

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

الشلف-جامعة حسيبة بن بوعلي

Université Hassiba Ben Bouali de Chlef (U.H.B.C) Faculté de Technologie

Département d'Electrotechnique



Mémoire de Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention du diplôme

MASTER 2

Domaine : Sciences & Technologies Filière :
Électrotechnique Option : Commande électrique

Thème

**Etude et réalisation d'une carte de caractérisation
pour panneaux solaire**

Présenté par :

- ADJEL Missoum
- BEDROUNI Abdelhamid

Soutenu publiquement le 27 / 06 / 2024 devant le jury composé de :

Président	Mr. BENBOUALI	Abdul-Rahman	M.C.A
Encadreur	Mr. A R A B	M u s t a p h a	M.C.B
Examineur	Mr. BOUNADJA	Mohamed	Professeur
Examineur	Mr. BELHADJ	Djilali	M.C.A

Promotion: 2024

ملخص:

تصميم و صنع بطاقة اعطاء خصائص الألواح الشمسية، هذه البطاقة مزودة بواجهة رسومية ،تقوم باكتساب الخاصيتان شدة تيار - توتر وحساب القدرة في كل نقطة من المنحنى وعرض القيم الموافقة للقدرة الكبرى.

الكلمات المفتاحية: لوحة شمسية، واجهة مستخدم، معالج مصغر.

Résumé :

Conception d'une carte de caractérisation pour panneaux solaires, cette carte accompagnée d'une interface graphique, devra faire l'acquisition de la courbe caractéristique courant-tension, calculer la puissance en chaque point de la courbe et afficher les valeurs tension, courant et puissance au point de puissance maximale.

Mots clés : panneau solaire, MPPT, microcontrôleur, interface

Abstract:

Design of an electronic card of characterization for solar panels, this electronic card accompanied by a graphic interface, will have to, acquire the characteristic curve current- voltage, calculate the power in each point of the curve and post the values of the tension, current and power at the point of maximum power.

Keywords: solar panel, MPPT, microcontroller, interface.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions le Tout-Puissant Allah de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste projet.

Nous remercions notre superviseur, le Dr Arab Mustapha, pour toute l'aide, l'orientation et la disponibilité tout au long de la mise en œuvre du projet.

Nous sommes profondément reconnaissants de l'honneur que le jury nous a accordé et de leur inspection et évaluation critique de notre travail.

Nous exprimons notre reconnaissance à tous les enseignants et étudiants du département d'électrotechnique.

Enfin, nous remercions nos parents et tous les membres de notre famille pour leur encouragement et leur soutien

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Carte du monde de l'irradiation moyenne annuelle en KWh/m ² sur un plan horizontal.	14
Figure I. 2 : Le système photovoltaïque [2].	15
Figure I. 3: Structure typique d'une cellule solaire au silicium.	16
Figure I. 4: Formations de paires e-trou et création de la jonction p-n avec des dopages différents (source CEA [1]).	17
Figure I. 5 : Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque [2].	18
Figure I. 6 : Courbe caractéristiques d'une cellule PV en mode générateur.	20
Figure I. 7 : Caractéristique courant -tension d'une cellule photovoltaïque [2].	21
Figure I. 8 : Caractéristique puissance -tension d'une cellule photovoltaïque [2].	21
Figure I. 9 : le facteur de forme, quotient de la surface hachurée à la surface non hachurée.	Error!
Bookmark not defined.	
Figure I. 10: Influence de la température sur la caractéristique I-V d'un Générateur photovoltaïque.	25
Figure I. 11: influence de l'ensoleillement sur la courbe I -V d'un Générateur photovoltaïque.	25
Figure I. 12 : Association parallèle de deux modules photovoltaïques. [7]	26
Figure I. 13 : Association série de deux modules photovoltaïques. [8]	27
Figure II. 1: Schéma bloc de la partie physique de la conception. -----	29
Figure II. 2: schéma synoptique de la carte de caractérisation.-----	30
Figure II. 3: Variation du point de fonctionnement suivant la charge. -----	31
Figure II. 4: Schéma de principe de la charge électronique. [12] -----	32
Figure II. 5: Principe de la charge électronique réalisée. -----	33
Figure III. 1 : Schéma global de la carte à réaliser connectée aux modules PV	37
Figure III. 2 : La carte a réaliser	38
Figure III. 3 : Les alimentations régulées de la carte à réaliser.	39
Figure III. 4 : Adaptation des tensions des module PV pour la conversion	39
Figure III. 5 : Raccordement des capteurs de courant aux modules PV.	41
Figure III. 6 : Raccordement du module avec le module PV et le capteur de courant.	42
Figure III. 7 : Le μC utiliser pour la gestion de la carte a réalisée	43
Figure III. 8 : Interface de programme CCS C compiler	45
Figure III. 9 : Organigramme de la conversion analogique numérique des grandeurs.	46
Figure III. 10 : Ecran LCD 4 lignes * 20 caractères.	48
Figure III. 11 : Utilisation de l'afficheur graphique.	50
Figure III. 12: Montage du capteur de température DS18B20	51
Figure III. 13 : Emplacement du capteur dans la carte à réalisée	52
Figure III. 14 : Convertisseur de niveau RS232	52
Figure III. 15 : schéma des capteurs de courant et de tension.	53
Figure III. 16 : Fonctionnement interne du capteur « ACS712-20A »	53
Figure III. 17 : Intervalle et linéarité de mesure.	53
Figure III. 18 : Organigramme du fonctionnement du programme principal.	54
Figure III. 19 : Interface de programme Proteus 8.6	55
Figure III. 20: Simulation d'un panneau solaire avec ses caractéristiques	55
Figure III. 21: Modèle de la cellule PV sous Orcad avec modification du modèle de la diode.	56
Figure III. 22 : Caractéristiques I-V et P-V de la cellule PV sous 25°C et 1000 W/m ² .	56
Figure III. 23 : L'influence de la température sur caractéristiques I-V et P-V sous 1000 W/m ² .	Error!
Bookmark not defined.	
Figure III. 24 : L'influence d'irradiation caractéristiques I-V et P-V sous 25°C	57
Figure III. 25 : Vue de face du circuit imprimé de la carte a réaliser en 3D.	58

Figure III. 26 : Vue arrière du circuit imprimé de la carte à réaliser en 3D 58

Figure IV. 1 : Schéma global de la carte a réalisé Le microcontrôleur (μ C) PIC18F4550.....	61
Figure IV. 2 : Mesure de la température.....	62
Figure IV. 3: Mesure de courante par le capteur AC712 20A.....	62
Figure IV. 4 : : Capteur de lumière	63
Figure IV. 5: Circuit imprimé de la carte a réalisé coté cuivre.	64
Figure IV. 6 : Circuit imprimé de la carte a réalisé coté composants.....	64
Figure IV. 7 : :la carte a réalisé son afficheur	65
Figure IV. 8 : : La carte final à réaliser.....	65
Figure IV. 9: testée de la carte à réaliser.....	66

LISTE DES PARAMETRES

Φ [kw /m²] : Flux lumineux.

PPM : Point de puissance maximale

T [C°] : Température.

Lx : Lux

Q_{CC} : Point de fonctionnement en court-circuit.

Q_{CO} : Point de fonctionnement en circuit ouvert.

