
 - 1 000 000 cycle (effacement /écriture) pour la mémoire EEPROM, typique.
 - Rétention de données de l'EEPROM > 40 ans.
- Self-reprogrammable sous contrôle logiciel.
- La protection du code de programme.
- Caractéristiques périphériques:
 - Une seul branche pour une entre.
 - 36 Input/Output.
 - Courant max de 25 mA.
 - Interrupt-on-pin génération d'une interruption si l'état de bit a change.
- Temporisateurs :
 - TMR0: 8-bit temporisateur / compteur avec 8 bits prédiviseur.
 - TMR1: 16-bit temporisateur / compteur améliorée avec diviseur, avec mode d'entrée externe par Porte.

- Faible puissance dédié à l'oscillateur de 32 kHz.
- TMR2: 8-bit temporisateur / compteur avec registre de période de 8 bits, diviseur et postscaler (timerextender).
- Module PCC (Capture / Comparateur / PWM).
- Module PECC (Enhanced Capture / Comparateur / PWM) avec arrêt-auto et pilotage de PWM.
- Module MSSP (Module Maître synchrone port série), mode SPI TM, le mode I2C TM avec la capacité utilise un masque pour l'adresse.
- Module EUSART (Synchrone Universal Asynchronous Receiver Transmitter) amélioré.
 - Prise en charge de RS-232 et RS-485 et la compatibilité avec LIN.
 - Détection automatique de baud.
 - réveil-automatique sur le bit de Démarrage.
- ULPWU (Ultra Low-Power Wake-up).
- Caractéristiques analogiques :
 - 14 canaux de convertisseurs analogique vers numérique (ADC) de 10 bits.
 - 2 comparateur analogique avec :
 - * tension de référence CVREF programmable (%VDD).
 - * tension de référence fixable 0.6 Vref.
 - * comparateur accessible de l'extérieur.
 - * Mode SR Latch. [1]

Nom de paramètre	Valeur
Type de la mémoire programmable	Flash
Taille de la mémoire programmable (KB)	14
Vitesse de CPU (MIPS)	5
RAM Bits	368
Taille de l'EEPROM (bits)	256
Les modes des Communications numérique	1-UART, 1-A/E/USART, 1-SPI, 1-I2C1-
Capture/Compare/PWM Peripherals	1 CCP, 1 ECCP
Temporisateur	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
ADC	14 canaux de 10-bit
Comparateurs	2
Température de bon fonctionnement (C)	-40 to 125
La plage de Tension (V)	2 to 5.5
Nombre de PINs	40
Cap Touch Channel	11

Tableau (1) : valeurs de quelque paramètre [1]

2.1.4 Architecture externe

A / Types des packages de 16F887 :

On trouve le 16F887 sous 3 forme de package :

- PDIP avec 40 PINs (c'est ce type de package qu'on va utilise).
- QFN avec 44 PINs.
- TQFP avec 44 PINs.

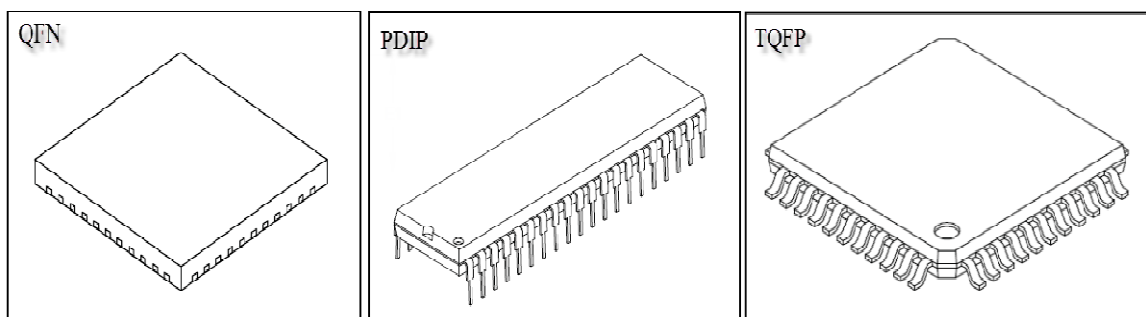


Figure (19) : les trois types de package. [2]

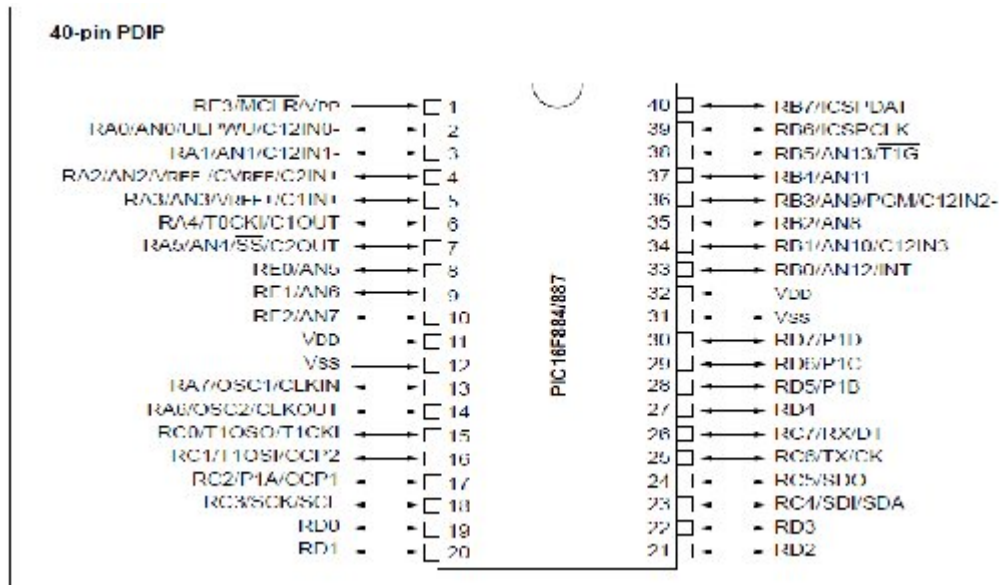
B / Description générale des PINs de pic 16F877 (PDIP):

Figure (20) 16F887 en package PDIP [2]

Le pic16F887est compose de 5 ports d'entrée /sortie et les branches d'alimentation

- LesPORTs :

Courant : $I_{Max} = 25 \text{ mA}$ pour chaque branche et pour l'ensemble d'une porte =>

$I_{Max} = 90 \text{ (mA)}$.

Tension (+) (-) $0.3 * VDD$ [2]

PORTA : 6 bits d'entrée /sortie.

PORTB : 8 bits d'entrée /sortie.

PORTC : 8 bits d'entrée /sortie.

PORTD : 8 bits d'entrée /sortie.

PORTE : 4 bits d'entrée /sortie.

- Alimentation : VSS et VDD

La tension de fonctionnement de 2V à 5.5V

L'intensité du courant consommé peut aller de **11uA** à **95mA**. La consommation sera en fonction de :

- La tension d'alimentation.
- La fréquence interne.
- Le mode de fonctionnement. [2]

C / Classifications des PINs :

I/O	Pin	Analogique	comparateurs	temporisateurs	ECCP	EUSART	MSSP	Interrupt	Pull-up	PINs de base
RAO	2	ANO/ULPWU	C12IN0-	—	—	—	—	—	—	—
RA1	3	AN1	C12IN1-	—	—	—	—	—	—	—
RA2	4	AN2	C2IN+	—	—	—	—	—	—	VREF-/CVREF
RA3	5	AN3	C1IN+	—	—	—	—	—	—	VREF+
RA4	6	—	C10UT	TOC KI	—	—	—	—	—	—
RA5	7	AN4	C20UT	—	—	—	SS	—	—	—
RA6	14	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC2/CLKOUT
RA7	13	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC1/CLKIN
RBO	33	AN12	—	—	—	—	—	IOC/INT	Y	—
RB1	34	AN10	C12IN3-	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB2	35	AN8	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB3	36	AN9	C12IN2-	—	—	—	—	IOC	Y	PGM
RB4	37	AN11	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB5	38	AN13	—	T1G	—	—	—	IOC	Y	—
RB6	39	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPCLK
RB7	40	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPDAT
RCO	15	—	—	T10SO/TICKI	—	—	—	—	—	—
RC1	16	—	—	T10SI	CCP2	—	—	—	—	—
RC2	17	—	—	—	CCP1/PIA	—	—	—	—	—
RC3	18	—	—	—	—	—	SCK/SCL	—	—	—
RC4	23	—	—	—	—	—	SDI/SDA	—	—	—
RC5	24	—	—	—	—	—	SDO	—	—	—
RC6	25	—	—	—	—	TX/CK	—	—	—	—
RC7	26	—	—	—	—	RX/DT	—	—	—	—
RDO	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD1	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD2	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD3	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD4	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD5	28	—	—	—	PIB	—	—	—	—	—
RD6	29	—	—	—	PIC	—	—	—	—	—
RD7	30	—	—	—	PID	—	—	—	—	—
REO	8	AN5	—	—	—	—	—	—	—	—
RE1	9	AN6	—	—	—	—	—	—	—	—
RE2	10	AN7	—	—	—	—	—	—	—	—
RE3	1	—	—	—	—	—	—	—	Y(1)	MCLR/VPP
—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	32	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS
—	31	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS

Tableau (2) : le sommaire des PINs de 16F887 [2]

2.1.5 Architecture interne :

L'architecture interne nous présente les principaux organes qui composent le µc, la figure (21) illustre cette architecture :

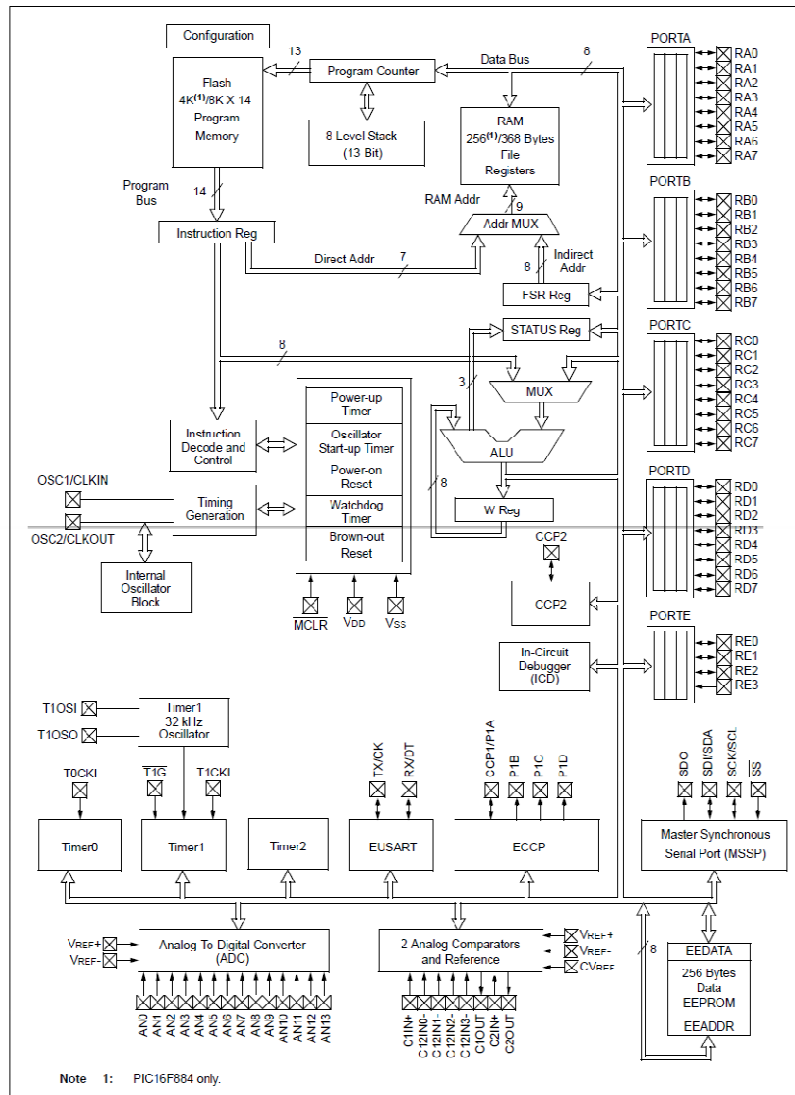


Figure (21) : architecture interne du PIC16F8 [2]

2.1.6 Organisation de la mémoire

La mémoire du PIC 16F877 est divisée en 3 parties :

a) La mémoire programme

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

b) La mémoire EEPROM

La mémoire EEPROM « Electrical Erasable Programmable Read Only Memory », est mémoire de 256 octets, les données dans cette mémoire sont conservées même après une coupure de courant et elle est utile pour conserver des paramètres.

c) La mémoire RAM et organisation

La mémoire RAM est celle qui est sauvant utilisée. Toutes les données qui y sont stockées sont perdues lors d'une coupure de courant. La mémoire RAM disponible du 16F887 est de 368 octets. Elle est répartie de la manière suivante :

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

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

2.1.7. Le convertisseur CAN :

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

Notre 16F887 travaille avec un convertisseur analogique/numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits (*nous avons utilisé 8bits pour réduire la taille des données à stocker en perdant deux bits de la précision*). Le signal numérique peut donc prendre 1024 valeurs possibles. On sait que pour pouvoir numériser une grandeur, nous devons connaître la valeur minimale qu'elle peut prendre, ainsi que sa valeur maximale, Les pics considèrent par défaut que la valeur minimale correspond à leur V_{ss} d'alimentation, tandis que la valeur maximale correspond à la tension positive d'alimentation V_{dd} .

