

CHAPITRE03

CONCEPTION DU SOLARIMETRE

Introduction

La mesure de la puissance du rayonnement solaire est pratiquement faite selon des techniques différentes ; dans ce chapitre nous allons étudier la conception d'un outil de mesure qui est le solarimètre, ceci dernier sera basé sur l'utilisation d'une cellule photovoltaïque.

Nous allons fixer en premier lieu nos objectifs, ce qui nous aidera à faire les choix matériels pour la mise en œuvre de notre système.

Aussi, la notion de système autonome doit être respectée tout au long de notre travail.

Pour la conception, la simulation et la réalisation de notre carte électronique, nous allons utiliser les logiciels Proteus ISIS, et pour la programmation du microcontrôleur on utilisera MikroC PRO.

1. Cahier des charges

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la mesure de l'irradiance via l'utilisation d'une cellule solaire doit passer par la mesure du courant de court-circuit et la température de la cellule utilisée.

Pour ce faire, notre solarimètre doit réaliser les fonctions suivantes :

- Conversion du courant de court-circuit en tension (pour sa conversion et son traitement numérique)
 - Amplification de la tension résultante si-nécessaire.
- Mesure de la température.
 - Amplification de la tension résultante si-nécessaire.
- Affichage des résultats de mesure en temps réel sur LCD.
- On utilise mémoire externe de type (EEPROM) pour le stockage des informations d'irradiance et de température journalières.
- Les données peuvent être envoyées vers un PC à travers son port série.
- Toutes ces opérations nécessitent l'utilisation d'un composant de type microcontrôleur.
- Le système doit être évolutif.

1.1. Schéma synoptique

Selon notre cahier des charges, nous pouvons déjà avoir un premier schéma fonctionnel tel que montré sur la figure suivante :

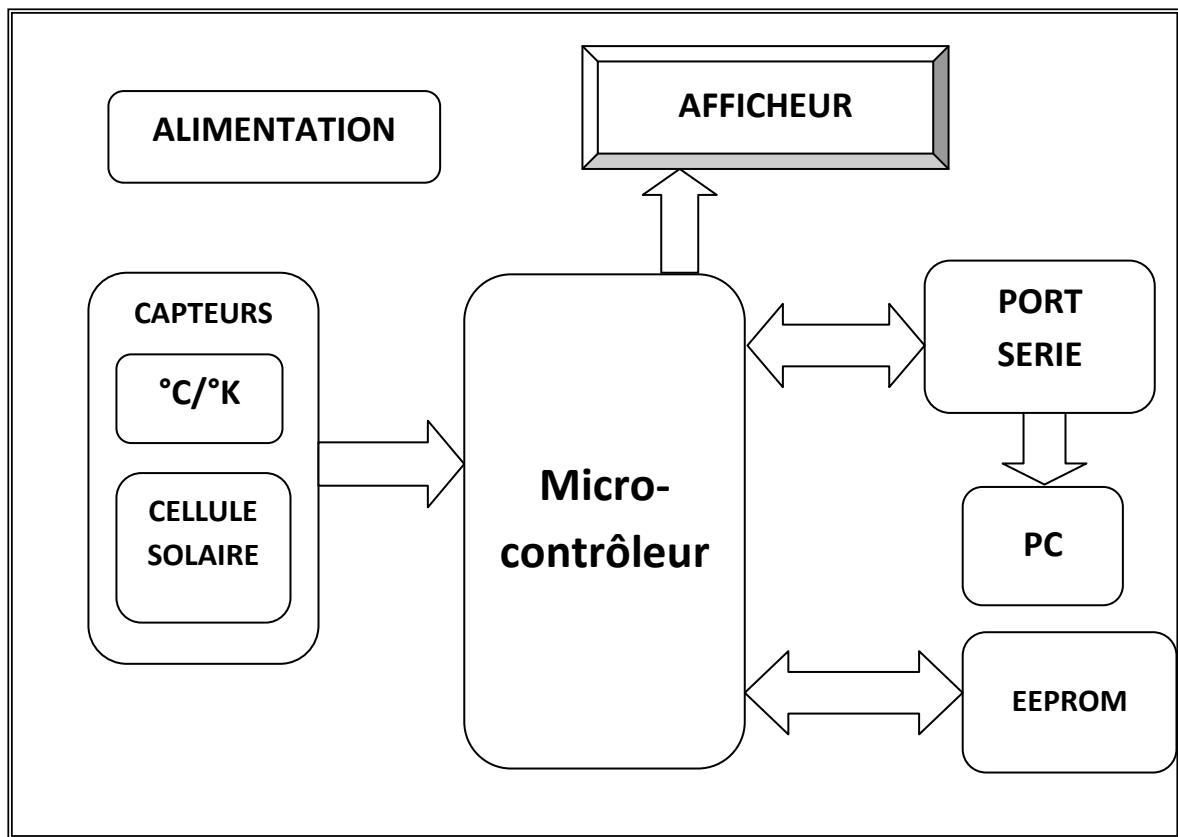


Fig 3.1 : Schéma synoptique de système

1.2. Les différents blocs

Notre carte comme l'indique la figure ci dessous est menue de plusieurs unités qui assurent le bon fonctionnement.