R_{OPT} [Ω] : Valeur de la résistance de charge optimale pour laquelle la puissance est maximale.

R_S[Ω] : Résistance série (modèle électrique du panneau solaire).

R_{sh}[Ω] : Résistance shunt (modèle électrique du panneau solaire).

C [m²/V] : sensibilité du panneau.

I_{PH} [A] : Photo courant généré par le générateur interne (model électrique du panneau solaire).

I_d[A] : Courant traversant la diode (model électrique du panneau solaire).

I_{Rsh} [A] : Courant traversant la résistance shunt (model électrique du panneau solaire).

I_P[A] : Courant délivré par le panneau solaire.

I_{CC} [A] : Courant de court-circuit.

I_m[A] : Courant maximal du point (MPP : point de puissance maximale).

I_{DS}[A] : Courant drain-source du MOSFET.

I-V : Caractéristique I=f(V)

P-V : Caractéristique P=f(V)

I_D[A] : Courant drain-source maximal pouvant traverser le MOSFET.

I_{sat} [A] : Courant de saturation.

I_{rrd} : Irradiation solaire.

GPV : Générateur photovoltaïque.

FF :Facteur de forme.

V_{DS}[A] : Tensions drain-source du MOSFET.

V_{MPP} : Tension optimale.

V_{GS} [V] : Tension gate-source.

V_{th} [V] : Tension seuil V_{GS} à partir de laquelle le mosfet commence à conduire.

V_p [V] : Tension aux bornes de la diode (modèle électrique du panneau solaire).

$V_d[V]$: Tension délivrée par le panneau solaire.

$V_{co}[V]$: Tension de circuit-ouvert.

$V_m [V]$: Tension maximale.

MLI : Modulation de largeur d'impulsion.

PWM : Pulse Width Modulation.

μC : Microcontrôleur.

MPP : Point de puissance maximale.

MPPT : Poursuite du point de puissance maximale (Maximum power point tracker).

η : Rendement.

I_{MPP} : Courant optimale.

P_{MPP} : Puissance optimale.

P_{PPM} : puissance maximale.

V_T (ou $V_{Tension}$) [V] : Tension image de la tension délivrée par le panneau photovoltaïque.

$P_m[W]$: Puissance maximale délivrée par le panneau.

PV : Photovoltaïque.

STC : Standard test condition.

OPC : Opérationnel condition.

V_{ADC} : Tension d'entrée de PIC.

V_{IN} : Tension d'entrée de panneau.

SOMMAIRE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE	12
I.1 Introduction.....	13
I.2 Le monde de l'énergie renouvelable	13
I.3 Le système photovoltaïque.....	15
I.3.1 Production d'énergie.....	15
I.3.2 Contrôle de l'énergie	15
I.3.3 Utilisation de l'énergie :.....	16
I.4 Structure d'une cellule PV	16
I.5 Mécanisme de production d'énergie PV	16
I.5.1 Modélisation de La cellule photovoltaïque	18
I.5.2 Les paramètres d'une cellule photovoltaïque	Error! Bookmark not defined.
I.6 Adaptation d'impédance :	19
I.6.1 Les différents types de cellules photovoltaïques :.....	18
I.6.2 Courbes et grandeurs caractéristique :	19
I.6.3 Courant de court-circuit	21
I.6.4 Tension de circuit ouvert :.....	22
I.6.5 Le point de puissance maximale (PM) :.....	23
I.6.6 Le facteur de forme (FF).....	Error! Bookmark not defined.
I.6.7 Le rendement η d'une cellule PV.....	23
I.6.8 Influence de la température sur une cellule PV :.....	23
I.6.9 Influence de l'ensoleillement sur une cellule PV	25
I.7 Le passage du module au champ photovoltaïque	26
I.7.1 Montage parallèle :	26
I.7.2 Montage série :	26
I.7.3 Montage série parallèle :	27
CHAPITRE II : CONCEPTION DE LA CARTE ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	28
II.1 Introduction :	29
II.2 Schéma de conception	29
II.3 Présentation des différentes parties de la carte :.....	30
II.4 schéma synoptique de la carte de caractérisation.	30
II.5 Le Bloque B1	31
II.5.1 la charge électronique	31
II.5.3 Principe de la charge électronique réalisée :	31
II.5.4 Intérêt d'utilisation de MOSFET	32
II.5.5 Principe de fonctionnement de la charge électronique :.....	33

II.9	Bloque B2 (Mesure de la température et du flux lumineux)	34
II.6	Bloque B3 : (mesure de la tension et du courant).....	34
II .7	Microcontrôleur :	35
II.8.1	Définition :	35
II.8	FT-232 DRIVER : (adaptateur RS-232).....	35
CHAPITRE III : Simulation de la carte à Réalisé		36
III.1	Introduction.....	37
III.2	Schéma global de la carte à réaliser :	37
III.3	La carte de diagnostique	38
III.4	Alimentation de la carte à réaliser :	38
III. 5	Acquisition de la tension du module PV	39
III. 6	Acquisition du courant du module PV.....	40
III.6.1	La charge dynamique	42
III.6.2	Le microcontrôleur (μ C) PIC18F4550.....	42
III.6.3	Le rôle du microcontrôleur dans le montage.....	43
III.6.4	Caractéristiques du PIC18F4550.....	43
III.6.5	Identification des PICs.....	44
III.6.6	Critères de choix du PIC	44
III.6.7	Architecture interne du PIC 18F4550.....	44
III.7	Le logiciel CCS C Compiler	45
III.8	Organigramme de la Conversion analogique numérique des grandeurs :	46
III.9	Programmation et configuration du PIC 18F4550 avec CCS :	47
III .10	Affichage des données	48
III.10.1	Afficheur alphanumérique	48
II.10.2	Afficheur graphique	49
III.11	Mesure de la température :	51
III.12	Mesure de l'irradiation solaire :	51
III.13	Communication local RS232 :	52
III.14	Capteur d'intensité de courant (ACS712-20A)	53
III.15	Fonctionnement du programme principal :	54
III. 16	Le logiciel Proteus	55
III.17	Modélisation des sources photovoltaïques.....	56
III .18	Le circuit de la carte sur ARES	58
Conclusion :.....		59
CHAPITRE IV : Réalisation de la carte.....		60
IV.1	Introduction :	61
IV.2	Réalisation sur plaque d'essai.....	61
IV.3	Capteur de température :	62
IV.4	Mesure du courant par le capteur ACS712 20A :	62

IV.5 Capteur de luminosité.....	62
IV.6 Circuit imprimé et conception :	63
IV.6.1 Circuit imprimé de la carte a réalisé (côté composants et coté cuivre) :	63
IV .7 La carte final	64
IV.8 Test et résultats	66
Conclusion.....	68
CONCLUSION GENERALE	69

INTRODUCTION GENERALE

Avec l'augmentation croissante des besoins énergétiques mondiaux et la prise de conscience accrue des impacts environnementaux des sources d'énergie conventionnelles, les énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire, sont devenues un pilier essentiel du développement durable. Les panneaux photovoltaïques (PV), qui convertissent directement la lumière solaire en électricité, jouent un rôle central dans cette transition énergétique.