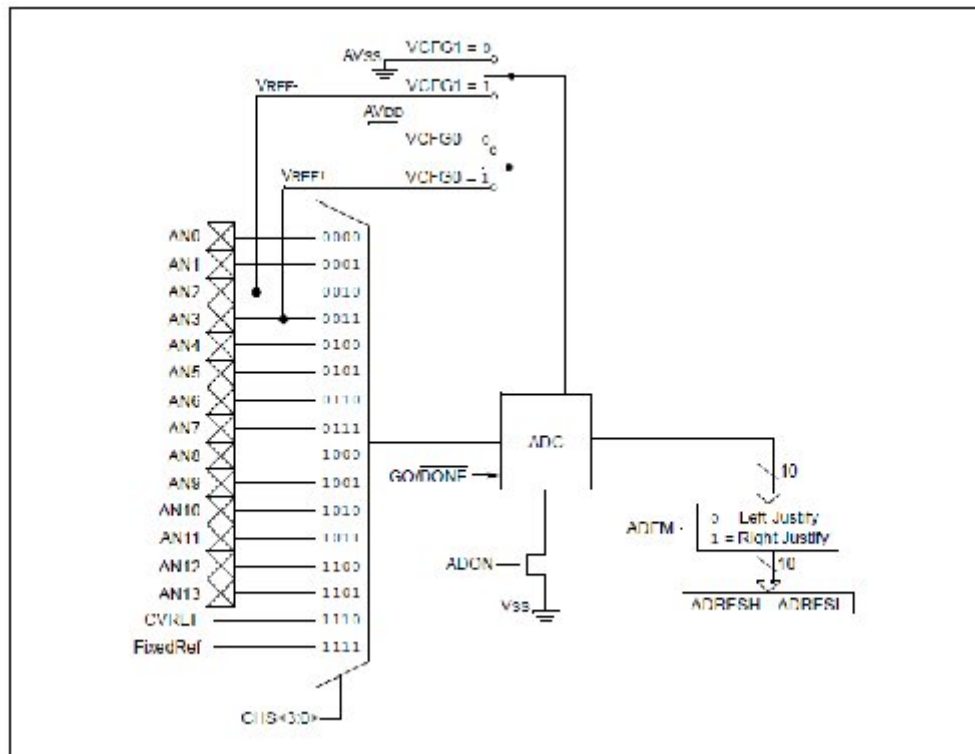


Figure (22) : bloqe de convertisseur analogique numérique (ADC). [2]

2.1.8. Temporisateurs :

Notre pic 16F887 contient 3 Temporisateurs :

- **TIMER0** : c'est un Temporisateurs de 8 bits qui peut être incrémenté par des impulsions externes via la broche « RA4/TOCKI » ou bien par l'horloge interne « Fosc/4 ».
- **TIMER1** : c'est un Temporisateurs de 16 bits qui peut être incrémenté par l'horloge interne « Fosc/4 », ou par des impulsions via le broche TICKI/RC0 ou bien par un oscillateur externe « RC ou quartz » connecté sur les broches TOSO/RC0 et TIOS1/RC1.
- **TIMER2** : c'est un Temporisateurs de 8 bits qui peut être incrémenté que par l'horloge interne.

Tous les Temporisateurs (0, 1, 2) peuvent déclencher des interruptions internes, s'ils ont été autorisés.

2.2 Mémoire de stockage des mesures.

2.2.1. EEPROM 24LC256

C'est une EEPROM (Electrically Erasable PROM) fabriquée par Microchip en associant 8 blocs série de 32k pour obtenir un bloc mémoire de 256k, elle est développée en principe pour les applications à basse consommation, cet appareil est capable de lire à la fois en mode aléatoire et en mode séquentielles, ce circuit intégré est disponible dans un package de 8 broches sous différentes formes. [3]

2.2.2. Caractéristiques du 24LC256 :

- Technologie d'économies d'énergie
 - Courant max durant l'écriture 3 mA à 5.5V.
 - Courant max durant la lecture 400 uA à 5.5V.
 - Courant consommé en veille 100 nA typiquement.
- La compatibilité avec l'interface série avec deux fils (I²C).
- La possibilité de monter en cascade jusqu'à 8 appareils.
- Cycle auto-chronométré effacement/écriture.
- Mode d'écriture page de 64 bits.
- Cycle d'écriture 5 ms.
- Protection hardware en écriture pour des zones entières.
- Un trigger de Schmitt pour la protection contre le bruit.
- 1, 000,000 cycles effacement/écriture.
- Protection contre les décharges électrostatiques > 4000V.
- Conservation des données > 200 années.
- Température de fonctionnement :
 - modèle industriel -40°C >> +85°C.
 - modèle automobile -40°C >> +125°C.[3]

2.2.3. Architecture externe

A \ Types des packages :

On a 4 types de packages :

PDIP/SOIC, TSSOP/MSOP, TSSOP, DFN

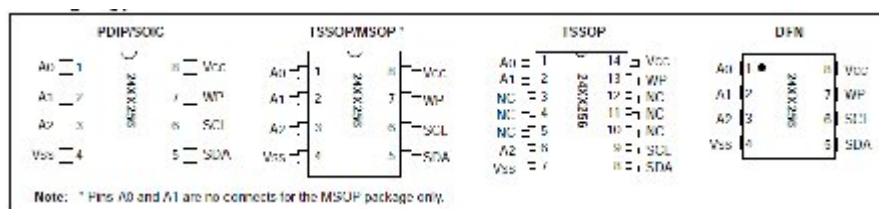


Figure (23) types de package. [3]

B \ Description des PINs :

Nom	8-pin PDIP	8-pin SOIC	8-pin TSSOP	14-pin TSSOP	8-pin MSOP	8-pin DFN	Fonction
A0	1	1	1	1	—	1	Utilise pour l'adressage de IC
A1	2	2	2	2	—	2	Utilise pour l'adressage de IC
(NC)	—	—	—	3, 4, 5	1, 2	—	pas connecte
A2	3	3	3	6	3	3	Utilise pour l'adressage de IC
VSS	4	4	4	7	4	4	GND
SDA	5	5	5	8	5	5	ligne de données bidirectionnelle
SCL	6	6	6	9	6	6	ligne d'horloge de synchronisation
(NC)	—	—	—	10, 11, 12	—	—	Pas connecte
WP	7	7	7	13	7	7	Entrée fil de protection
VCC	8	8	8	14	8	8	+1.8V >> 5.5V (24AA256) +2.5V >> 5.5V (24LC256)

Tableau (3) : Description des PINs.[3]

A0, A1, A2 : On utilise ces entrées pour valider le circuit, ce qui nous donne la possibilité de monter en cascade jusqu'à 8 circuits.

SDA : Ligne de données bidirectionnelle (Half-duplex), c'est sur cette ligne que les données, les adresses, les commandes sont véhiculées.

SCL : C'est une ligne qui sert à transmettre les impulsions d'horloge qui vont synchroniser les échanges.

VSS, VDD : Branches d'alimentation avec une plage de tension 2.5V à 5.5 V

WP : PIN de protection si WP = Vdd la protection est activée (pas de lecture pas d'écriture)

Si WP = Vss la protection est désactivée on peut écrire et lire de la mémoire. [3]

2.2.4 Architecture interne :

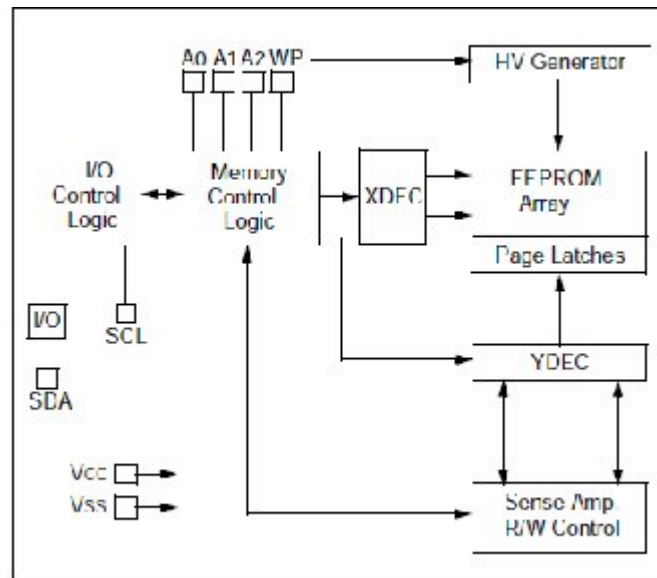


Figure (24) : architecture interne de 24LC256. [3]

2.2.5. Le type de communication utilise par l'EEPROM 24LC256 :

A. définition de protocole I2C :

I2C (Inter Integrated Circuit) est un bus de données, Conçu par Philips pour les applications d'électronique moderne, il permet de relier facilement un microprocesseur à des différents circuits, Il existe plusieurs périphériques exploitant ce bus, il est même intégrable par logiciel dans n'importe quel microcontrôleur. Le poids de l'industrie de l'électronique grand public a permis des prix très bas grâce à ces nombreux composants. [4]

B. La topologie du Protocol I2C :

Les échanges ont toujours lieu entre un seul maître et un ou plusieurs esclaves, toujours à l'initiative du maître. Mais un composant peut passer du statut de maître à esclave et réciproquement.

La connexion est réalisée par l'intermédiaire de 2 lignes :

- SDA (Serial Data Line) : ligne de données bidirectionnelle.
- SCL (Serial Clock Line) : ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle.

Les 2 lignes sont reliées à la tension V_{DD} à travers des résistances de tirages.

Le nombre maximal d'équipements est limité par le nombre d'adresses disponibles, alors 7 bits pour l'adressage et un bit pour définir si on écrit ou on lit, soit $2^7 = 128$ périphériques, mais il dépend aussi de la capacité du bus. [4]

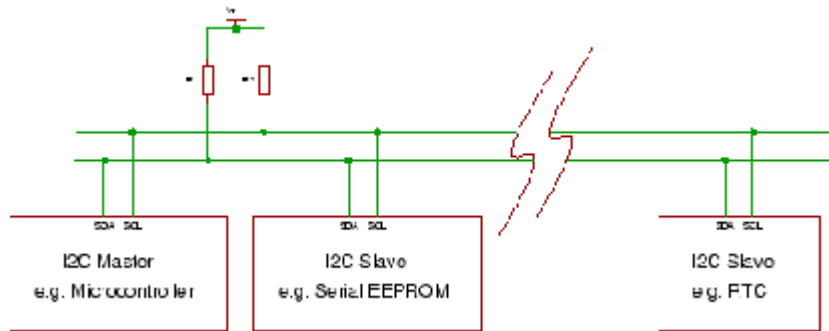


Figure (25) : Topologie de bus I2C [5]

C. Les différentes formes de dialogue dans le Protocol i2c :

C.1 / Condition de START :

Cette condition est utilisée par le maître pour signifier le début d'une trame. Elle est caractérisée par le passage de la ligne SDA du niveau « Haut » au niveau « Bas » pendant que la ligne « SCL » est maintenue au niveau « haut »

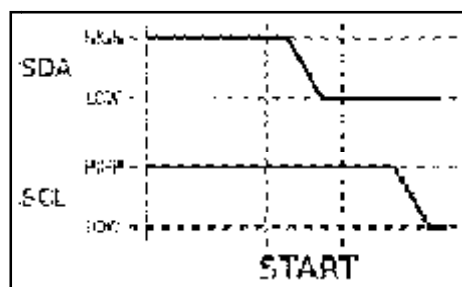


Figure (26) : Condition START [4]

C.2 / Acquiescement

Le récepteur positionne le bit d'acquiescement à :

- « ACK », en forçant la ligne SDA au niveau « bas », pour signaler la bonne réception de l'octet, équivalent à un bit à 0,

- « NACK », en laissant la ligne SDA au niveau « haut », pour signaler un défaut dans la réception de l'octet, équivalent à un bit à 1.

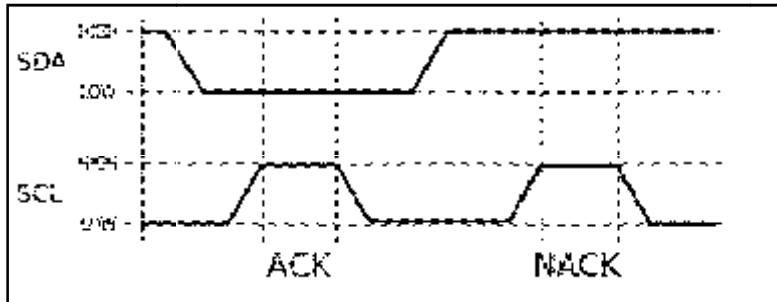


Figure (27) : condition d'Acquittement [4]

C.3 / Condition Pause

L'esclave peut à tout moment « bloquer » la ligne SCL au niveau « bas » pour signaler qu'il est occupé.

Lorsque l'esclave est à nouveau prêt, il libère la ligne SCL et celle-ci prend alors immédiatement le niveau « haut », et le cycle reprend.

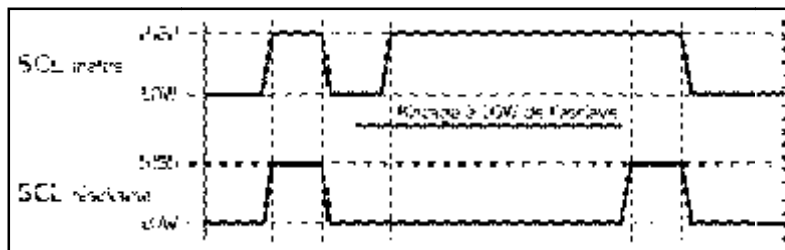


Figure (28) : Condition Pause [4]

C.4 / Condition de RESTART

C'est une condition qui est utilisée par le maître pour signifier le début d'une nouvelle trame dès la fin de la trame précédente sans passer par une condition de STOP.

Cette condition est similaire à la condition START, mais cela près que la ligne SCL doit d'abord passer du niveau « bas » au niveau « haut ».

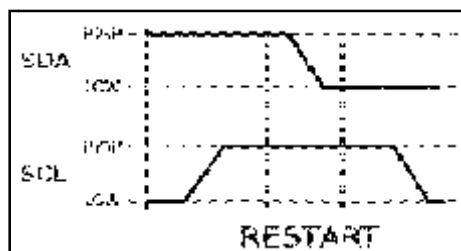


Figure (29) : Condition Restart [4]

C.5 / Condition Stop :

C'est une condition qui est utilisée par le maître pour signifier la fin d'une trame.