1. Une carte d'alimentation « alimentation stabilisé ». Ce bloc a pour but l'alimentation des différents blocs de la carte électronique.
2. Un microcontrôleur qui gère tous les traitements et les liaisons entre les différents blocs de la carte.
3. Un afficheur LCD qui permet d'afficher les résultats.
4. Un mémoire externe pour stoker les informations qui sont mesurées par le système.

5. Un port série pour communiquer les informations de la mémoire externe vers le PC.
6. Deux capteurs (de température et une cellule solaire) pour capter et transformer le courant mesuré en tension.

2. Mesure de température

La mesure de température se fait par plusieurs méthodes et par plusieurs capteurs comme le pt100 ou le LM335, mais dans notre conception on utilisera le LM35 par ce que il est disponible et simple d'utilisation.

2.1. Capteur de température LM35

Le capteur de température LM35 est un circuit intégré et il doit être alimenté pour fonctionner. Lorsqu'il est alimenté, sa tension de sortie est fonction de la température en centigrade du milieu dans lequel il se trouve. Le LM35 n'a pas besoin de circuit extérieur de calibrage, il est pré-calibré à sa fabrication [27].

La figure suivante donne une représentation du circuit LM35.

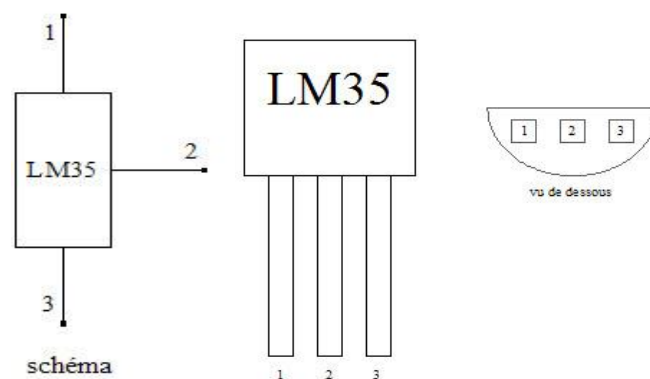


Fig 3.2 : Brochage circuit intègre de la puce

Avec :

- 1: Alimentation du capteur de (-0.2v à 35v).
- 2: Tension de sortie (de-1 à+6V) avec 10 mA de courant maximal.
- 3: Masse

Caractéristiques du LM35 :

Voici quelques caractéristiques de ce capteur.

- Calibration directement en ° Celsius (centigrade)
- Facteur d'échelle linéaire + 10,0 mV/° C

- 0,5 ° C précision garantie (à 25 ° C)
- Prévus pour la gamme -55 ° à +150 ° C
- Exploitation de 4 à 30 volts
- Courant faible : moins de 60 μ A
- Faible auto-échauffement environ 0,08 ° C à l'air libre
- Faible impédance de sortie, 0,1 Ω pour 1 mA de charge

2.2. Adaptation et amplification

La gamme de mesure du LM35 dans notre système reste dans l'intervalle de 0°C à 50°C, c'est pour cette raison qu'on va amplifier la tension de sortie du capteur pour l'adapter au microcontrôleur qui généralement convertisse les tensions analogiques de 0 à 5V

L'intervalle de mesure	0°C	50°C
La sortie du LM35	0V	0.5V
L'entrée du μ C	0V	5V

Un étage d'amplification est nécessaire, on utilise un montage à base d'amplificateur opérationnel de type OP07C pour augmenter la tension de sortie de 0.5v à 5v comme suite.