Dans chapitre I (Généralités sur le Générateur Photovoltaïque), nous abordons les principes fondamentaux des générateurs photovoltaïques. Nous expliquons la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, les facteurs influençant l'efficacité des panneaux photovoltaïques, ainsi que les différentes technologies de cellules disponibles sur le marché. Cette base théorique est indispensable pour la suite de notre étude.

Le Chapitre II (Conception de la Carte et Principe de Fonctionnement) décrit en détail la conception de la carte de caractérisation. Nous présentons le schéma général de la carte, en mettant en avant le rôle du microprocesseur et de ses périphériques. La carte est segmentée en plusieurs blocs fonctionnels, chacun dédié à des tâches spécifiques telles que la mesure de la tension et du courant, la mesure de la température et du flux lumineux, et le contrôle de MOSFET pour une gestion précise du courant et de la tension.

Ce Chapitre III (Simulation de la Carte à Réaliser) est consacré à la simulation des composants et des circuits de la carte de caractérisation. Nous décrivons les modèles électroniques utilisés pour représenter les cellules photovoltaïques et analysons les résultats obtenus lors des simulations. Ces simulations permettent de vérifier la robustesse et la précision des mesures sous différentes conditions expérimentales.

Dans ce dernier chapitre IV (Réalisation de la Carte), nous passons de la théorie à la pratique. Nous détaillons le processus de fabrication de la carte de caractérisation, depuis le dessin du circuit imprimé sur le logiciel ARES jusqu'à la réalisation physique du circuit sur une carte cuivrée. Nous décrivons également les tests effectués pour valider la conception et les ajustements réalisés pour optimiser les performances de la carte.

La réalisation d'une carte de caractérisation des panneaux photovoltaïques nous a permis d'allier théorie et pratique pour obtenir un outil de mesure précis et fiable. Les différentes étapes de conception, simulation, et réalisation ont été menées à bien, confirmant ainsi la validité de notre approche. Ce travail ouvre la voie à des améliorations futures pour une caractérisation encore plus fine et intégrée des systèmes photovoltaïques.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

I.1 Introduction

Ce chapitre vise à approcher le monde de l'énergie solaire, en se plaçant dans son contexte et détaillant les applications pratiques de celle-ci et des installations qui lui sont relatives. Nous entamerons notre travail par un bref examen de l'état de l'art des énergies renouvelables puis nous passerons à notre principal centre d'intérêt, entre autres, « l'énergie solaire » et tout ce qui a trait au photovoltaïque qui se place sous la définition de conversion de l'énergie lumineuse en électricité.

I.2 Le monde de l'énergie renouvelable

Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables à l'échelle humaine et sont respectueuses de l'environnement, c'est-à-dire que leur impact environnemental est moindre par rapport à celui occasionné par l'utilisation des énergies conventionnelles (pétrole, gaz et charbon).

Aujourd'hui, les réserves mondiales de ces combustibles fossiles s'épuisent et c'est pour cette raison que les professionnels de l'énergie commencent à se tourner vers les énergies renouvelables. Celles-ci proviennent en grande partie du Soleil, le principal fournisseur d'énergie de la Terre, qui en plus de fournir de la lumière visible, transforme également la biomasse grâce à la photosynthèse... etc. Ainsi, des énergies renouvelables de plus en plus compétitives apparaissent de nos jours principalement : éolien, hydraulique, biomasse, géothermie et solaire.

Il est donc inévitable de mentionner le concept de durabilité, étant donné que ce type d'énergie est appelé à être l'énergie de l'avenir, car en utilisant l'énergie du soleil pour produire d'autres formes d'énergies, nous ne provoquons pas de changements substantiels dans l'équilibre de la Terre : principe de base de durabilité.

Le Soleil fournit de l'énergie sous forme de rayonnement qui réchauffe et illumine. L'utilisation de cette énergie peut être effectuée de différentes manières :

- **Par utilisation directe** : incorporation dans les constructions d'éléments avec une haute absorption thermique : énergie solaire thermique passive.
- **Par transformation en chaleur** : c'est l'énergie solaire thermique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer le fluide circulant à l'intérieur des capteurs solaires thermiques.

- **Par transformation en électricité** : c'est l'énergie solaire photovoltaïque, qui transforme le rayonnement solaire en courant grâce à des cellules photovoltaïques.

C'est dans ce type d'énergie que réside l'objectif de ce projet, car l'équipement conçu sera utilisé pour mesurer les générateurs photovoltaïques. Ce chapitre vise à approcher le monde de l'énergie solaire, en se plaçant dans son contexte et détaillant les applications pratiques de celle-ci et des installations qui lui sont relatives. Nous entamerons notre travail par un bref examen de l'état de l'art des énergies renouvelables puis nous passerons à notre principal centre d'intérêt, entre autres, « l'énergie solaire » et tout ce qui a trait au photovoltaïque qui se place sous la définition de conversion de l'énergie lumineuse en électricité. Cette énergie est disponible en abondance sur toute la surface terrestre. Malgré une atténuation importante lorsqu'elle traverse l'atmosphère, la quantité qui reste est encore suffisante quand elle parvient au sol. On peut ainsi compter sur 1000 W/m^2 dans les zones tempérées et jusqu'à 1400 W/m^2 lorsque l'atmosphère est faiblement polluée de poussière ou d'eau. Ainsi, il existe des zones dans le monde plus favorisées que d'autres du point de vue ensoleillement. Ces zones sont répertoriées sous forme d'atlas et mettent en évidence des « gisements solaires », [1].