Cette condition est caractérisée par le passage de la ligne SDA du niveau « bas » au niveau « haut » pendant que la ligne SCL est maintenue au niveau « haut ».

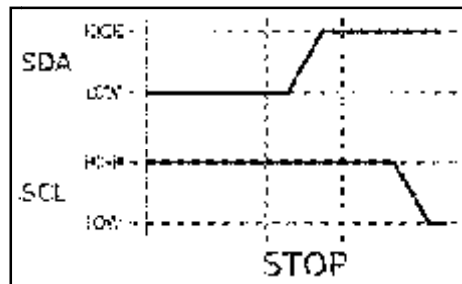


Figure (30) : Condition Stop. [4]

D / Présentation de la trame de la lecture d'une EEPROM :

Elle contient 5 octets :

- On commence toujours par une condition START.
- L'octet de contrôle (écriture) qui est représenté dans la figure ()

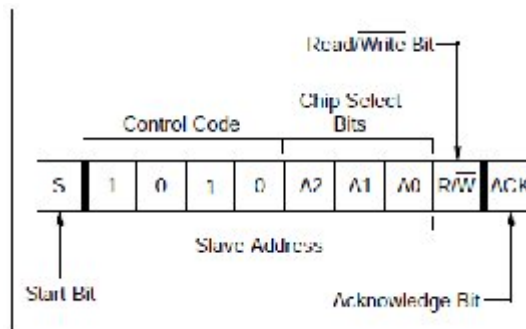


Figure (31) : l'octet de contrôle dans le protocole I2C [3]

- Condition d'Acquittement.
- La partie MSB de l'adresse de l'octet qu'on va lire.
- Condition d'Acquittement.
- La partie LSB de l'adresse de l'octet qu'on va lire.

- Condition d'Acquittement.
- condition START.
- Octet de contrôle (lecteur).
- Condition d'Acquittement.
- L'EEPROM va envoyer l'octet demande.
- Condition STOP.

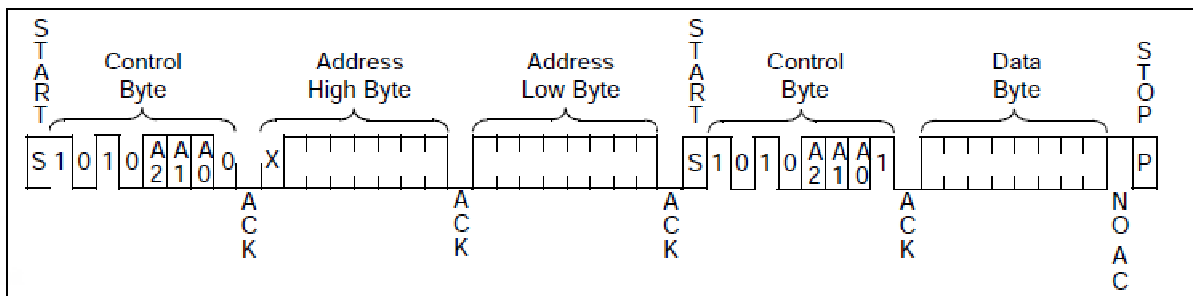


Figure (32) : trame de lecture d'une EEPROM dans le protocole I2C. [3]

E / Présentation de la trame d'écriture sur une EEPROM :

Cette trame contient 4 octets

- Condition Start.
- Octet de contrôle (écriture).
- Condition d'Acquittement.
- La partie MSB de l'adresse de l'octet qu'on va lire.
- Condition d'Acquittement.
- La partie LSB de l'adresse de l'octet qu'on va lire.
- Condition d'Acquittement.
- l'octet qu'on veut écrire.

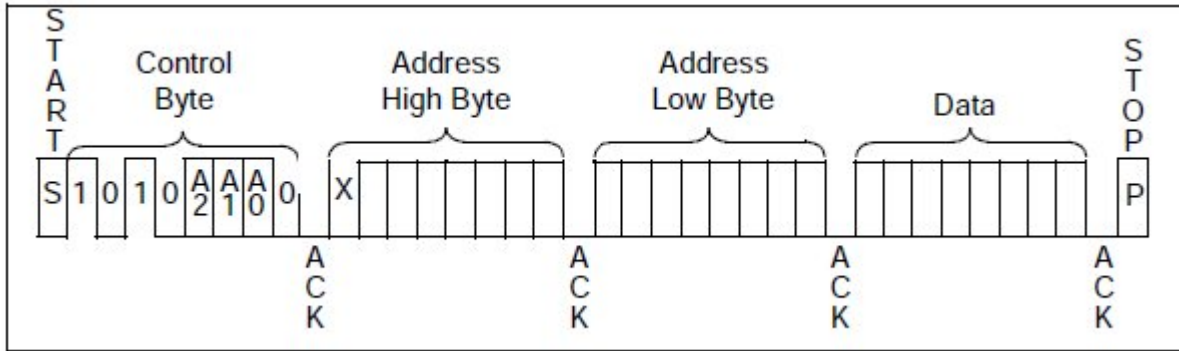


Figure (33) : trame d'écriture d'une EEPROM dans le protocole I2C. [3]

2.3. La cellule solaire :

2.3.1. La cellule solaire Il sert à quoi :

La cellule solaire est l'unité de base d'un système photovoltaïque, qui sert à transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique grâce au phénomène photovoltaïque.

La puissance d'une cellule solaire est très faible typiquement entre 1 à 3 W avec une tension moins d'un volt, La connexion en série de plusieurs cellules augmente la tension pour le même courant, et la mise en parallèle augmente le courant en conservant la tension, et donc la puissance produite sera proportionnelle à la surface du module (panneau).

2.3.2. Principe de fonctionnement (L'effet photovoltaïque) :

L'effet photovoltaïque désigne l'émission d'un courant électrique par un matériau semi-conducteur, soumis à l'action de la lumière. Le nombre d'électrons émis est proportionnel à l'intensité de la source lumineuse.

Dans le semi-conducteur qui compose les cellules photovoltaïques, un photon arrache un électron, créant un passage un « trou » (ou trou d'électron). L'électron se replace alors dans un nouveau trou : ce mouvement dissipe de l'énergie. Comme dans une pile, il existe une tension entre les deux couches d'une cellule photovoltaïque, ce qui crée une différence de potentiel électrique.

Afin d'augmenter la conductivité des semi-conducteurs, on "dope" le matériau par ajout de traces (env.1 atome pour 1 million) d'un autre élément qui présentent par rapport au semi-conducteur soit un électron en plus (dopage N négatif) soit un électron en moins (dopage P positif). Dans le cas du photovoltaïque, la couche supérieure de la cellule est dopée N et la couche inférieure est dopée P. [6]

2.3.3 - Les différents types de cellule :

2.3.3.1- Cellules en silicium :

Les cellules en silicium sont actuellement à la base de 98 % de production PV et elles sont faites à partir des plaquettes en silicium cristallin (c-Si), dont le gap est de 1 eV, et on distingue trois catégories :

A / le silicium monocristallin (mc-Si) :

C'est le type le plus cher avec un rendement très élevé auprès de 25%, avec des modules commerciaux présentant des rendements de 15 % à 19 %.

B / silicium poly-cristallin (pc-Si) :

Appelée aussi cellule en silicium multi cristallin, ce sont des cellules avec un rendement qui peut aller jusqu'à 20.4 %, et avec des modules commerciaux de rendement de 12% à 18%.

C / silicium amorphe (a-Si):

Ces cellules sont fabriquées à l'aide de la technologie des couches minces et avec une épaisseur de l'ordre de micro, elles sont les moins chères mais avec un rendement de 6 % à 7 %.

2.3.3.2. Les cellules à base de CIS et CdTe :

Les recherches se sont aussi portées vers d'autres matériaux mieux adaptés à une utilisation en couches minces tout en délivrant de hauts rendements.

A / les cellules basées sur le tellure de cadmium (CdTe) :

Le CdTe est une forme particulière du silicium, les cellules à base de ce matériau ont un rendement de 16,7 %.

B / les cellules en CIS :

C'est des cellules à base de l'alliage Cu (In,Ga)Se₂, (cuivre indium/gallium sélénium noté CIGS) appelée filière CIS, ont un rendement de 20 % . [7]

2.3.3.3. Les cellules à concentrateur :

C'est des cellules qui sont placées sur des supports mobiles à fine d'être tout le temps positionnées au soleil, elles sont placées dans un foyer optique pour concentrer la lumière, leur rendement de l'ordre de 20% à 30%. [8]

2.3.3.4. Les cellules organiques :

Elles sont faites à base d'un semi-conducteur organique déposés sur des plaques en verre ou en plastique leur rendement est de l'ordre de 5% à 10%. [8]

2.3.3.5. Les cellules multi-jonction :

Elles sont composées de différentes couches qui permettent de convertir des différentes parties du spectre solaire afin d'obtenir un rendement très élevé 41.6%. [9]

2.3.3.6. Cellule Grätzel (dye-sensitized) :

Une cellule Grätzel est un système photo électrochimique inspiré de la photosynthèse végétale, Elle est également appelée cellule à pigment photosensible et souvent désignée par son appellation en anglais : dye-sensitized solar cell, DSSc, DSC, DYSC. Elle a été nommée ainsi en référence à son concepteur Michael Grätzel, leur rendement est de 11.1% [9]

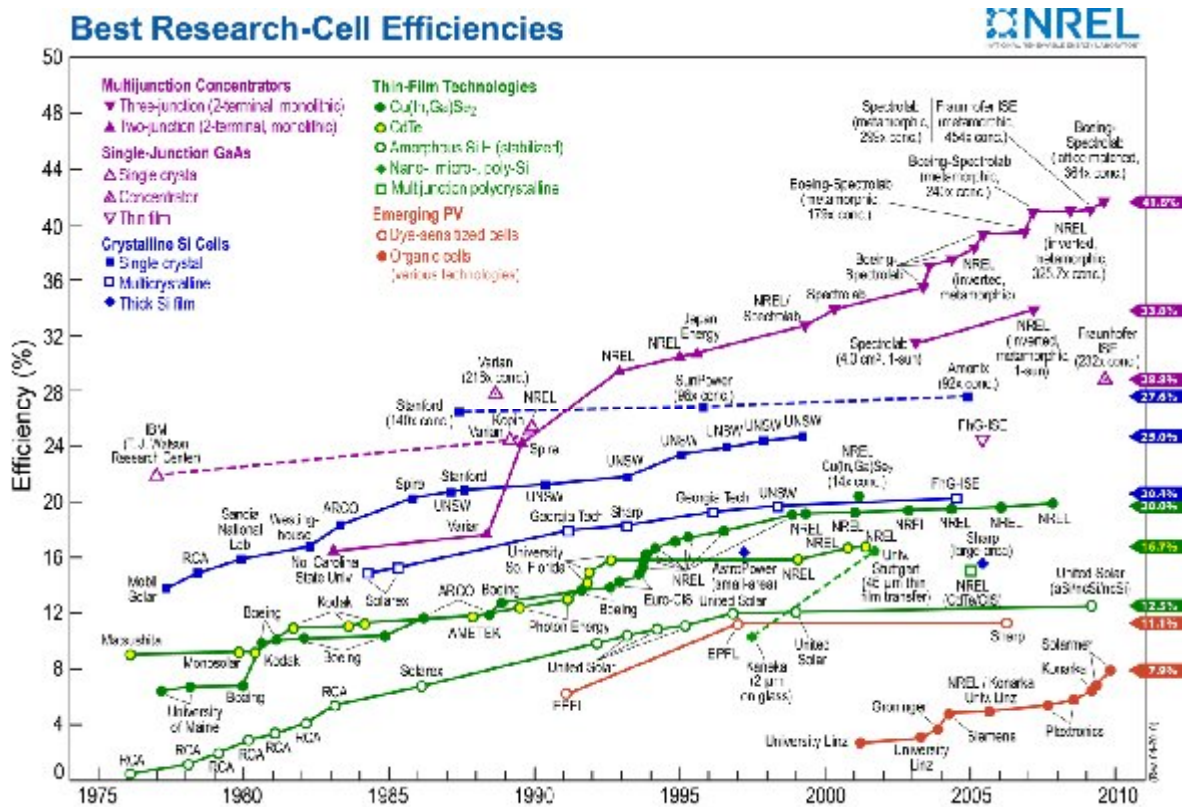


Figure (34) : Progression des rendements des cellules solaire [9]

2.4. Photo résistance

2.4.1. Définition d'une Photorésistance (LDR, Cds):

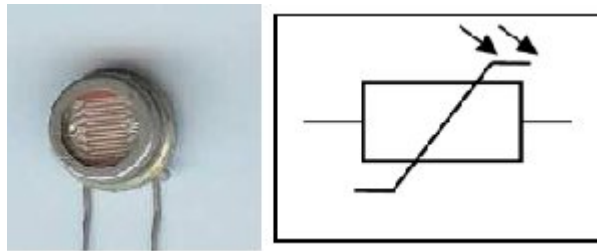


Figure (35) : photo et symbole d'une photo résistance.

La photo résistance LDR (Light Dependant Resistor) est une résistance particulière, fabrique à base de sulfure de cadmium(Cds), ou la valeur de sa résistance varie en fonction de l'intensité de la lumière. La valeur de cette résistance diminue quand l'intensité de la luminosité augmente et vice-versa, elle peut varier de quelques Mégohms dans l'obscurité à quelques centaines d'ohms en pleine luminosité. Le temps de réponse de ses résistances est moyen, elles sont remplacée par des éléments plus rapides, telle la photo diode ou le phototransistor.