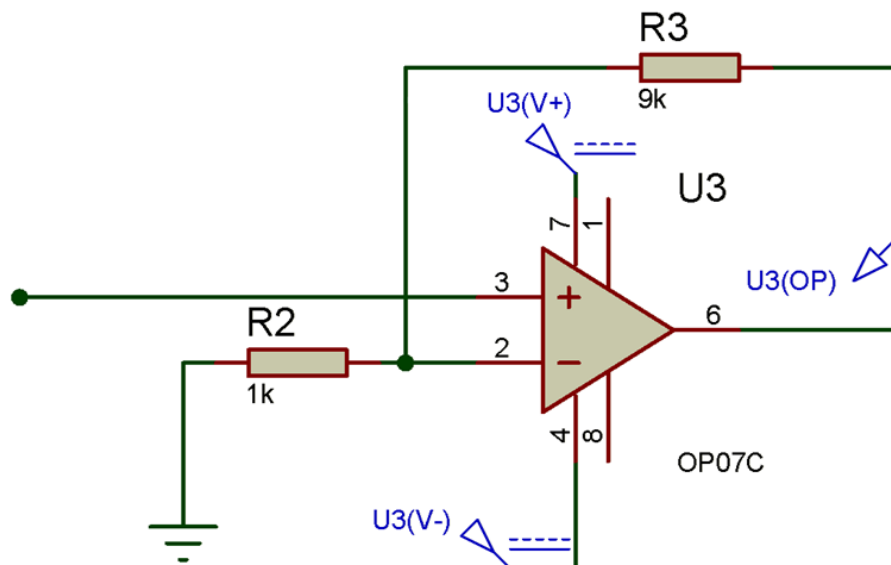


Fig 3.3 : Etage d'amplification

La figure 3.3 présente l'étage d'amplification sous Proteus ISIS avec :

- $U3 (v+) = 12V$
- $U3 (-v) = -12V$

Le montage est un amplificateur non inverseur, donc la tension de sortie est donnée par :

$$U3_{(op)} = U_e \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right) \quad (3.1)$$

Avec $R_2 = 1k$, $R_3 = 9k$, le gain d'amplification est de 10.

3. Mesure du courant

Le courant électrique désigne le déplacement de charges électriques. Plusieurs méthodes permettent de mesurer des courants comme les capteurs de courant à effet hall ou par conversion en tension....etc.

Dans cette conception, le solarimètre utilise la cellule solaire pour convertir l'irradiance solaire en courant, le courant est ensuite mesuré par l'utilisation d'un capteur de courant.

3.1. Capteur de courant à effet Hall

Le capteur représenté ci-dessous délivre en sortie une tension V_h quasiment proportionnelle au champ magnétique B et donc dépendant de l'intensité I_0 : le courant à visualiser est appliqué à un enroulement de circuit magnétique. Il produit un champ magnétique qui est responsable de l'apparition de la tension « Hall » V_h . [6]

$$V_h = K_h * B * I_0 \quad (3.2)$$

Avec K_h : constante de Hall, qui dépend du matériau utilisé [29].

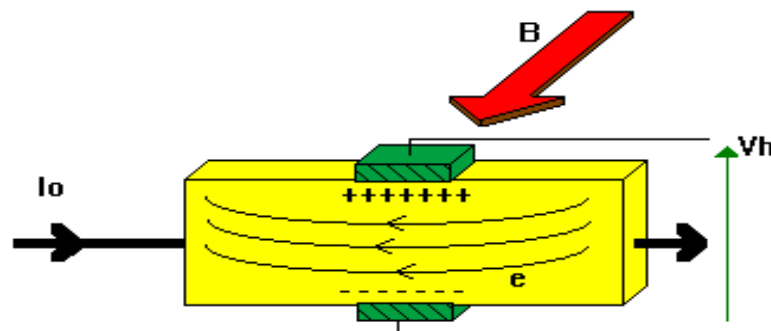


Fig 3.4 : circuit magnétique

Remarque :

La cause de l'effet hall est les électrons sont déviés par le champ magnétique, créant une différence de potentiel appelée tension de Hall. [12]

Mais les non-linéarités et les phénomènes d'hystérésis empêchent d'obtenir une mesure très précise dans une large gamme d'intensité. Aussi le montage est-il modifié : un système de contre-réaction impose au transformateur ci-dessous de fonctionner à flux nul, et c'est le courant d'annulation du flux i_s qui est converti en tension à l'aide d'un convertisseur à amplificateur opérationnel. [6]