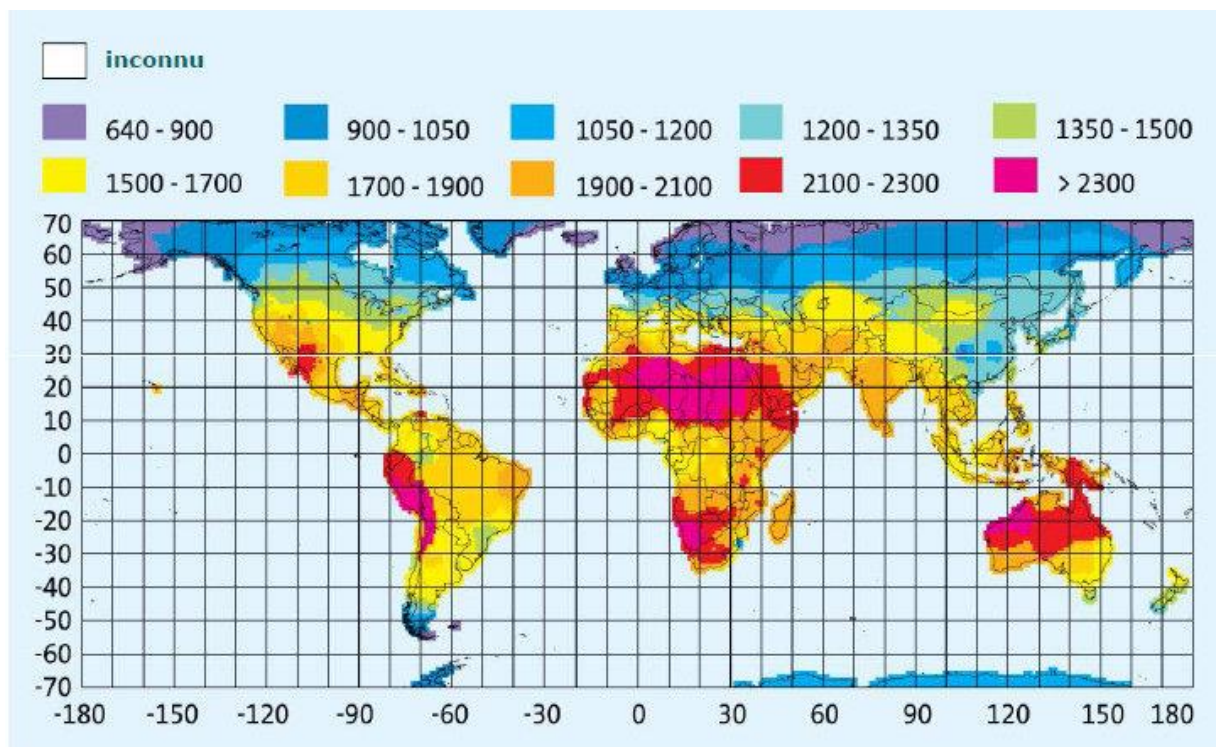


Figure I. 1: Carte du monde de l'irradiation moyenne annuelle en KWh/m^2 sur un plan horizontal. [1]

I.3 Le système photovoltaïque

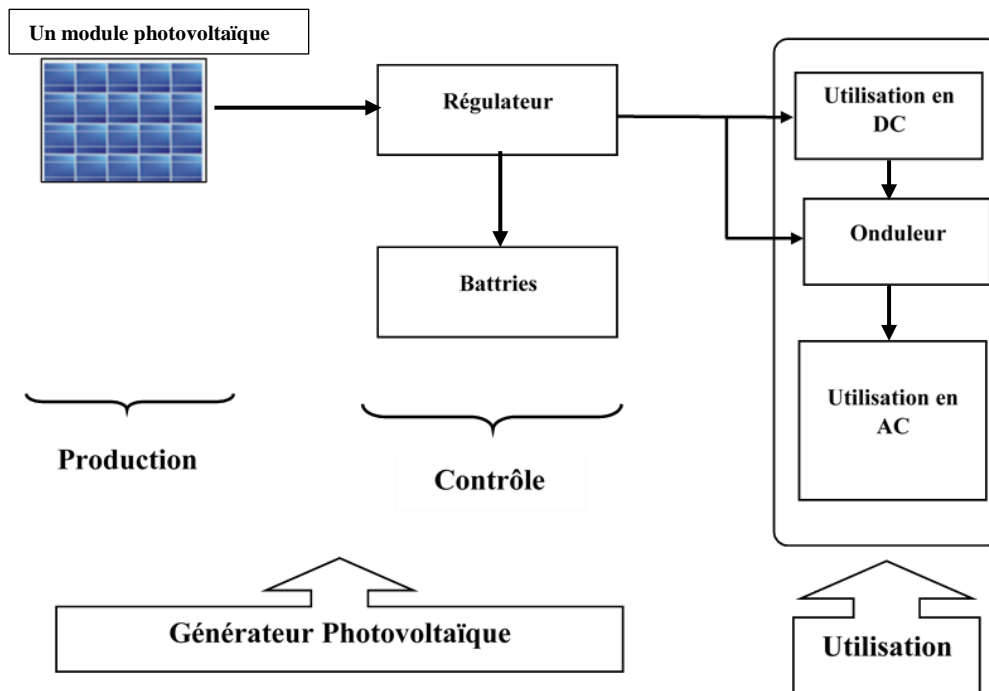


Figure I. 2 : Le système photovoltaïque [2].

Tout système photovoltaïque peut se décomposer en trois parties : une partie production d'énergie, une partie contrôle de cette énergie et une partie utilisation de l'énergie produite. L'analyse précise de chacune de ces fonctions doit être approfondie afin de construire un système fiable techniquement, [2].

Un système photovoltaïque peut effectivement être décomposé en trois parties distinctes :

I.3.1 Production d'énergie

Cette partie comprend principalement un ou plusieurs modules photovoltaïques. Ces modules, constitués d'un ensemble de cellules photovoltaïques, transforment l'énergie solaire en électricité. Un module photovoltaïque fonctionne comme un générateur de courant continu (DC).

I.3.2 Contrôle de l'énergie

L'énergie électrique produite par ces modules dépend notamment de l'ensoleillement et de leur orientation par rapport au soleil. Par conséquent, il y a une irrégularité dans la production d'énergie, qui peut ne pas correspondre aux besoins énergétiques, généralement plus constants. Il est donc souvent nécessaire de contrôler l'approvisionnement en électricité à l'aide d'un système de stockage de l'énergie, avec ou sans régulation. De plus, il est parfois nécessaire de

modifier la nature du courant pour certaines applications, en convertissant le courant continu en courant alternatif à l'aide d'un onduleur.

I.3.3 Utilisation de l'énergie :

Cette partie décrit les principaux composants d'un système photovoltaïque : les récepteurs utilisant l'énergie électrique produite, les modules photovoltaïques et les éléments de contrôle formant le générateur photovoltaïque, et l'assemblage complet en un système photovoltaïque. Elle clarifie la logique de « production-consommation » spécifique à l'utilisation du photovoltaïque et aborde les fonctions de production et de contrôle de l'énergie, en excluant les spécificités d'usages particuliers. [2].

I.4 Structure d'une cellule PV

Une cellule solaire, comme l'illustre la figure I.3, est en fait semblable à une photodiode qui se compose d'une jonction p-n. le dopage est réalisé d'une façon asymétrique or la base est dopée couche p (positif) et le haut présente un fort dopage en couche n (négatif) qui représente l'émetteur de la diode.

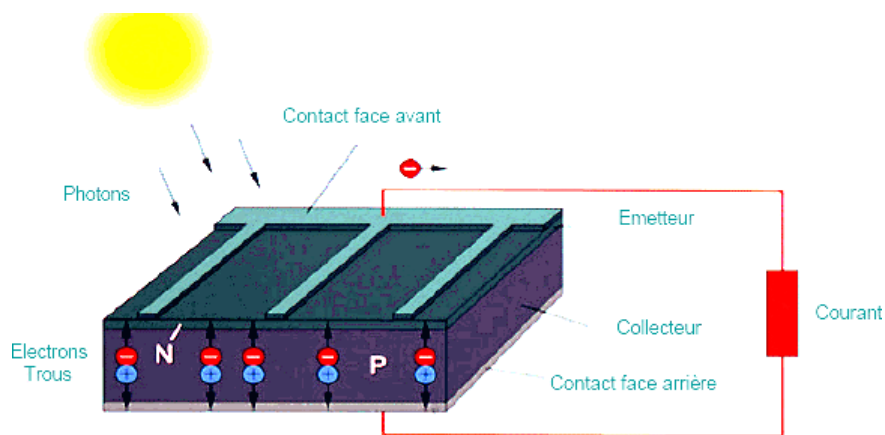


Figure I. 3: Structure typique d'une cellule solaire au silicium.

I.5 Mécanisme de production d'énergie PV

Un panneau PV est un assemblage de plusieurs cellules solaires. Ces cellules produisent de l'électricité une fois exposées à la lumière. Le processus de production d'énergie électrique est qu'une cellule absorbe la lumière et produit des paires électrons-trous, fait migrer les charges électriques vers les extrémités pour enfin pouvoir les évacuer grâce aux circuits extérieurs.