2.4.2. Principe de fonctionnement :

C'est une résistance en semi-conducteur a haut résistivité, avec une résistivité qui change en fonction de l'intensité de la lumière, si on expose cette résistance a la lumière et que la longueur d'onde de la lumière inférieure à la longueur d'onde seuil , des électrons passe de la couche de valence a la couche de conduction ce qui réduit la résistivité de notre matériaux.

La sensibilité dépend de la fréquence de la radiation lumineuse : par exemple, le sulfure de cadmium a un maximum de sensibilité dans le spectre de la lumière visible aux environs de 650nm, d'autres matériaux comme le sulfure de plomb sont plutôt utilisés dans l'infrarouge (>670nm).

La résistivité de LDR est inversement proportionnelle à la lumière reçue : Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand et la résistance sera plus faible, en tenant compte de la sensibilité spectrale. [10]

2.5. Machine à courant continu

2.5.1. Définition :

Les machines à courant continu sont des convertisseurs électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une source électrique et un dispositif mécanique, le courant utilise dans le sens électrique => mécanique est continu et dans l'autre sens le courant génère est un courant alternative.

2.5.2. Le principe de fonctionnement

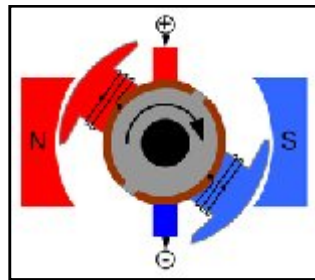


Figure (36) : Représentation schématique d'une machine à courant continu bipolaire. [11]

L'inducteur (le stator) crée un champ magnétique fixe B . Ce stator peut être un aimants permanents ou un électro-aimant.

L'induit (ou rotor) porte un bobinage parcourus par un courant continu (alimentation du moteur), les spires de bobinage, soumises à des forces (forces de Laplace), entraînent la rotation du rotor.

Cette rotation engendre une variation du flux du champ magnétique à travers chaque spire, ce qui crée une f.é.m. qui sera redressée par l'ensemble {collecteur + balais}.

La valeur moyenne E de cette f.é.m. est proportionnelle à la vitesse angulaire de rotation Ω du rotor.

$$E = K \cdot \Phi \cdot \Omega \text{ [V]}$$

K : la constant de la machine.

Φ : le flux du champ magnétique créé par l'inducteur à travers une spire

$\Phi = B \cdot S$ Wb (webers).

Ω : est la vitesse angulaire de rotation $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$. [11]

CONCLUSION

L'utilisation d'un système embarqué pour capter le rayonnement du soleil dans le ciel ensuite l'enregistrer (stocker dans une mémoire), nous permet d'avoir l'historique du rayonnement solaire durant une période ce qu'est très important dans le dimensionnement d'un système photovoltaïque.

Pour pouvoir capter le maximum de la puissance de rayonnement notre système embarqué peut guider un champ photovoltaïque en temps réel, il peut aussi enregistrer les tensions des cellules utilisées pour faire des cartes de rayonnement en fonction des dates.

Notre système embarqué utilise un seul micro contrôleur à basse consommation, et avec un système de chargement de batterie on peut avoir un système embarqué énergétiquement indépendant.

INTRODUCTION

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent le pic est un micro contrôleur programmable de Micro chip, et on peut le programmer plusieurs fois. La programmation des pic se fait en langage assembleur ou en langage c on utilise des éditeurs de code soit gratuit comme « MPLab » en assembleur, ou bien payant comme « mikroC for pic », « pic c » en langage « c ».

Ces éditeurs de programme après compilation nous génèrent un fichier « nom.hex » en langage machine que nous allons copier sur la mémoire du pic on utilisant des programmeurs, comme (Data Man, Pick kit 1, 2 ou 3).

Dans ce chapitre nous allons expliquer les différentes étapes à suivre pour programmer notre pic.

2. éditeur de programme:

Pour la programmation de notre pic on va utiliser « **mikroC for pic** » version 6.0.0



Figure (37) : informations sur mikroC PRO for PIC

Ce programme nous donne la possibilité d'écrire notre code source en langage « c » et de bénéficier d'un environnement de programmation avancé *IDE* (Integrated Development Environment) et d'un vaste ensemble de bibliothèques, il contient aussi une documentation complète et plusieurs exemples.

Le compilateur mikroC for PIC bénéficie de plusieurs outils comme mode simulateur, terminal de communication Ethernet, terminal de communication USB, gestionnaire pour afficheurs 7 segments, analyseur statistique, correcteur d'erreurs, explorateur de codes, mode Débug ICD. Avec une compatibilité avec la plupart des périphériques rencontrés dans

l'industrie comme Bus I2C™, 1Wire™, SPI™, RS485, Bus CAN™, USB, gestion de cartes compact Flash et SD™/MMCTM, génération de signaux PWM, afficheurs LCD alphanumériques et graphiques ainsi que des afficheurs LEDs à 7 segments.

La version que avons utilisé est une version PRO (Professional) qui est une version améliorée avec un cycle de compilation plus rapide, un code machine généré plus compact (jusqu'à 40 % suivant les cas), supportée par les nouveaux PIC, son environnement de développement encore plus ergonomique, et possède de nouveaux exemples d'applications.[1]

2.1. Etapes à suivre pour écrire un programme sous mikroC for pic :

2.1.1. Création d'un nouveaux Project :

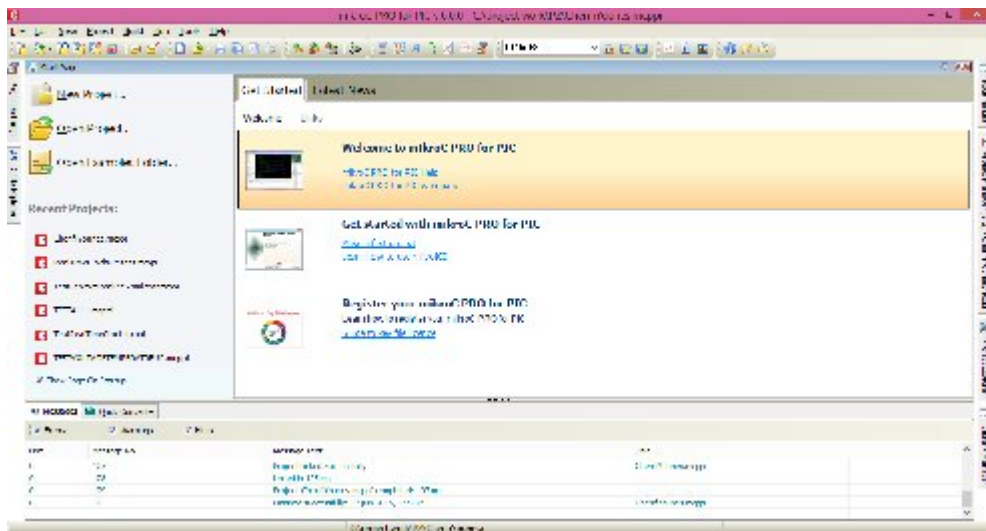


Figure (38) : page d'accueil

Pour crée un nouveau projet on clique sur « New Project »



Figure (39) : création de projet étape 2

On clique sur « Next »

On clique sur « Next »

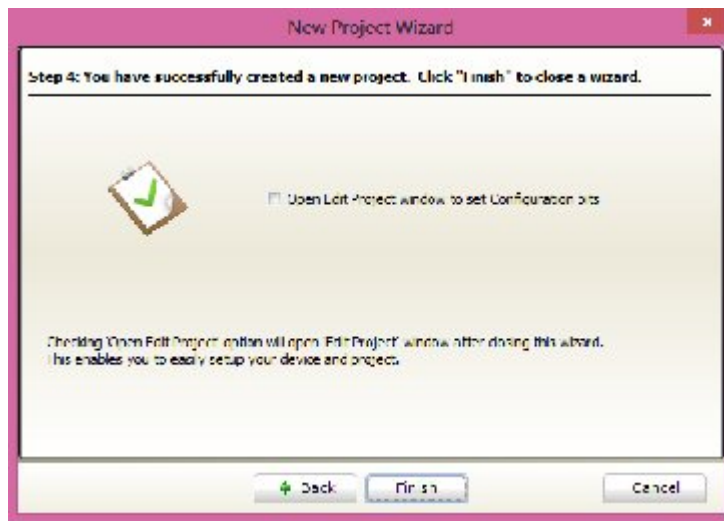


Figure (43) : création de projet étape 6

On clique sur « Next » et on arrive à la page principale où on va écrire et compiler notre programme

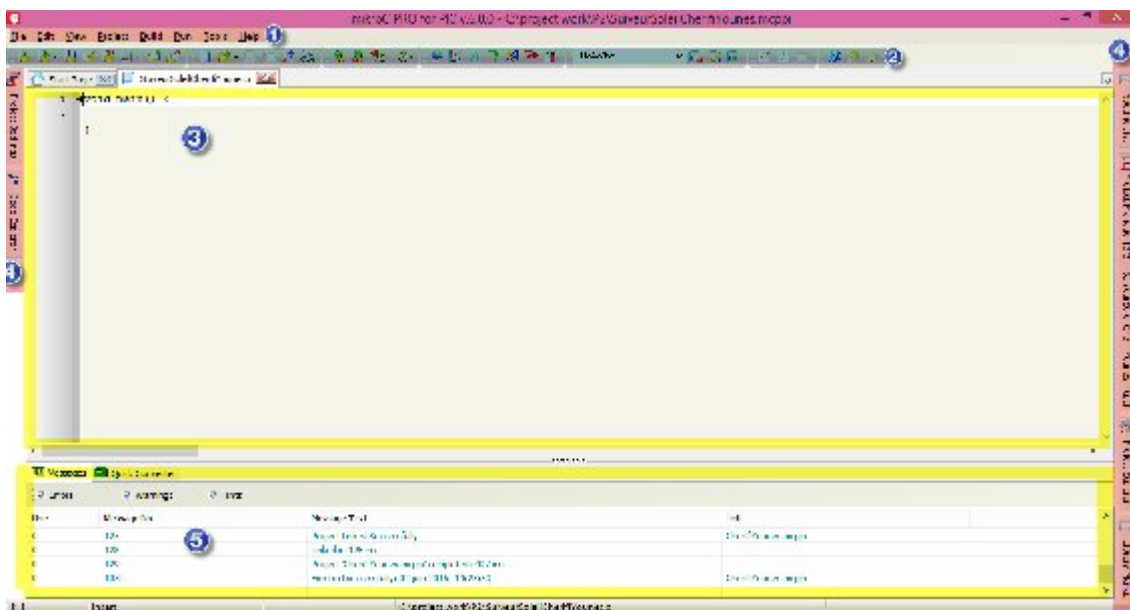



Figure (44) : page de programmation principale.

Sur cette page on trouve :

- 1 : la barre des menus.
- 2 : la barre des outils.
- 3 : la zone où on va écrire notre programme.
- 4 : la barre des outils latérale
- 5 : la fenêtre des erreurs.

2.1.2. Ecriture et compilation d'un programme :

Après avoir écrit le programme dans la zone « 4 » on doit le compiler pour générer le fichier nom.hex. La compilation se fait en cliquant sur build «  » dans la barre d'outils ou bien en cliquant sur « Ctrl + F9 ».

S'il n'y a pas d'erreurs dans la syntaxe du programme le fichier nom.hex sera créé dans l'emplacement des fichiers de notre Project que nous avons déclaré précédemment.

2.2. Ecriture du programme

Le programme que nous avons écrit est réparti en 4 zones :

1/ déclaration des variables et des constantes globale aussi les PINs des protocoles des connexions utilisées.

2/ les fonctions que nous allons utiliser :

- La fonction d'affichage sur l'écran LCD.
- La fonction d'initialisation de la mémoire.
- La fonction de lecture et écriture dans la mémoire EEPROM.
- La fonction de sauvegarde des données.

3/ la fonction d'interruption.

- Interruption INT de PORTB.RB0 : incrémentation ou décrémentation de la variable de la position « ANG ».
- Interruption en changement d'état des PINs :
 - PORTB7 : affichage sur l'écran LCD
 - PORTB6 : réveil et mise en veille de system.
 - PORTB5 : Formatage et préparation de l'EEPROM.
- Interruption de timer0 : sauvegarde des données.

4/ fonction void main (){}
Où on trouve une partie de déclaration des variables locales et la boucle sans fin « while (1) ».

2.2.1. Le principe d'exécution de programme :

Dans notre système embarqué on a un ensemble de capteurs chaque un à une fonction bien précis

- Le capteur principale (capteur de position): c'est un système compose deux cellules solaire P1 et P2 place sur deux plant perpendiculaire l'un sur l'autre et incline vers le sud de 35°, leur principe de fonction, est que la tension des deux cellules est la même seulement si le capteur est oriente directement vers le soleil. Et si les tensions sont différence ça signifié qu'on n'est pas à la bonne position alors le micro contrôleur va faire actionner un moteur qui va tourne le capteur jusqu'a se qu'il trouve la bonne position.

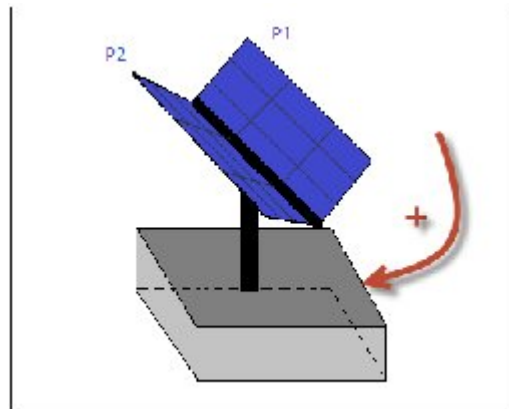


Figure (45) : le capteur de position

- Les capteurs LDR :

Le capteur LDR est une photo résistance qui va détecter la présence de lumière ensuite le micro contrôleur va utiliser ces données pour gère le système.

Nous allons utilise deux capteur LDR chaque un a une fonction précis et indépendante.