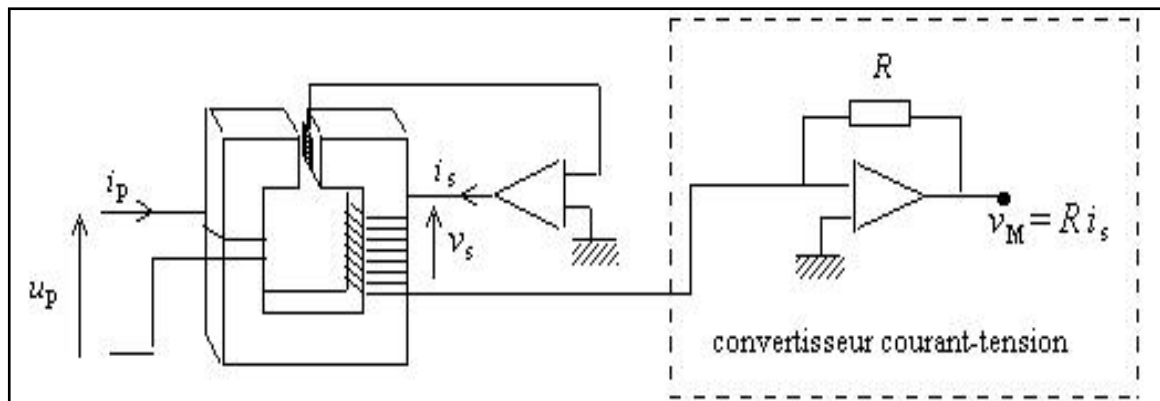


Fig 3.5 : capteur de courant à effet Hall

3.2. Mesure à travers une résistance

Il existe deux méthodes de mesure du courant : celle de l'ampèremètre à shunt et celle de l'ampèremètre à feedback. [16]

3.2.1. L'ampèremètre à feedback

On utilise un générateur de courant suivi d'un convertisseur courant / tension réalisé à partir d'un AOP. On veut câbler ce montage à l'entrée analogique d'un microcontrôleur, donc on doit avoir une tension positive en sortie.

Le schéma du convertisseur est comme suit :

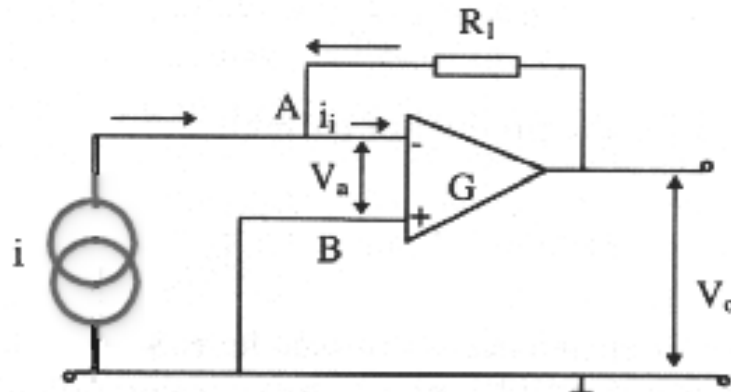


Fig 3.6 : Convertisseur courant-tension

En théorie, on obtient une tension de sortie $V_0 = -I \cdot R_1$. On a donc ajouté un amplificateur inverseur avec deux résistances de même valeur, pour transformer ma tension négative en tension positive. [24]

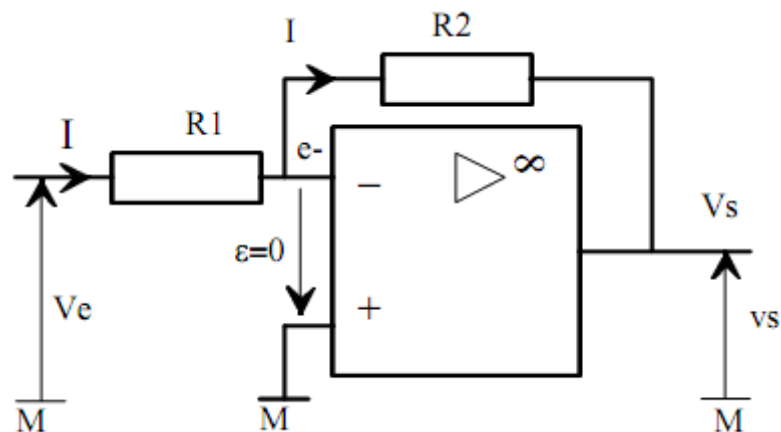


Fig 3.7 : amplificateur inverseur

$$V_s = -V_e \frac{R_2}{R_1} \quad (3.3)$$

$$R_1 = R_2$$

Donc : $V_s = -V_e \quad (3.4)$

L'assemblage du convertisseur courant tension avec l'amplificateur inverseur donne le schéma suivant :