Un photon qui rentre en collision avec un atome de silicium peut transférer, une partie ou la totalité de son énergie aux électrons afin de les exciter et de les forcer de quitter la bande

de valence et de rejoindre la bande de conduction laissant ainsi derrière eux des trous chargés positivement comme l'indique la figure I.4.

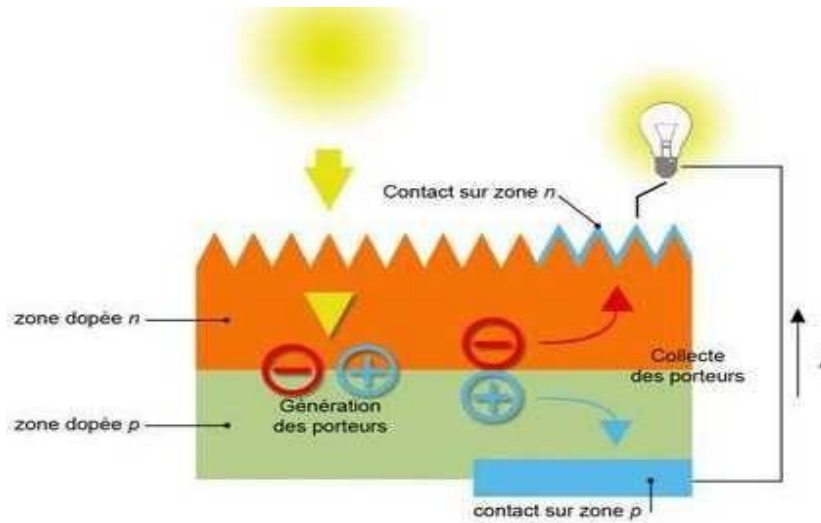


Figure I. 4: Formations de paires e-trou et création de la jonction p-n avec des dopages différents (source CEA [1]).

Le matériau semi-conducteur composant la jonction p-n comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites dopées respectivement de type n et de type p. Le dopage des cristaux de silicium consiste à leur ajouter d'autres atomes pour améliorer la conductivité du matériau. Un atome de silicium compte 4 électrons périphériques. L'une des couches de la cellule est dopée avec des atomes de phosphore qui, eux, comptent 5 électrons (soit 1 de plus que le silicium). On parle de dopage de type n comme négatif, car les électrons (de charge négative) sont excédentaires. L'autre couche est dopée avec des atomes de bore qui ont 3 électrons (1 de moins que le silicium). On parle de dopage de type p comme positif en raison du déficit d'électrons ainsi créé. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p [1].

En traversant la cellule photovoltaïque, les photons arrachent des électrons aux atomes de silicium des deux couches n et p. Les électrons libérés se déplacent alors dans toutes les directions. Après avoir quitté la couche p, les électrons empruntent ensuite un circuit pour retourner à la couche n. Ce déplacement d'électrons n'est autre que de l'électricité, [5].

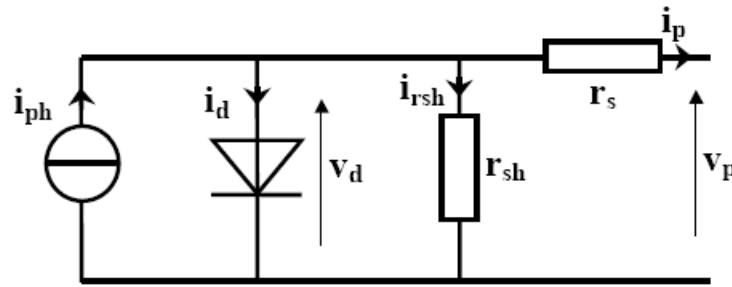
I.5.1 Modélisation de La cellule photovoltaïque

Figure I. 5 : Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque [3].

I.5.1 Les différents types de cellules photovoltaïques :

Il existe trois principaux types de cellules à base de silicium à l'heure actuelle :

Cellule en silicium poly cristallin

Leur conception étant plus facile, leurs coûts de fabrication est moindre, cependant leur rendement est plus faible (11%-13%) [6].

Cellule en silicium monocristallin

Ce sont celles qui ont le meilleur rendement (12-16%), mais aussi celle dont le coût est le plus élevé, du fait d'une fabrication compliquée [7].

Cellule silicium amorphe en couche mince

Elles ont un faible rendement (8%-10%), mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans les produits de petite consommation telles que les calculatrices solaires ou encore les montres [7].

I.5.1.1 Influence de la résistance série

D'une valeur généralement très faible, la résistance série agit sur la pente de la caractéristique dans la zone où la cellule se comporte un générateur de tension. Elle ne modifie pas la tension de circuit ouvert. Lorsqu'elle est anormalement élevée, elle peut diminuer notablement la valeur du courant de court-circuit. La valeur de la résistance série est fonction de la résistivité du matériau semi-conducteur, des résistances de contact des électrodes et de la résistance de la grille collectrice [5].

I.5.1.2 Influence de la résistance shunt

Il s'agit le plus souvent d'une conductance de fuite. C'est comme si l'on devait soustraire au photo-courant, outre le courant de la diode, un courant supplémentaire proportionnel à la tension développée. La résistance shunt est en général très élevée. Si elle diminue on remarque

une légère pente au voisinage du point de courant de court-circuit sur la caractéristique I-V de la cellule photovoltaïque.

Une résistance shunt trop faible aura un impact sur la tension de circuit ouvert de la cellule : en effet, une cellule photovoltaïque dont la résistance shunt est trop faible ne donnera plus de tension sous un faible éclairement [6].

I.6 Adaptation d'impédance .

Est une technique en électricité permettant d'optimiser le transfert d'une puissance électrique entre un émetteur (source) et un récepteur électrique (charge) :

Dans le cas de quadripôles en cascade, l'impédance du récepteur doit être très grande par rapport à celle de l'émetteur. Le rendement est ainsi optimisé lors qu'on a une désadaptation maximale. La théorie de la puissance maximum détermine que l'impédance de la charge doit être le complexe conjugué de l'impédance du générateur. En présence d'une ligne de transmission, l'impédance du récepteur doit être égale à l'impédance caractéristique de celle-ci pour éviter les réflexions [8].

Exemple :

La caractéristique d'une charge résistive est une droite de pente égale à $1/R$ (sachant Que $I/V = 1/R$).

La puissance délivrée à cette charge ne dépendra que de la valeur de la résistance R . La puissance maximale est obtenue pour $R = R_{OPT}$

$$P_m = V_m \cdot I_m \quad (I.1)$$

I.6.1 Courbes et grandeurs caractéristique .

La courbe caractéristique d'une cellule photovoltaïque correspond bien dans le principe à une photodiode. Cependant, pour la cellule PV le principe du générateur est sélectionné comme le schématise la figure I.6.