- La détection de lève de soleil (la mise en veille et le réveille)
- La création des interruptions qui seront compte par le micro contrôleurs.

2.2.2. Le programme :

Notre programme est composé en deux sous programme :

A. le programme principale (void main () {}) :

Cette partie consiste à lire les valeurs des entrées analogiques AN8 et AN9 correspondant aux tensions des deux cellules solaires photovoltaïques P1 et P2, les comparer à fin et trouver

le sens de rotation du moteur. Ces valeurs sont tout le temps actualisées à fin de détecter la variation de la position du soleil et chercher l'égalité des deux tensions par la rotation du moteur, ce qui correspond alors à un suiveur.

Si la valeur de $AN8 > AN9$ alors la rotation va se faire dans le sens positif.

Si la valeur de $AN8 < AN9$ alors la rotation va se faire dans le sens négatif.

Mais si la valeur de $AN8 = AN9$ alors on est a la bonne position pas de mouvement.

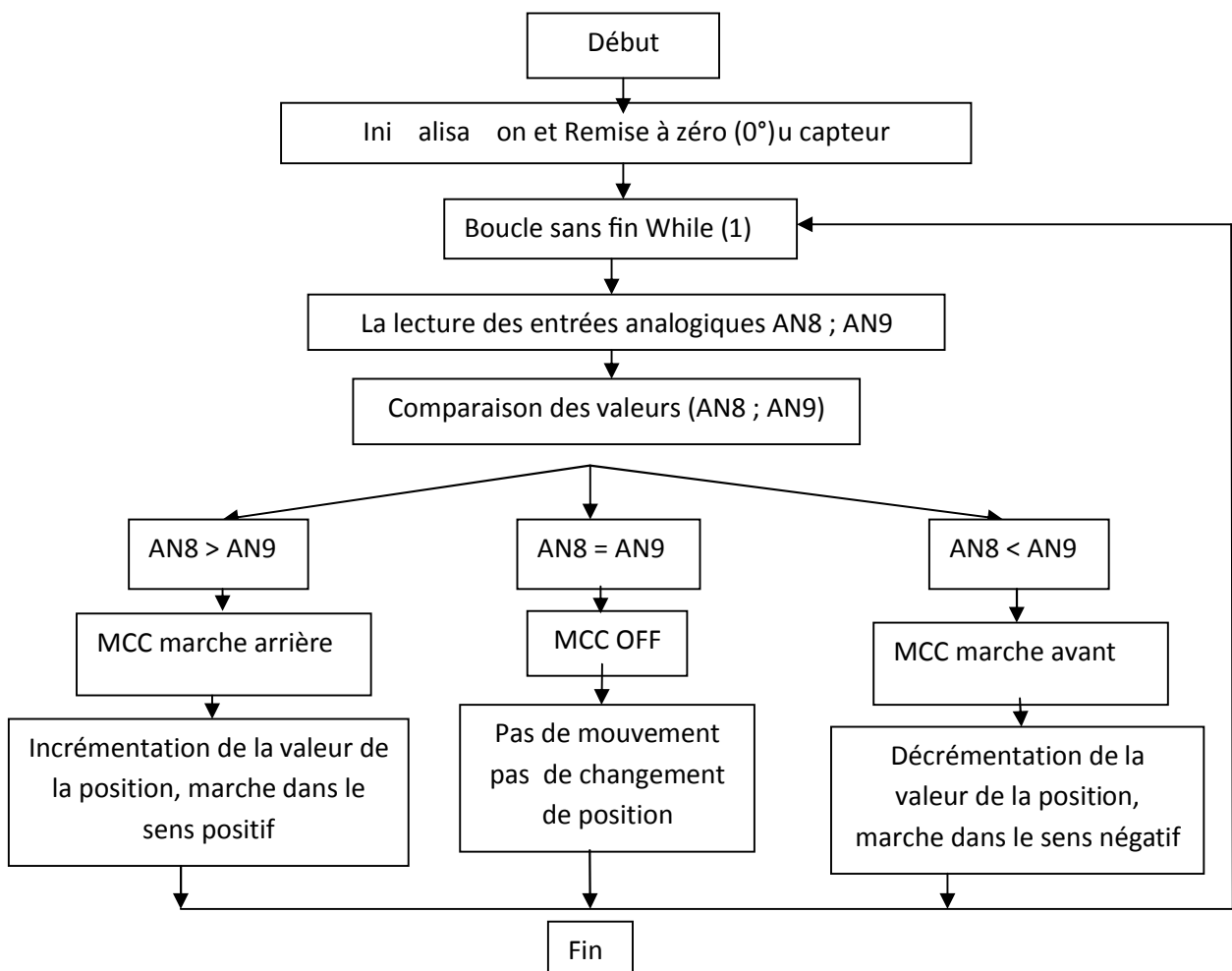
Durant la rotation du moteur un circuit électronique déclenche un ensemble d'impulsions, qui seront comptées par le micro contrôleur, le nombre est multiplié par un facteur pour trouver la position de ce capteur qui correspond à la position du soleil dans le ciel.

B. Le programme d'interruptions (interrupt () {}):

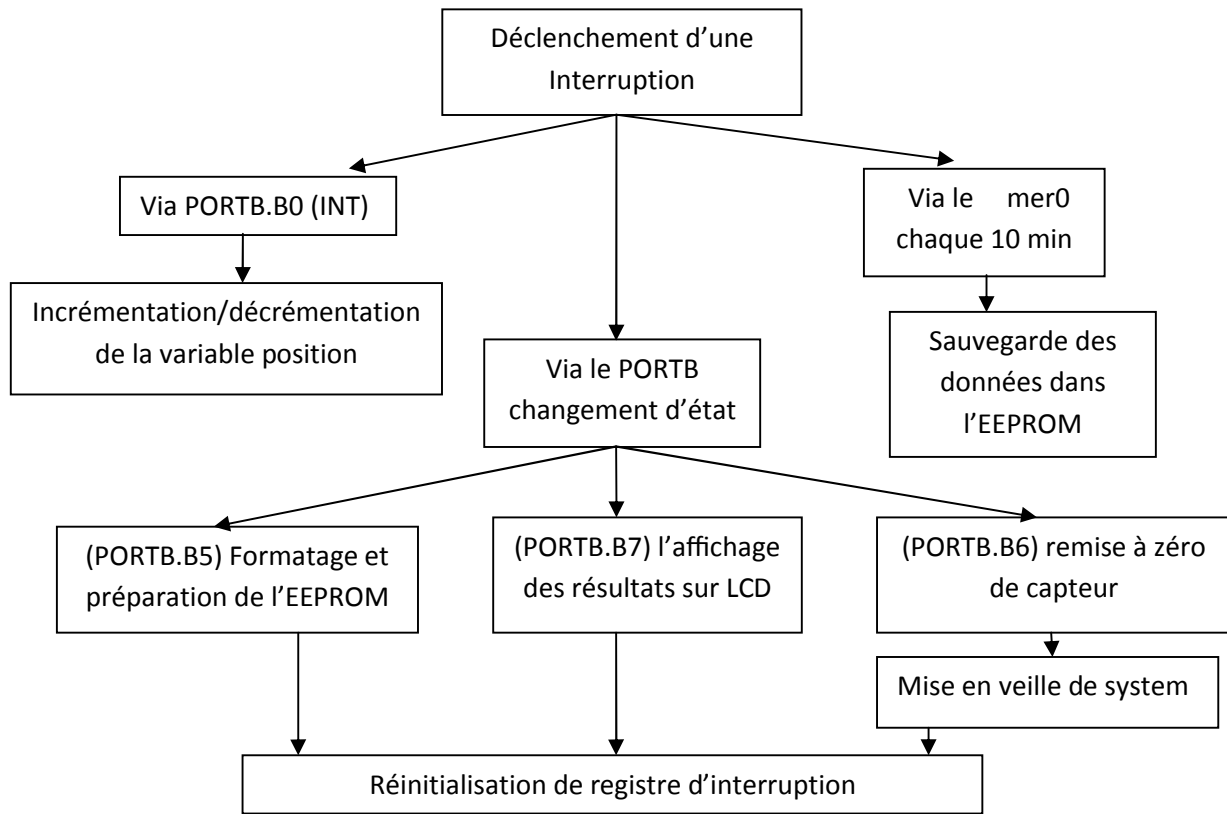
Cette partie gère les interruptions qui viennent des différentes branches (PORTB " 0, 5, 6, 7 ") et périphériques du micro contrôleur (timer0).

2.2.3. L'organigramme de programme :

A. Organigramme de programme principal (void main () {})



B. Organigramme de programme des interruptions (interrupt {}):



3. programmeur de pic

3.1. Le programmeur utilisé pour le chargement de programme vers le micro contrôleur :

Le programmeur est un équipement intermédiaire relié entre l'ordinateur et le micro contrôleur, ça fonction principale est de lire ou écrire sur la mémoire de micro contrôleur.

Nous avons utilisé un programmeur universel de type **ChipMax 2**.



Figure (46) : le programmeur ChipMax 2

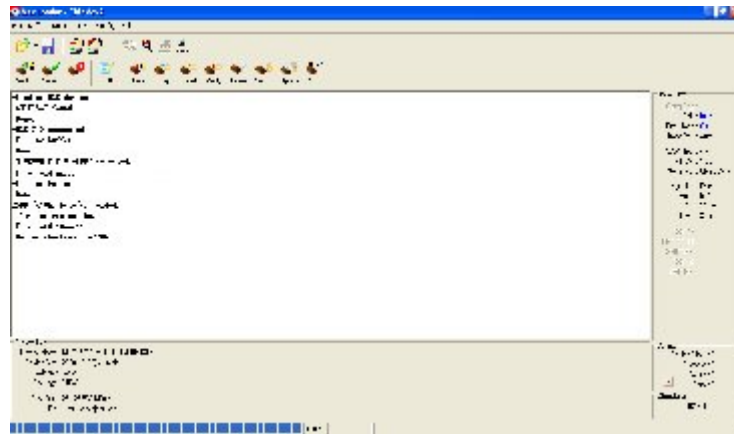


Figure (47) : page principal de programme associer au programmeur (max loader).

3.1. Sélectionner le type de micro contrôleur utilisé

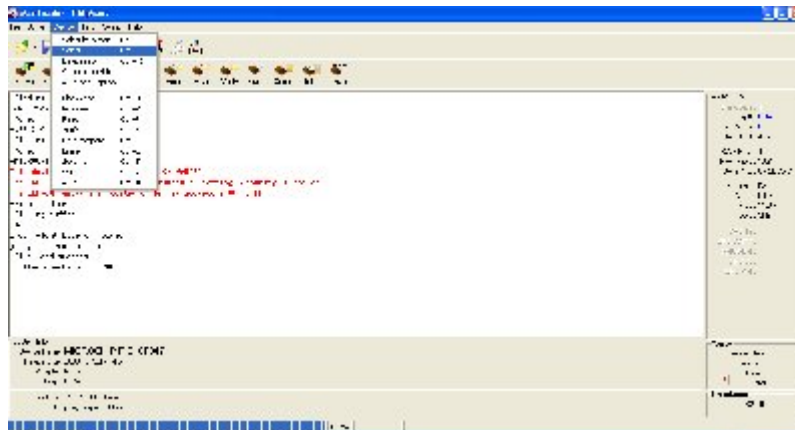


Figure (48) : sélectionné le type de micro contrôleur.

Dans la barre des menus on clique sur « device » ensuite « select » pour avoir une fenêtre qui est représentée dans la figure (49).

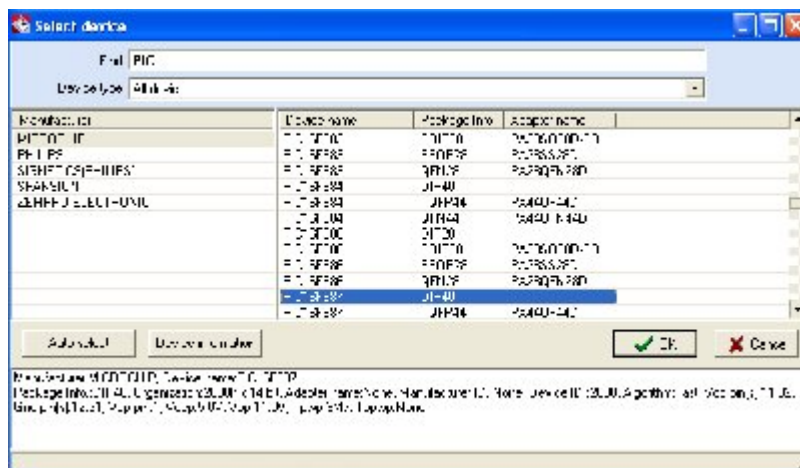





Figure (49) : liste des dispositifs compatible.

La fenêtre de la figure 49 contient une liste des fabricants et une autre des références des composants compatibles et programmable par le ChipMax 2.

On sélectionne MicroChip ensuite PIC 16F887 et on clique sur OK.

3.2. Chargement de fichier « nom.hex » (le programme du pic) :

Avant de charger le programme sur le micro contrôleur on doit effacer et vider sa mémoire on cliquant sur (erase) «  » ensuite sur (blank) «  » dans la barre des outils.

Pour le chargement de fichier **nom.hex** on clique sur (Open) «  » dans la barre des outils pour ouvrir une fenêtre.

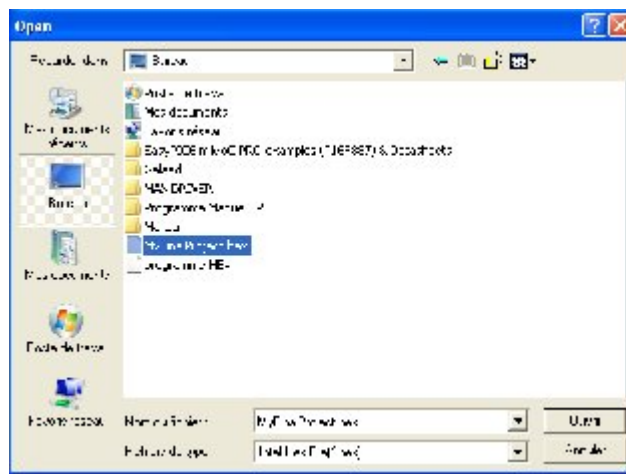




Figure (50) : fenêtre d'emplacement des fichiers

Dans cette fenêtre nous allons à l'emplacement du fichier du programme nom.hex, et on clique deux fois dessus.