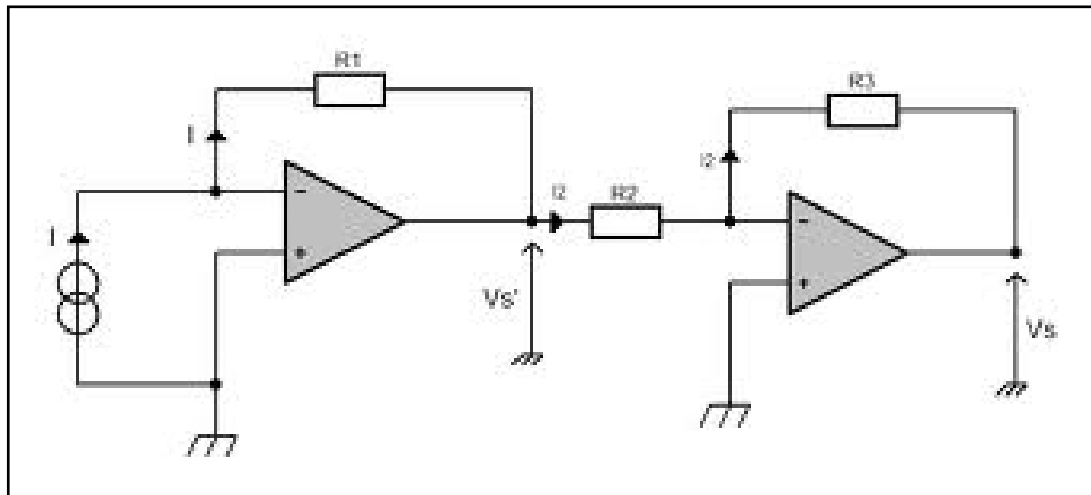


Fig 3.8 : convertisseur et amplificateur inverseur.

Avec $V_s = R_1 * I$ (3.5)

3.2.2. L'ampèremètre à shunt

Le fig 3.9 représente un schéma ordinaire de mesure de courant traversant une résistance shunt.

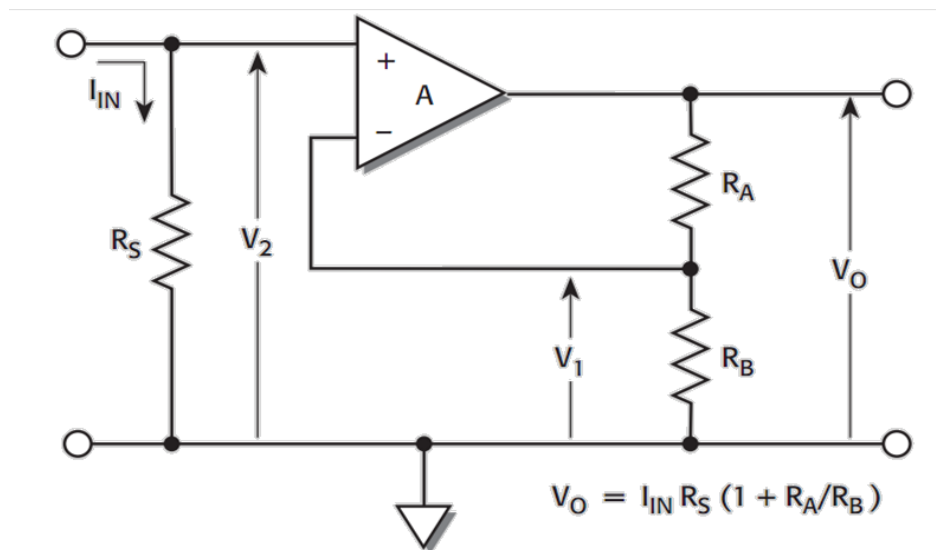


Fig 3.9 : l'ampèremètre à shunt.

Une chute de tension à travers la résistance shunt afin de calculer le courant.

Dans la méthode de l'ampèremètre à shunt, les valeurs faibles de R_{sh} sont choisies dans le but de minimiser la chute de tension à travers le shunt. Bien que la chute de tension soit peu importante. [31]

$$\text{On a: } V_2 = I_{IN} * R_S \quad (3.6)$$

$$V_0 = V_2 - V_1 \quad (3.7)$$

$$\text{Donc : } V_0 = I_{IN} R_S (1 + R_A/R_B) \quad (3.8)$$

3.3 Méthode de mesure choisie

Nous avons choisi les deux dernières méthodes, que nous avons testé en simulation, la première nécessite une autre amplification de la tension, ce qui détériore les valeurs mesuré.

La seconde méthode utilisant une résistance shunt est la plus efficace, elle mesure permet de mesurer le courant de court-circuit de la cellule photovoltaïque car la tension reste très petite.

Pour un shunt de 0.005Ω nous avons une tension $V_{sh} = 0.005 * 3.6 = 0,018V$, sur la caractéristique I/V de la cellule on reste toujours dans le point de court-circuit.

4. Unité de traitement

Dans notre projet nous avons besoin d'un circuit microcontrôleur dont le rôle est le traitement de l'information rapide. Il donc nécessaire d'utilisé le pic, et nous avons choisi le pic 16F877A.