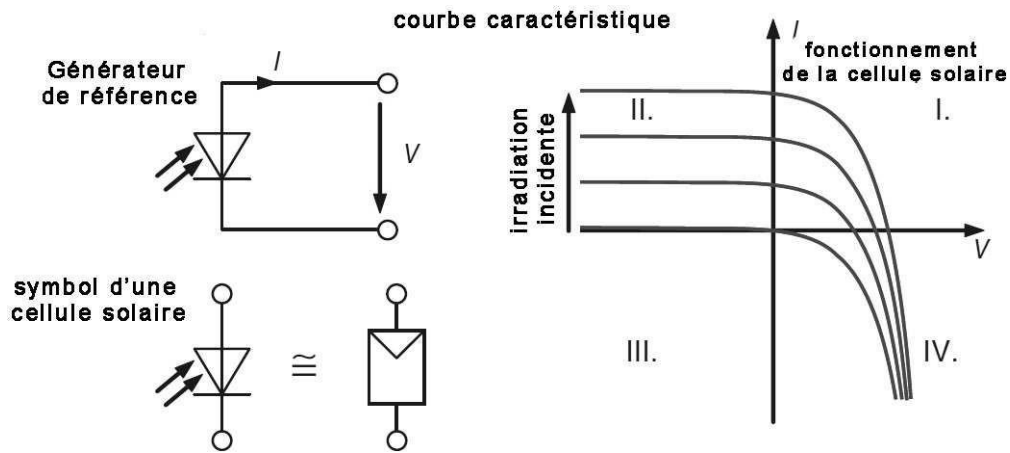


Figure I. 6 : Courbe caractéristiques d'une cellule PV en mode générateur.

Comparativement à une photodiode, le sens de la tension est conservé par contre celui du courant est inversé pour préserver la convention génératrice. De part ça, la production d'énergie aura lieu dans le premier quadrant et par suite la majorité des courbes caractéristiques de la cellule PV sont représentées dans ce même quadrant. Le symbole utilisé en figure I.6 pour une cellule PV est devenu une norme. [5]

I.6.1.1 La caractéristique courant-tension :

La caractéristique courant-tension, illustrée dans la figure (I.7), décrit le comportement de la cellule photovoltaïque sous l'influence des conditions météorologiques (niveau d'éclairement et température ambiante) [6]

La courbe de la cellule solaire $I=f(V)$ passe par trois points importants qui sont :

- Le courant de court-circuit : I_{cc}
- La tension de circuit ouvert : V_{co}
- La puissance maximale : P_m .

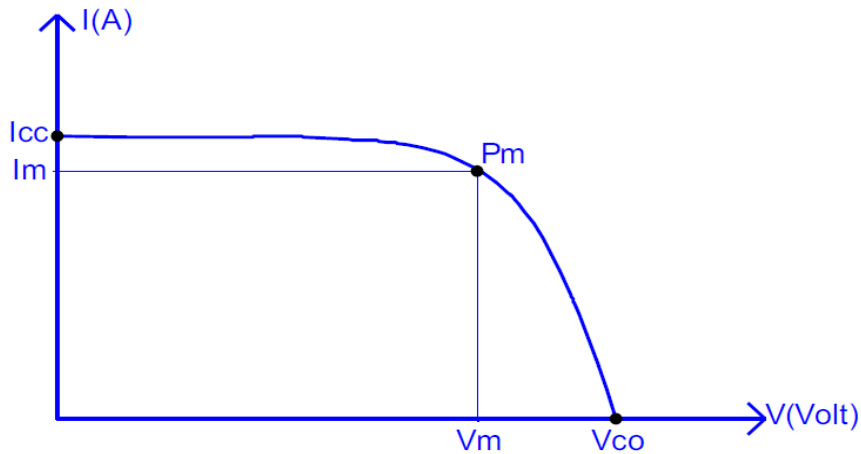


Figure I. 7 : Caractéristique courant -tension d'une cellule photovoltaïque [2].

I.6.1.2 La caractéristique puissance-tension :

La caractéristique puissance-tension est un outil important pour l'analyse des circuits électriques. Elle permet de déterminer la puissance maximale consommée par un dipôle, la tension pour laquelle la puissance consommée est maximale et le rendement du dipôle.

La caractéristique puissance-tension passe par un point important :

- La puissance maximale **Pm**

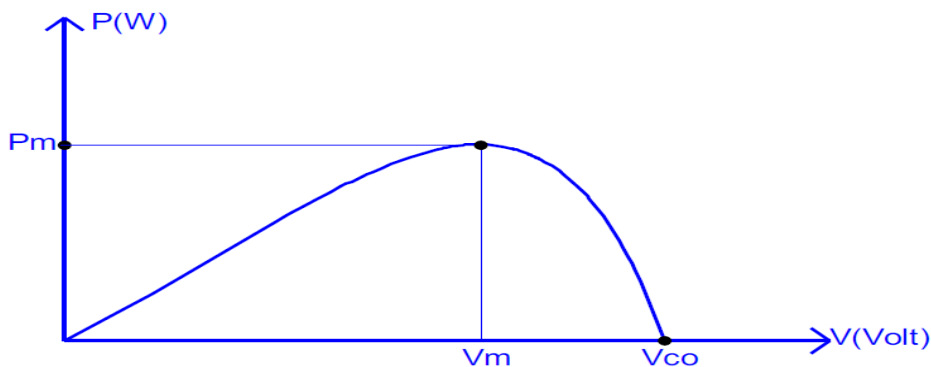


Figure I. 8 : Caractéristique puissance -tension d'une cellule photovoltaïque [2].

I.6.2 Courant de court-circuit

Lorsque la lumière du soleil frappe un panneau solaire, elle crée des paires électron-trou dans les cellules photovoltaïques. Ces paires se séparent ensuite sous l'effet du champ électrique intégré de la cellule, créant un courant électrique, il n'y a aucune résistance pour limiter le courant qui circule. Le courant est alors uniquement limité par les propriétés physiques du

panneau solaire, telles que la quantité de lumière incidente et l'efficacité de conversion des cellules. [5]

$$I_{cc} = I_{ph} - I_{sat} \left[e^{\frac{q(V+IR_s)}{mkt}} - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \quad (I.3)$$

I_{cc} : courant de court-circuit.

I_{ph} : courant photo-généré par le générateur solaire sous éclairage.

I_{sat} : courant de saturation.

R_s : résistance série du générateur solaire.

R_{sh} : résistance shunt du générateur solaire.

A un niveau d'éclairage standard (égale à 1 kW/m²), l'effet de la résistance série est négligeable (point I_{cc} de la figure (I.7)). Dans ce cas, le courant de court-circuit peut être considéré comme étant équivalent au photo courant I_{ph} , c'est-à-dire proportionnel à l'éclairage ϕ :

$$I_{cc} = I_{ph} = C \phi \quad (I.4)$$

C : constante

I.6.3 Tension de circuit ouvert :

La tension de circuit ouvert (V_{co}) d'un panneau solaire est la tension maximale que le panneau peut produire lorsqu'il n'y a aucun courant qui circule. C'est-à-dire, lorsque le panneau est à vide, sans aucune charge connectée.