3.3. Le chargement de fichier (*.hex) vers le micro contrôleur

Le chargement s'effectue seulement on cliquant sur (prog) «  » dans la barre des outils

Après avoir chargé le programme nous pouvons le vérifier dans le micro contrôleur on cliquant sur (verify) «  ».

Nous pouvons aussi utiliser les raccourcis du clavier dans la figure () pour les fonctions précédentes.

Blank check	Ctrl+N
Program	Ctrl+P
Read	Ctrl+R
Verify	Ctrl+V
Blank compare	Ctrl+H
Erase	Ctrl+E
Security	Ctrl+S
Options	Ctrl+O
Auto	Ctrl+A

Figure (51) : listes des raccourcis

S’il n’y a pas d’erreurs on aura le message de figure (52), qui veut dire que le micro contrôleur est programmé correctement.

```

Erase ok.
Blank check ok.
Program ok.
Verification ok.
Security ok.
-----> 0.14 Sec.
    
```

Figure (52) : message de fin de programmation sans erreurs.

Conclusion

Durant la programmation du pic avec « MikroC for pic » le programme peut détecter les erreurs de syntaxes mais pas les erreurs de raisonnement, ça veut dire que si on fait une erreur dans un coefficient ou bien dans un calcul, le compilateur va la surpasser (pas d’erreurs).

Même si on a écrit un programme sans erreurs de syntaxes, il est essentiel d’effectuer un test réel pour détecter les erreurs dans notre raisonnement, ce test peut être effectué par une simulation dans un programme de simulation sur ordinateur ou bien sur une carte électronique d’essai.

Introduction

Une carte électronique est un ensemble de composants réunis sur une plaque et liés électriquement de manière à former un circuit pouvant accomplir une ou plusieurs fonctions. Le logiciel de simulation Proteus est un outil puissant pour la simulation du fonctionnement de cartes électroniques. C'est ainsi que nous avons utilisé ce logiciel pour la conception et ensuite la simulation de la carte destinée à contrôler le système de suiveur du soleil. La réalisation pratique est alors possible une fois que la simulation sur Proteus ai donnée des résultats satisfaisants

Nous allons, dans ce chapitre, illustrer les différentes étapes de fabrication de notre maquette, on commençant par la conception sur ordinateur du circuit électronique, la préparation du circuit imprimé et la mise en place et la soudure des composants ainsi qu'une simulation du circuit sur le logiciel de simulation « Proteus 8.1 ».

2 - La conception sur ordinateur :

Durant cette partie on va utilise le programme « Proteus Design Suite 8.1 ».



Figure (53) : informations sur « Proteus Design Suite ».

2.1. Réalisation du schéma électrique avec « Proteus isis » :

La première étape est la conception du circuit de la carte avec la riche bibliothèque des composants que possède Proteus. Les simulations numériques des différents blocs et différentes fonctions de notre circuit électrique est ensuite réalisées.

La figure 54 présente le schéma global du circuit électronique de notre système comme dessiné sur le logiciel « isis » de « Proteus ». Le circuit imprimé est ensuite proposé par le même logiciel sur sa partie « Ares » avec laquelle on peut choisir une des propositions du circuit imprimé qu'il nous fourni après le choix des dimensions de notre carte et autres paramètres (routage manuels/automatique, emplacement des composants, ...)

2.2. La simulation :

Dans la figure 54 nous présentons le circuit électronique que nous avons utilisé pour faire la simulation. Nous avons utilisé différents générateurs de signaux pour simuler les différentes fonctions, les résultats de simulations sont donnés dans les figures (54, 55, 56, 58)

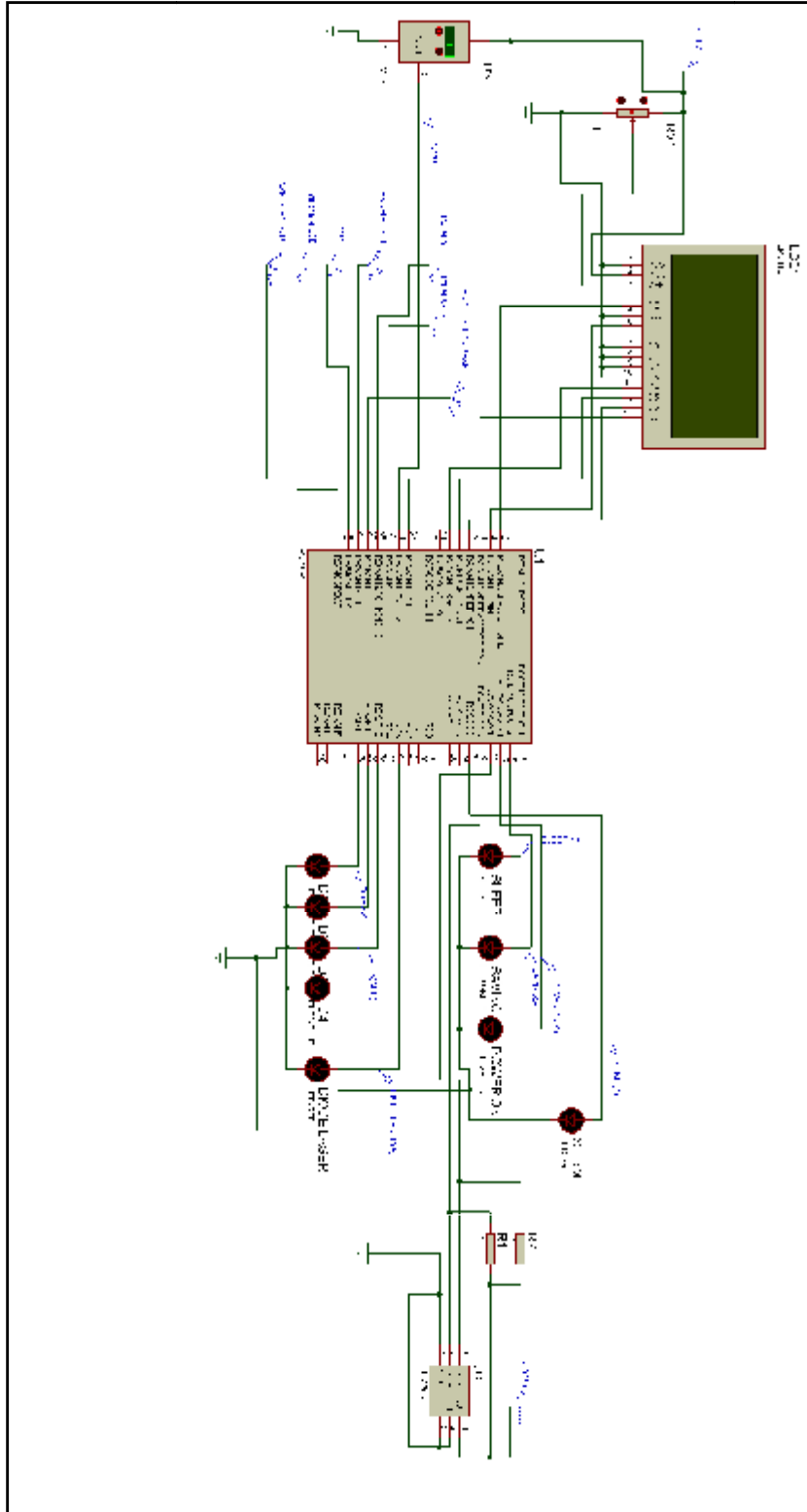


Figure (54) : schéma utilisé pour la simulation.

2.2.1. Les générateurs de signaux utilisés :

- **P2 AN9 et P1 AN8** : les deux tensions issu des deux panneaux solaire capter les entres analogique AN8 et AN9.
- **INT LASER /PHOTO R** : le signale contenant les impulsions pour le comptage de la position.
- **U3 (Vout)**: Le signale a la sortie du capteur thermique LM 35.
- **Affichage LCD** : les signale qui déclenche l'affichage des données sur l'afficheur LCD.
- **Wake** : le signale qui active ou désactive le Mode en veille.
- **EEPROM RESET** : le signal qui déclenche le formatage de l'EEPROM.
- **END POSITION RESET** : C'est le signale qui dit au micro contrôleur que le capteur est arrivé à la position initiale.

2.2.2. Affichage des résultats :

Pour l'affichage des résultats on a utilisé des LED avec des capteurs de tension pour pouvoir visualiser ses résultats sur l'oscilloscope de Proteus.

Même pour le moteur MCC au lieu d'utiliser de transistors (fet) on a utilisé des LED pour voir directement les résultats.

- LED de signalisation (power on): cette LED s'allume quant le système est en marche.
- LED de signalisation (saving): cette LED s'allume durant l'enregistrement des données sur l'EEPROM.
- LED de notification (sleep): cette LED s'allume quant les system est en veille.
- LED de notification (SE RM): cette LED s'allume durant le début et la fin de formatage de l'EEPROM.
- **Les LEDs D1, D2, D3, D4** : se sont les LEDs utiliser pour visualiser les signaux de commande de la MCC (la commande de pont H).
- La diode LASER : pour visualiser le fonctionnement de la diode LASER.

2.2.3. Le graphe des signaux de commande :

Ce graphe montré à la figure 55 réunit tout les signaux de commande de notre micro contrôleur.

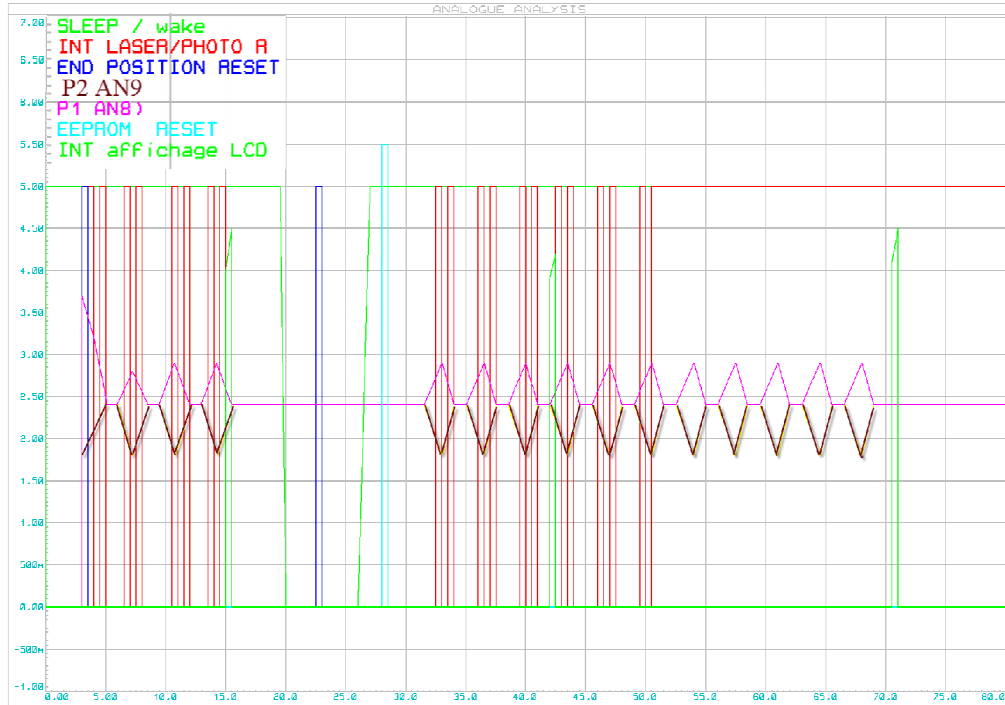


Figure (55) : graphe de signaux de commande.