Le microcontrôleur 16F877A est devenu un microcontrôleur très populaire dans l'électronique loisir. Sa simplicité, son prix, possède plus de ports (5ports) et l'accessibilité des outils de programmation peuvent expliquer sa popularité. [27]

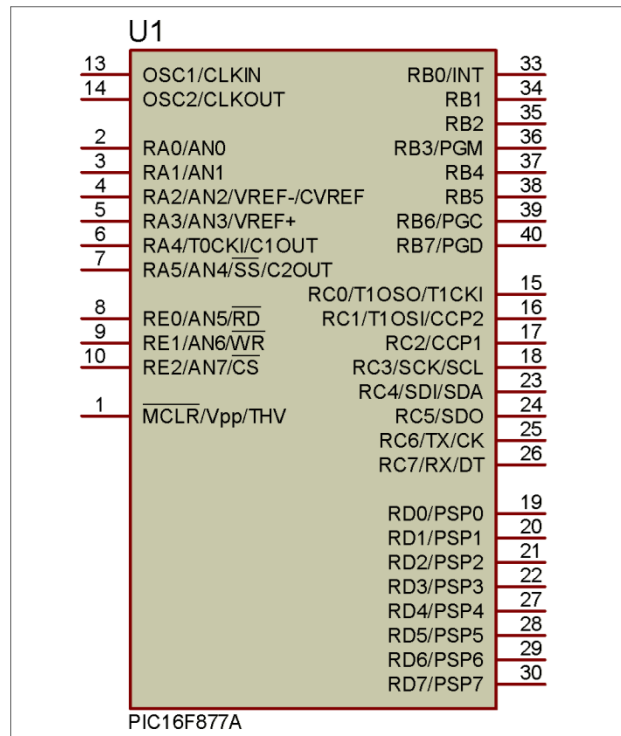


Fig 3.10 : Schéma fonctionnel de pic 16F877A

4.1. Pour quoi le PIC unité de traitement

- ✓ Se fait à toutes les opérations arithmétiques.
- ✓ Se fait à l'opération de conversion analogique numérique.
- ✓ Aussi avoir une mémoire interne.
- ✓ Tous les éléments ou les composants peuvent câbler ou lier au PIC.
- ✓ Le PIC Permet d'affichage les résultats par des LED ou par LCD.

4.2. Caractéristiques

La fréquence maximale de ce PIC est 20Mhz. [6]

Possède aussi, ce PIC dispose de 35 instructions de base et de 4 sources d'interruptions :

- ✓ Interruption externe commune avec la broche RB0.
- ✓ Interruption due au TIMER.
- ✓ Interruption sur changement d'état des broches de port RB0 à RB1.
- ✓ Interruption de fin d'écriture en EEPROM.

Le 16F877A est un microcontrôleur de MICROCHIP, fait partie intégrante de la famille des Mid Range (16) dont la mémoire programme est de type flash (F) de type 877 et capable d'accepter une fréquence d'horloge maximale de 4Mhz.

PIC	FLASH	RAM	EEPROM	I/O	A/D	Port série
16F877A	8K octets	368 octets	256 octets	33	8 entrées	USART/ I2C

4.4.1. Pic et quartz

On utilise le quartz pour cadencer le PIC à une vitesse convenable pour un fonctionnement en temps réel sans élever inutilement la consommation du circuit. Sa fréquence d'oscillation est adaptable en fonction des fonctionnalités logicielles qui seront implantées. [9]

4.1.2. Reset

Lorsque le commutateur n'est pas enfoncé, le courant passera auge résistance 1K et broche MCLR. En conséquence, MCLR Pin recevoir 5V et PIC le lire comme logique 1. Mais lorsque l'interrupteur est poussée, le courant passera à travers la résistance 1K, un commutateur et directement à la terre. Il n'y a pas de tension recevra à broche MCLR. Cela donne logique 0 sur la broche MCLR. [28]