Lorsque $I_P=0$, la tension du circuit ouvert peut être exprimée analytiquement selon la formule suivante

$$V_{co} = \frac{ATK_B}{q} I_n \left(\frac{I_{PH}+I_{sat}}{I_{sat}} \right) \quad (I.5)$$

Si la résistance série est nulle et la résistance shunt est infinie, l'expression devient :

$$V_{co} = \frac{ATK_B}{q} I_n \left(\frac{I_{PH}}{I_{sat}} \right) \quad (I.6)$$

La tension de circuit ouvert V_{CO} correspond à la chute de tension aux bornes de la jonction PN, lorsqu'elle est traversée par le photo-courant I_{sat} . Nous avons vu que le courant produit par la photopile (I_{PH}) est pratiquement proportionnel au flux lumineux (Φ). Par contre, la tension (V) aux bornes de la jonction varie peu, car elle est fonction de la différence de potentiel

à la jonction N-P du matériau lui-même (pour le silicium monocristallin, elle est de 590 mV pour $T = 25C^{\circ}$) La tension de circuit ouvert ne diminuera que légèrement avec le flux lumineux, [3].

Ceci implique donc que :

- La puissance optimale de la cellule (P_m) est pratiquement proportionnelle à l'éclairement [3].
- Les points de puissance maximale se situent à peu près à la même tension (Figure I.8).

I.6.4 Le point de puissance maximale (P_M) :

La cellule PV produit des puissances différentes qui dépendent du point de fonctionnement réel dans lequel elle travaille. Seul un point dans lequel la puissance maximale est fournie à la charge et qui est appelé le point de puissance maximale (PM) ou Maximum Power Point (MPP) en anglais. Et comme à chaque point de fonctionnement sur la caractéristique I-V, la puissance correspond à la surface ($V \times I$), la surface doit être maximale dans le cas du MPP. Sur la figure I.8, au MPP correspond le courant I_{MPP} et la tension V_{MPP} .

I.6.5 Le rendement η d'une cellule PV

Le rendement η d'une cellule PV indique la portion de la puissance optique incidente qui sera convertie en une puissance électrique au PPM en sortie :

$$\eta = \frac{P_{PPM}}{P_{OPT}} = \frac{P_{PPM}}{E.A} = \frac{FF.V_{co}.I_{sc}}{E.A} \quad (I.9)$$

Avec E c'est l'irradiation solaire et A la surface effective de la cellule PV.

Les rendements typiques affichés par une cellule PV au silicium sont entre 15% et 22%. [4]

I.6.6 Influence de la température sur une cellule PV :

Une élévation de température d'un semi-conducteur conduit à une augmentation du mouvement thermique de l'électron intégré dans la maille du cristal. Dans la physique des semi-conducteurs, dans ce cas les électrons seront arrachés de leurs orbites vers la bande de conduction et par voie de conséquence la concentration intrinsèque des porteurs de charge augmente et provoque automatiquement une augmentation du courant de saturation I_s . Une

augmentation de I_s conduit à une réduction de la valeur de la tension en circuit ouvert V_{co} .

Une étude poussée des semi-conducteurs nous amène à écrire :

$$\frac{V_{co}}{dT} = \frac{V_{co} - m \cdot \Delta W_G / q}{T} \quad (I.10)$$

Pour une cellule typique et avec un facteur d'idéalité unitaire ($m=1$), on aura :

$$\frac{V_{co}}{dT} = \frac{0.6 - 1.12}{300k} = 1.7 \text{ mV/K} \quad (I.11)$$

Une approximation très correcte est donnée dans [3] et dans laquelle les auteurs déterminent une influence de la température sur V_{co} pour une cellule solaire au silicium de $-2,3 \text{ mV/K}$.

L'influence d'une variation de température sur le courant de court-circuit reste insignifiante mais le point de puissance se déplace à gauche dans la courbe caractéristique (I-V) et sa puissance chute avec une hausse de température.

La connaissance de l'influence d'une variation de température sur la puissance est d'un intérêt particulier pour les utilisateurs d'une cellule PV ou un module PV. Comme dans ce cas la tension de circuit ouvert est fortement dégradée que de légère hausse du courant de court-circuit, la puissance du MPP se dégrade aussi. Aussi le FF est dépendant du rapport V_{co}/VT ce qui entraîne sa diminution. Tous ces trois facteurs conduisent à un coefficient de température pour la puissance de :

$$TC_{PPM} = \frac{\Delta P_{PPM}}{\Delta T \cdot P_{PPM}} \quad (I.12)$$

La dégradation de la puissance d'une cellule PV au silicium est avec un TCP de $0,4$ à $0,5/\text{K}$. En gros, on peut dire que la puissance d'une cellule solaire est réduite d'environ 5% avec une augmentation de température de 10 K . Comme les modules solaires peuvent facilement atteindre une température de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ en plein soleil, ce qui signifie une perte significative en puissance comparativement à la température de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ indiquées dans les fiches techniques. [4]

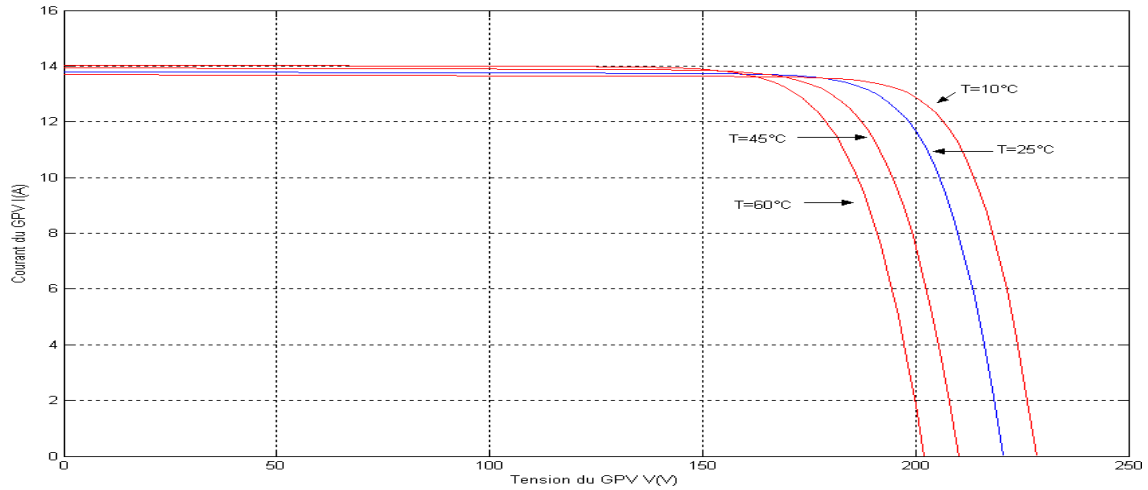


Figure I. 9: Influence de la température sur la caractéristique I-V d'un Générateur photovoltaïque.

L'influence de la température n'est pas négligeable sur la caractéristique courant-tension d'un générateur photovoltaïque voir figure I.10. Pour le silicium, lorsque la température augmente, le courant augmente d'environ 0,025 mA/cm²/°C alors que la tension de 0,4% °C. Cette influence devra être prise en compte lors du dimensionnement du générateur photovoltaïque.