On exécutant le programme le microcontrôleur génère des signaux pour commander le système, ils sont représentés dans la figure (56)

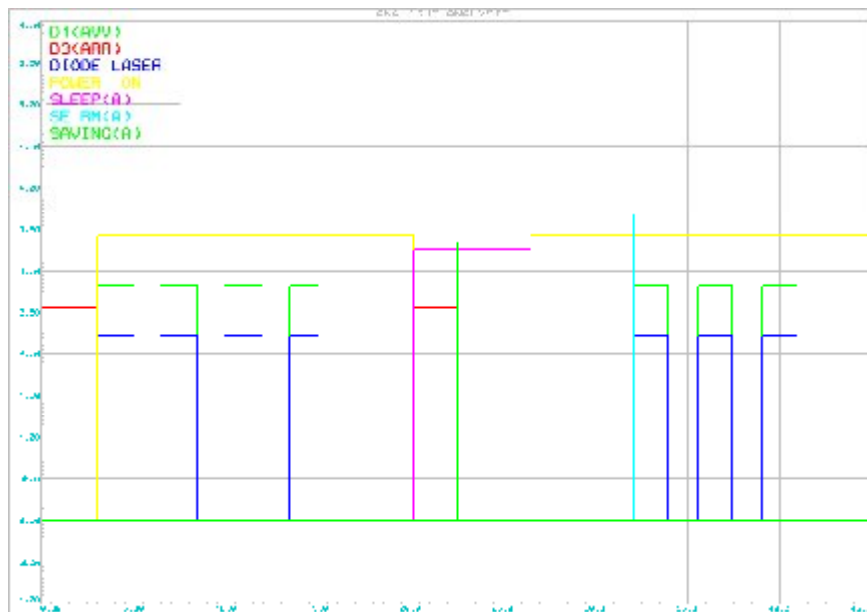


Figure (56) : les signaux de commande génère par le micro contrôleur

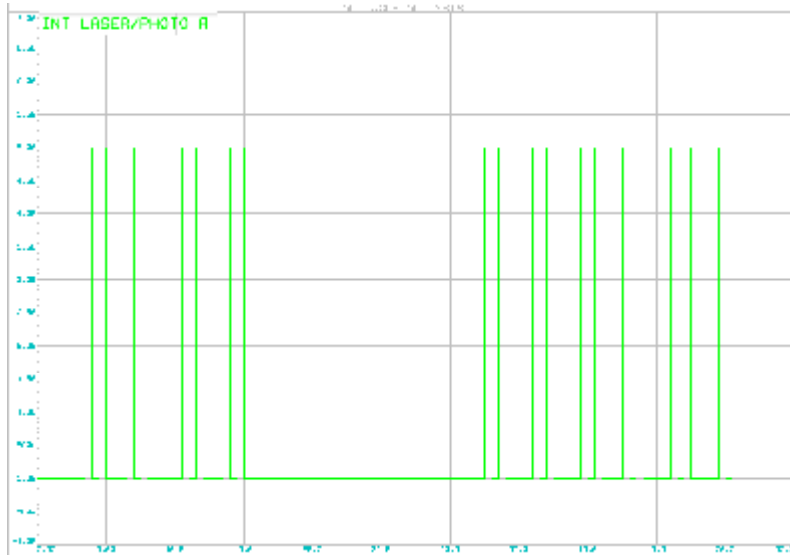


Figure (57) : graphe des impulsions

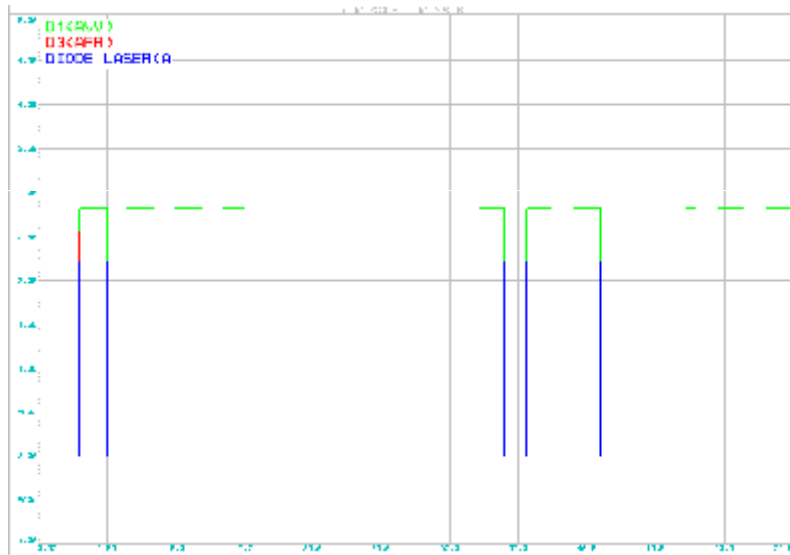


Figure (58) : graphe direction de marche de la MCC.

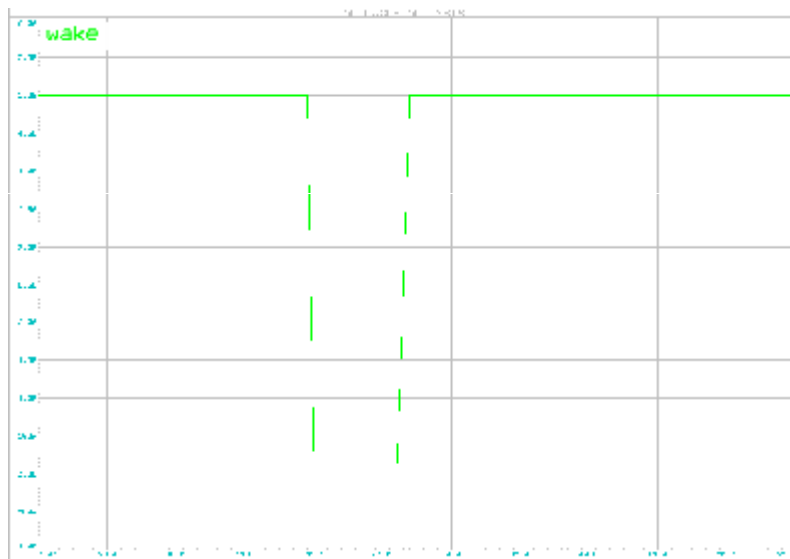


Figure (59) : graphe du mode veille.

2.2.4. Les phases de la simulation :

On a 4 phases principales :

- **Démarrage de système** : le démarrage consiste à la remise à la position initiale de pour le capteur principale.
- **Phase (2) « système opérationnel »** : dans cette phase le système fonctionne normalement, le micro contrôleur capter les valeurs des entres analogique AN8 et AN9 qui correspond à les tensions des deux petits panneaux utiliser dans le capteur principale.

La comparaison des deux signaux d'entrées P1 et P2 représente les deux cellules solaire identiques qui seront utilisées pour la détection de la position du soleil par rapport à l'intersection des deux plans (cellules pv), le déplacement du soleil par rapport à la normale de cette intersection provoque une quantité d'énergie plus importante sur la cellule opposée au sens de déplacement du soleil, ce ci provoque une élévation de la différence des deux tensions de sortie ce qui provoque alors l'excitation du moteur par la carte pour corriger la position en faisant tourner le moteur.

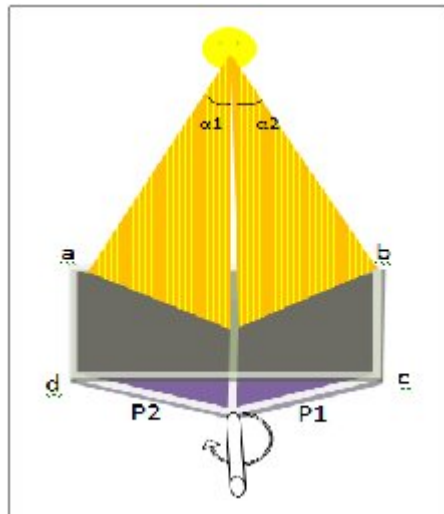


Figure (60) : le capteur principale

- **La phase (3) mise en veille:**
C'est la phase où le système est en veille, dans cette phase il faut remettre le capteur principal à sa position initiale. Ensuite le système entre dans la phase en veille.
- **La phase (4) « système opérationnel » :**
C'est exactement la même chose avec la phase 2.

2.2.5. Résultats d’affichage sur l’écran LCD

L’écran s’allume deux fois durant notre simulation. La première fois à l’instant 15s et la deuxième à l’instant 42s. Les résultats sont donne dans la figure ()

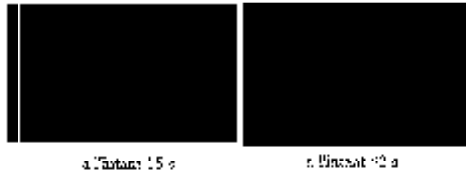


Figure (61) : résultats d’affichage LCD

La température est de 11° la tension des cellules et de 2.58 v (1^{er} cas) et de 2.39 v (2^{em} cas) et pour la position on commence toujours par 50° (c’est l’azimut de la position initiale du capteur principal) dans le premier cas on a compte 8 impulsions et dans le deuxième 6.

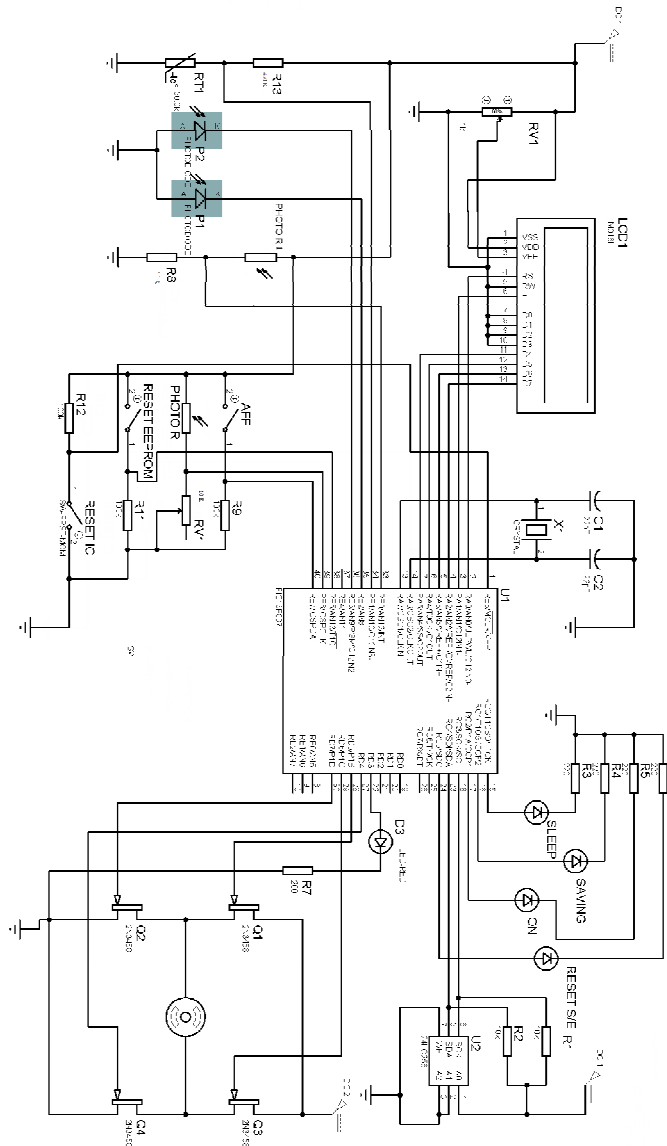


Figure (62) : schéma électrique globale

Le schéma électrique global est un schéma qui contient tous les composants avec leurs packages pour l'utilisation dans **Proteus Ares**

2.3. Router le schéma électrique avec « Proteus ARES »:

Dans cette étape nous étudions la mise en place des composants sur notre carte électronique et nous allons aussi créer les pistes qui relient les composants entre eux (typon), Les résultats sont représentés dans les figures (55, 56, 57).

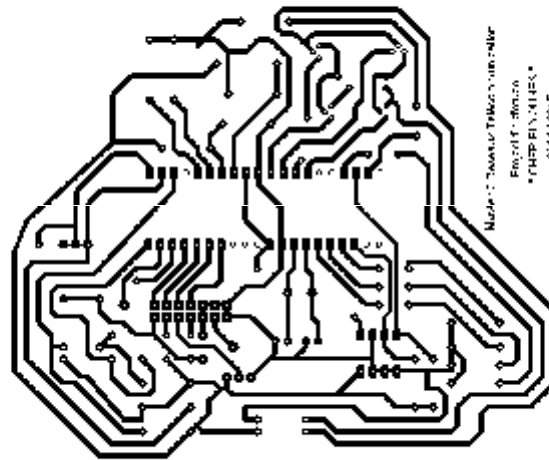


Figure (63) : le typon à imprimer

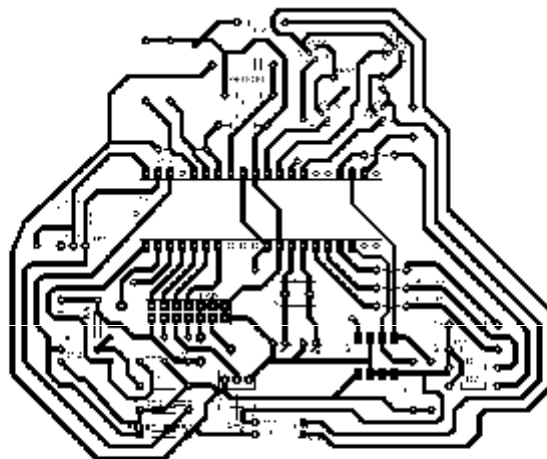


Figure (64) : le typon avec l'emplacement des composants

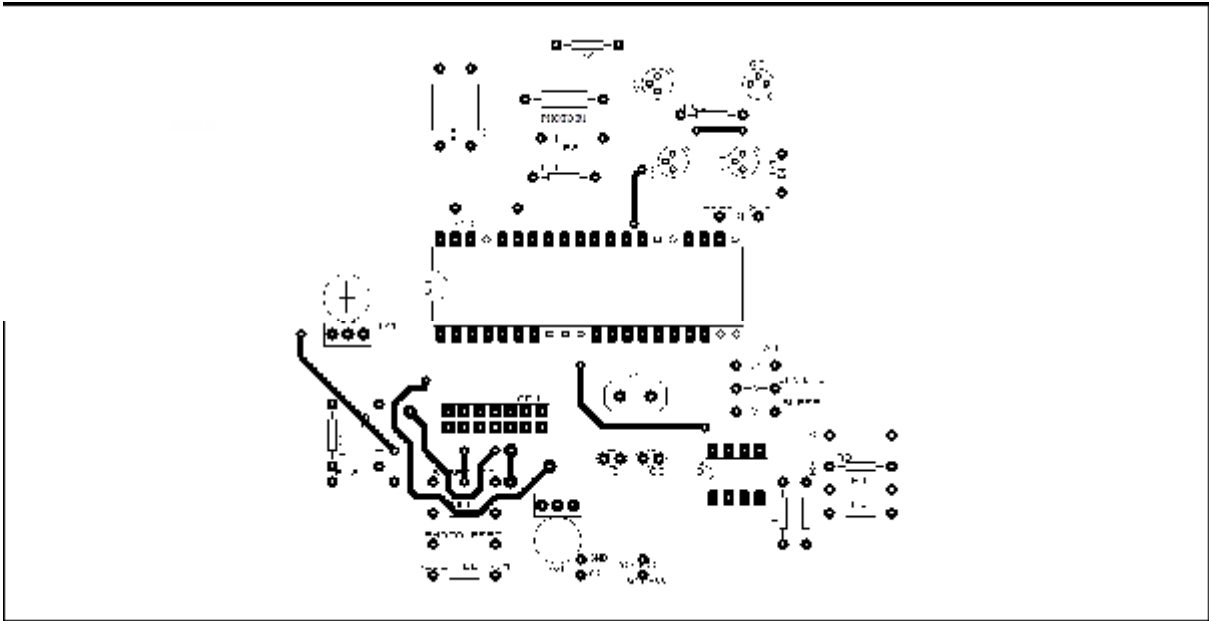


Figure (65) : typon face avant (coté composants)

3. Réalisation du circuit imprimé :

Pour la réalisation de notre carte nous avons suivi les étapes standards utilisées pour le développement des cartes électroniques.