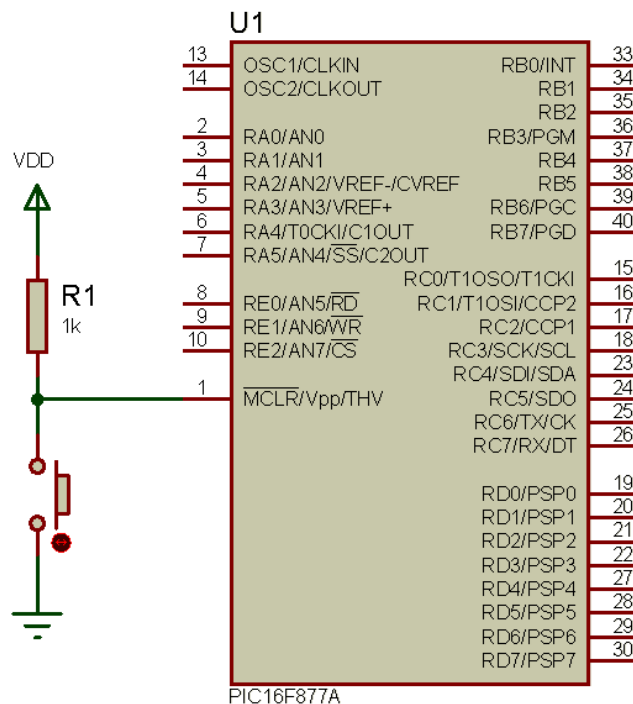


Fig 3.11 : PIC16F877A et son circuit de reset

5. Afficheur LCD

Dans notre carte nous avons utilisé un afficheur LCD de type LM016L qui a 2 lignes ,16bits et il consomme relativement de 1 à 5 mA est constitué de deux lames de verre, distante de 20 μ m environ.

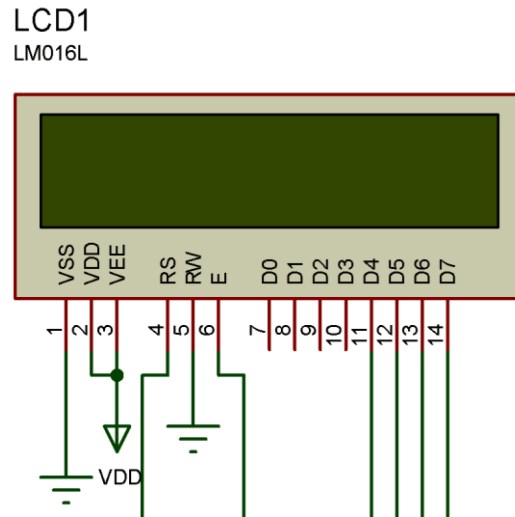


Fig 3.12 : Afficheur LCD type LM016L

5.1. Principes de fonctionnement [25]

- La broche 1(GND) est le –de alimentation 5V.
- La broche 2(VCC) est le + de l'alimentation 5V.
- La broche 3 (VO) est la broche pour le contraste. on prendra un aux +et – de l'alimentation 5V.
- La broche 4 (RS) indique au contrôleur que les bits présents sur D0 à D7 véhiculent une instruction à exécuter (si RS=0) ou bien un caractère à afficher (si =1) ;
- La broche 5 (r/w) est la broche de lecture écriture. la plupart du temps cette broche est 0, c'est-à-dire en mode écriture. Si cette broche est à 1, le contrôleur nous offre la possibilité de lire certains paramètres internes à l'afficheur.
- La broche 6 (E) est l'horloge de l'afficheur.
- La broches 7 à 14 (D0-D7) permettent un ordre à l'afficheur (exemple : effacement). Selon un code déterminé ces broches de données permettent également d'afficher un caractère suivant le code fournit avec l'afficheur. Il est aussi possible d'afficher des caractères spéciaux..le transfert peut se faire sur l'ensemble des huit bits (D0 à D7) ou bien sur quarte bits (D4 à D7), dans ce dernier cas on économise quatre lings du PIC, mais il faut réaliser le

transfert en deux fois. le choix de huit lignes ou quatre lignes se fait par programme selon le positionnement de certains bits

- Les broches 15(+5V) et 16(+0V) permaner la LED intégrée à l’afficheur pour l’éclairage.

Pour réduire les ports d’entrée/sortie du PIC, le module LCD fonctionnera en mode 4 bits (4 bits de données) au lieu de 8 disponibles (configuration du module LCD à l’initialisation), et seulement en mode écriture (RW à la masse). Le potentiomètre CTRST permet de régler le contraste comme indiqué dans la documentation constructeur. [9]

6. Schéma de l’alimentation

On désire réaliser une alimentation stabilisée pouvant débiter un courant I_{MAX} et une tension U_{MAX} . On utilise pour cela le montage proposé sur la figure ci-dessous celui-ci est composé :

1. Trois régulateurs de tension
 - a. 7809 pour générer une tension de +9v
 - b. 7909 pour générer une tension de -9v
 - c. 7805 pour générer une tension de +5v
2. Des condensateurs pour le filtrage

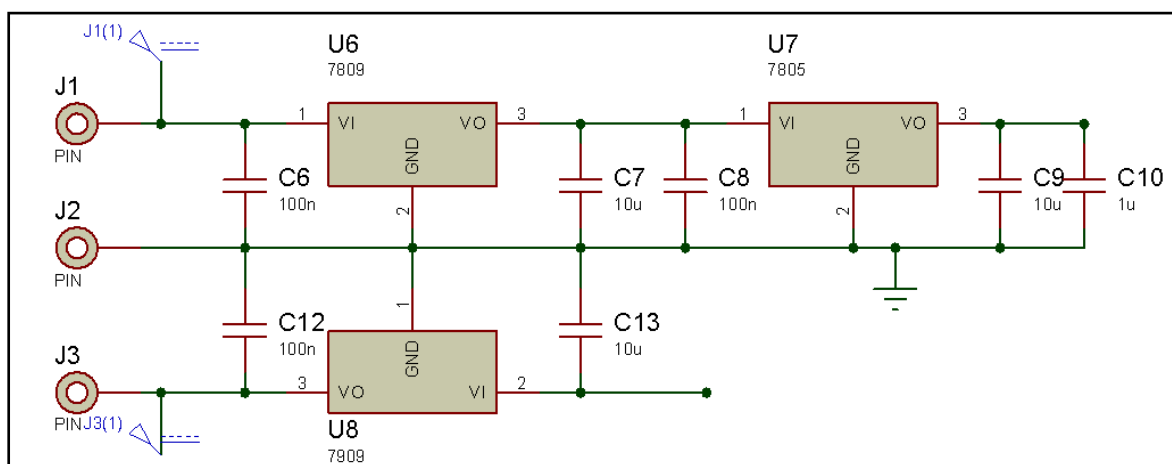


Fig 3.13 : schéma électrique de l’alimentation stabilisée

7. Mémoire externe

Dans ce mémoire on utilise une mémoire EEPROM externe de type 24C64 (8192 octets), à travers une liaison I2C et avec un microcontrôleur de type PIC16F877A.

On utilise une mémoire externe parce que la mémoire du PIC est petite par rapport aux besoins du solarimètre.

La mémoire 24C64 dispose de 3 broches d'adressage physique A0, A1, A2 qui permettent de câbler plusieurs composants sur le même bus I2C. [23]

Ici il n'est fait usage que d'une seule mémoire sur le bus I2C et l'adresse physique est spécifiée à 000 (broches A0, A1 et A2 à la masse).

Les deux résistances de pull-up R4 et R5 qui maintiennent les lignes SCL et SDA à l'état logique haut quand la communication sur le I2C est inactive.

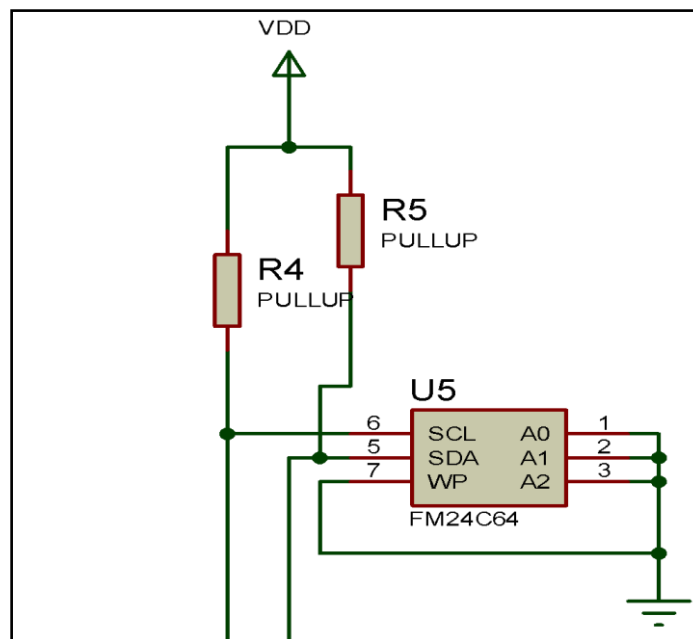


Fig 3.14 : EEPROM 24C64.

8. Communication série RS232

Pour les besoins de notre système nous avons besoin de moyen de communication qui nous sert à sauvegarder les données récoltés dans un PC, dans ce but nous avons choisi d'utiliser le bus de communication RS232.

Le module USART du PIC peut envoyer des données en série à une vitesse spécifiée sous une tension de 0-5V. Le PC, lui, doit recevoir des données entre -12 et

+12 V. C'est pour cela qu'on utilise un circuit spécialisé MAX232 qui va adapter les tensions à partir du 0-5V de l'alimentation. [9]

La définition du protocole de communication RS-232 choisi, est 9600 8N1 pour 9600 bauds, 8 bits de données, pas de bit de parité, 1 bit de stop. [16] Ce protocole sera vu plus en détail dans la partie programmation.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail les différents étages qui composent le solarimètre réalisé. Basé sur la mesure de la température et du courant de court-circuit d'une cellule PV, l'irradiance solaire est ainsi estimée.

Pour ce faire, un capteur de température et un montage de conversion courant/tension basé sur une résistance shunt sont utilisés, les données collectées sont traitées par le microcontrôleur PIC16F877A est sauvegardé pour d'éventuels traitements.