Le circuit sera développé sur une plaque d'époxy composée de :

- Un film de protection.
- Une couche de résine.
- Une couche de cuivre.
- Un support (époxy).

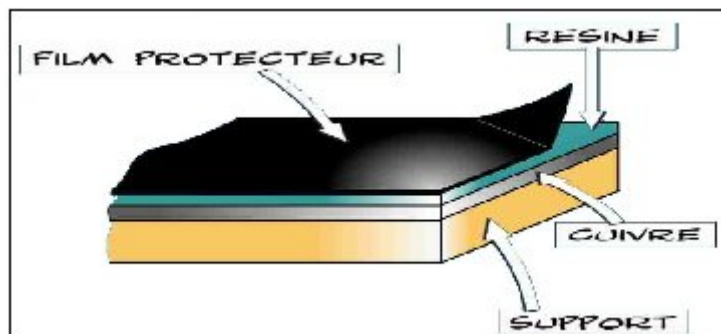


Figure (66) : la plaque d'époxy. [1]

3.1. Impression du typon

Le dessin du typon obtenu avec Ares est imprimé sur une feuille de papier transparent. Le typon est un masque qui contient le schéma des pistes en cuivre qui seront gravés sur la plaque électronique, se typon doit être imprimé sur un papier transparent qui laisse passer les rayons ultraviolets dans le but d'affaiblir une partie de la résine, alors que sur les zones recouvertes les rayons UV ne doit pas passer pour ne pas affaiblir la résine.

3.2. Insolation de la plaque époxy

Dans cette étape on va enlever le film protecteur, et on place le typon sur la plaque de côté de la résine, ensuite on met l'ensemble dans l'insoleuse.

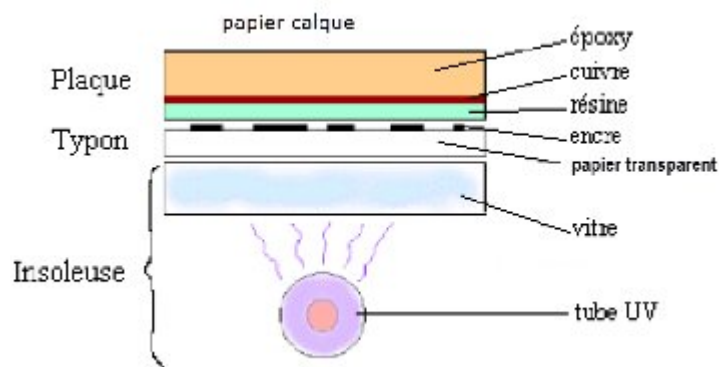


Figure (67) : Insolation de la plaque époxy [1]

3.3. La révélation

On doit maintenant placer la plaque dans un bac contenant le révélateur, le révélateur est un produit chimique (soude caustique) qui va dissoudre les zones de la résine qui ont été détruites pendant l'insolation.

3.4. Gravure chimique du circuit imprimé

La gravure chimique consiste à dissoudre une partie du cuivre de la plaque de circuit imprimé, la partie dissoute est la partie révélée par le révélateur.

4 - Mise en place et soudure des composants

A - Percer le circuit :

Dans cette étape on va percer les pastilles. Ces trous correspondent à l'emplacement des pâtes des composants.

B – Soudage des composants :

A présent on doit placer les composants sur la plaque a l'aide du schéma électrique, et on utilise le fer à souder et l'étain pour les fixer et effectuer la liaison électrique entre eux, mais avant il est préférable de nettoyer la plaque avec un dissolvant.

5. la mise en place de system mécanique et l'ensemble des capteurs

5.1. Le principe de fonctionnement de générateur d'impulsion :

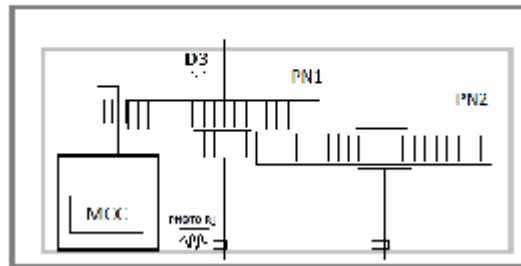


Figure (68) : schéma qui explique le principe de génération d'impulsion

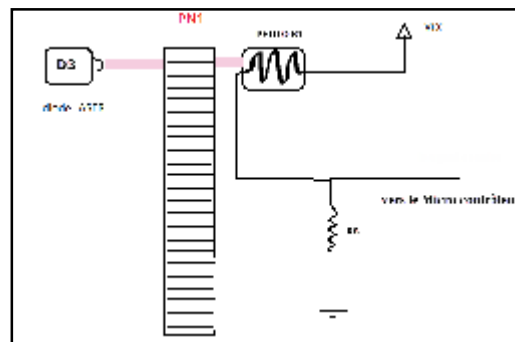


Figure (69) : schéma qui explique le principe de génération d'impulsion vue 2

PN1: est un pignon avec des trous sur son contour, cette discontinuité de matière sert à couper le flux lumineux, se qui va crée la variation de la valeur de PHOTO R1 le nombre de passage est alors compté par le micro contrôleur.

Le rapport entre les nombres de tours que fait PN1 et PN2 dans la même période est égale à 10 ($PN1/PN2 = 10$). Si PN1 fait 10 tours le PN2 ne fera qu'un seul tour.

Le PN1 contient 36 trous c'est-à-dire que, pour chaque impulsion générée PN2, il va se rabatte d'un degré (1°).

Un tour complet de PN2 est équivalent à 360 impulsions, alors le microcontrôleur peut connaître la position exacte en degré ($^\circ$) de PN2 en comptant le nombre d'impulsions générées.

5.2. Descriptions générale du suiveur de soleil



Figure (70) : image de dispositif.

1/ bloque de signalisation :

- LED de signalisation (power on): cette LED s'allume quant le système est en marche.
- LED de signalisation (saving): cette LED s'allume durant l'enregistrement des données sur l'EEPROM.
- LED de notification (sleep): cette LED s'allume quant les system est en veille.
- LED de notification (SE RM): cette LED s'allume durant le début et la fin de formatage de l'EEPROM.

2 / le pont H :

Q1, Q2, Q3, Q4 : transistors constituant le pont H qui va commander la machine à courant continue.

3/ le capteur thermique : RT1 c'est la thermo résistance qui mesure la température au tour de la carte.

4 / **Le pic 16F887 (U1)** : Ce microcontrôleur est l'unité de commande principale de notre système.

5/ **L'EEPROM (U2)** : l'unité de stockage de données dans laquelle on enregistre les températures, les positions du soleil et les ddp aux bornes des cellules chaque 15 minutes, il peut stocker jusqu'à 3 mois de données.

6/ **les boutons de contrôle:**

- Botton poussoir 1 (reset) : sert à redémarrer le micro contrôleur en cas de problème.
- Botton poussoir 2 (display) : sert à afficher les données sur l'afficheur LCD.
- Botton poussoir 3 (reset M) : c'est pour Formatage et préparation de l'EEPROM.
- Interrupteur (on /off) : pour allumer ou éteindre le système.

7 / **Le capteur principale** : c'est le mécanisme qui permet de trouver la position du soleil.

8 / **Le Kit qui va générer les impulsions** ce kit est composé d'une diode laser et une photo résistance séparées par un disc plein perforé de 36 trous.

9/ **le réducteur** : l'ensemble des réducteurs de vitesse composé de pignons de diamètre différents sert à transmettre la rotation du moteur au capteur principal.

PN1, PN2 : représentent le système qui permet d'avoir le rapport 10 entre le disc et le capteur principal.



Figure (71) : exemple d'une installation photovoltaïque commandée par un suiveur du soleil.

Conclusion

Durant ce chapitre nous avons pu concevoir un circuit électronique nous permettant de comparer deux tensions issues de deux sources différentes et nous l'avons simulé sur le logiciel de simulation Proteus. Le circuit que nous avons obtenu peut comparer deux tensions issues de deux sources différentes et enclenche un système de rotation d'un moteur pour la recherche du point d'équilibre. La simulation sur le logiciel Isis de Proteus a donné des résultats qui nous permettent alors de passer à la réalisation de la maquette.

La réalisation de la maquette a été réalisée par plusieurs étapes, à commencer par le logiciel de réalisation de circuits imprimé du même logiciel Proteus (Ares). Une fois le typon obtenu, nous avons développé la carte au laboratoire de maquettes. Nous avons alors suivi toutes les étapes de développement de circuits imprimés et nous avons réussi notre carte.

Conclusion générale

La région de Tizi-Ouzou dispose d'un potentiel solaire non négligeable. Le nombre d'heures d'ensoleillement peut dépasser 2500 h/an. Ce qui favorise l'exploitation de cette ressource énergétique.

Théoriquement la trajectoire solaire à Tizi Ouzou à une énorme variation entre ses deux borne, la trajectoire maximale aura lieu chaque année le 21 juin « de 61° >> 299° », et la trajectoire minimale aura lieu le 21 décembre « de 120° >> 241° ».

Les travaux présentés dans ce mémoire consistent à l'étude de la trajectoire solaire à l'aide d'un dispositif que nous avons développé. Ce dispositif va capter les tensions des deux cellules placées sur un support mobile orienté toujours vers le soleil, ça veut dire qu'on peut calculer le rayonnement direct reçu par les cellules, les données captées peuvent être utilisées pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque, ce qui est très important.

La fonction principale de notre dispositif est de capter les tensions des cellules et la position du soleil, et se mettre à une position où le rayonnement sera le plus possible normal à la surface de ces deux cellules. Les tensions des cellules et les puissances fournies par celles-ci sont enregistrées en fonction de la date. Ainsi, une base de données va être remplie. Après une étude approfondie sur les conditions que nous devons utiliser dans notre travail, nous avons fait une conception du circuit électronique qui est premièrement simulé sur Isis-Prateus et la carte du circuit imprimé est réalisée avec Ares-Proteus. Le microcontrôleur utilisé dans notre travail est un PIC16F887 qui est caractérisé par le nombre élevé de ses broches (40 broches dont 14 analogiques), et la possibilité d'avoir des interruptions externes.

Nous envisageons à la suite de ce travail de:

- Réaliser un kit pour le système énergétique (batteries + chargeur), alimenté par les deux cellules du capteur principal.
- Augmenter la taille de la mémoire de stockage, pour pouvoir stocker plus de données durant une période plus importante.
- Ajouter un dispositif de temporisation indépendant RTC (real time clock) qui est une montre électronique adaptée à l'utilisation avec les systèmes embarqués pour pouvoir mémoriser les grandeurs mesurées avec plus de précision temporelle.

Références bibliographiques

Chapitre 1 :

- [1] J, Bernard. Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004).
- [2] C, Fröhlich World radiometric reference. World Meteorological Organization, Commission for instruments and methods of observation, report WMO. (1978) 490, p 108-112.
- [3] HADJ BELKACEMI Mohammed Mémoire de Master. « Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé » (2011).
- [4] Souad Saadi Mémoire de magister « Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan » (2010).
- [5] Ahmed Habib Khedim, « L'énergie solaire et son utilisation sous sa forme thermique et photovoltaïque » ANEP, (2005), pp.104-125.
- [6] MERDAOUI Ziad mémoire de magister « CARACTÉRISATION RADIOMÉTRIQUE DES SITES DE BOUZARÉAH ET DE GHARDAÏA » (2007)
- [7] <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/>
- [8] Document, RETScreen International Centre d'aide à la décision sur les énergies propres, « Analyse de projets d'installation photovoltaïque », Ministère de Ressources Naturelles, Canada(2001-2004).
- [9] J.M. Chassériau, « Conversion Thermique du Rayonnement Solaire », Ed. Dunod, France, 1984.
- [10] HELALI KAMELIA mémoire de magister « Modélisation D'une Cellule Photovoltaïque : Etude Comparative » (2012).
- [11] Bekkouche Sidi Mohammed El Amine « Modélisation du Comportement Thermique de Quelques Dispositifs Solaires ». Thèse de doctorat en Physique, Université de Abou Bekr Belkaid Tlemcen, (2009).
- [12] wikipedia.com (12/05/2015) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Azimut>
- [13] www.sunearthtools.com (08/07/2015)

Chapitre 2

- [1] www.microchip.com (20/05/2015)
<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F887>
- [2] data-Sheet pic 16F887
- [3] data-Sheet 24LC256K
- [4] <http://fr.wikipedia.org/wiki/I2C> (27/05/2015).
- [5] <http://www.best-microcontroller-projects.com/i2c-tutorial.html> (27/05/2015).
- [6] <http://www.edfenr.com/lexique-photovoltaique/definition-photovoltaique-l65-1.aspx> (18/07/2015)
- [7] D ÉCOUVERTEN N° 344-345 La conversion Photovoltaïque de l'énergie solaire (janvier – février 2007) P54, 55, 56
- [8] www.photovoltaique.info (13/05/2015)
http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/2010160239_spv03technologiesjuin2012.pdf
- [9] NREL (NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY) (27/05/2015).
- [10] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Photoresistance> (31/05/2015)

Chapitre 3

- [1]. *V. TOURTCHINE* (mémoire MASTER) Programmation en mikroC. Application pour les microcontrôleurs de la famille PIC (2012)

Chapitre 4

- [1] Jamart Jean-François La fabrication d'un circuit imprimé. Institut Supérieur d'Enseignement Technologique.