I.6.7 Influence de l'ensoleillement sur une cellule PV

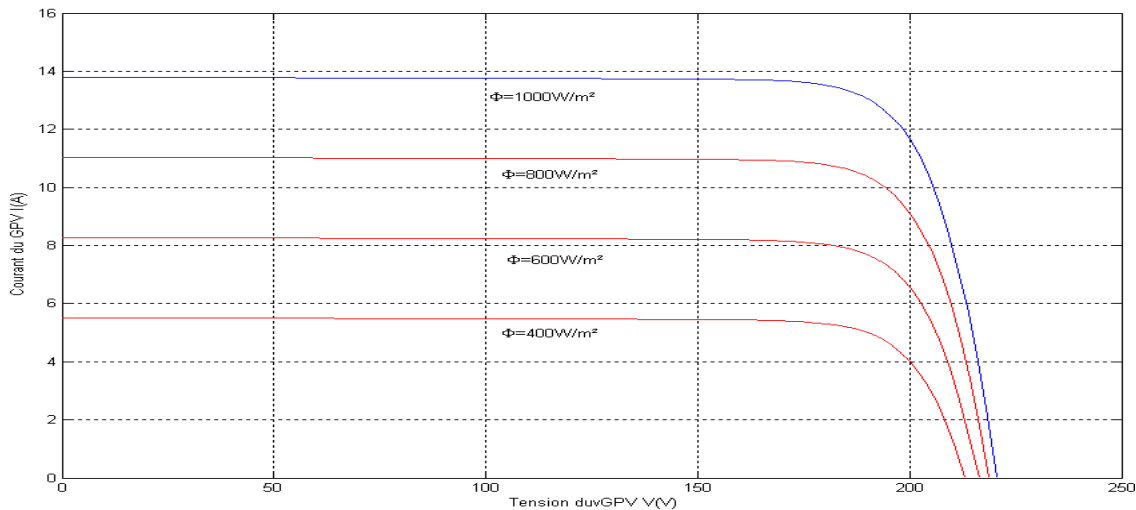


Figure I. 10: influence de l'ensoleillement sur la courbe I -V d'un Générateur photovoltaïque.

L'ensoleillement joue un rôle crucial dans le rendement des générateurs photovoltaïques. Une intensité lumineuse accrue améliore le courant généré et, par conséquent, la puissance produite par les cellules PV. Une bonne compréhension de l'influence de l'ensoleillement sur

la courbe I-V est essentielle pour optimiser les systèmes PV et garantir une production d'énergie efficace. [6]

I.7 Le passage du module au champ photovoltaïque

Le passage du module au champ photovoltaïque marque l'étape où les modules photovoltaïques individuels sont regroupés et connectés pour former un système plus vaste appelé champ photovoltaïque. Ce champ peut être de taille variable, allant d'une installation résidentielle avec quelques modules à une centrale solaire commerciale ou industrielle avec des milliers de modules interconnectés. Ce processus implique la conception du système, le placement optimal des modules pour maximiser l'exposition au soleil, la mise en place de supports et de structures de montage, ainsi que la mise en œuvre de câblages et de dispositifs de contrôle pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité du champ photovoltaïque. Ce passage est crucial pour la mise en place de systèmes solaires à grande échelle et contribue à la production d'électricité à partir de l'énergie solaire de manière efficace et durable. [10]

I.7.1 Montage parallèle :

Dans un montage parallèle, tous les pôles positifs des modules photovoltaïques sont connectés ensemble, et tous les pôles négatifs sont connectés ensemble. Cela permet de créer un circuit électrique unique avec une seule tension de sortie. [2]

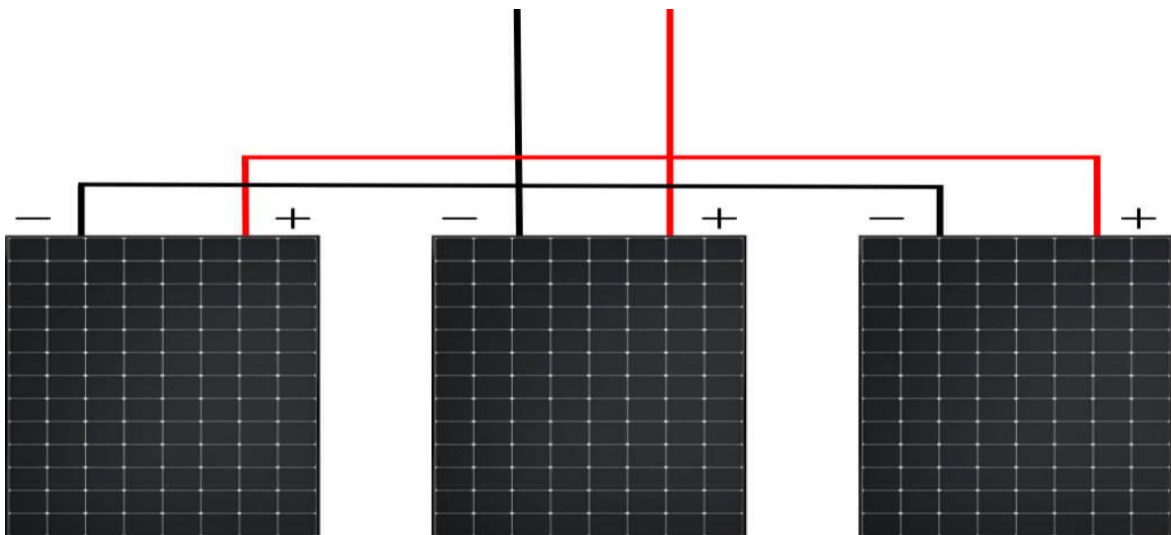


Figure I. 11 : Association parallèle de deux modules photovoltaïques. [11]

I.7.2 Montage série :

Dans un montage série, le pôle positif de chaque module photovoltaïque est connecté au pôle négatif du module suivant. Cela permet de créer un circuit électrique unique avec une tension de sortie cumulée. Figure (I.12) [3]

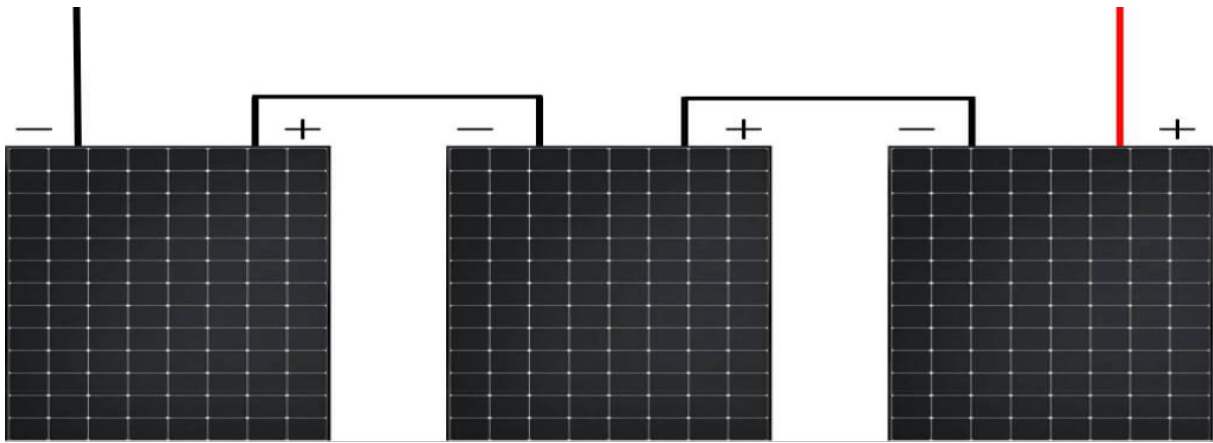


Figure I. 12 : Association série de deux modules photovoltaïques. [11]

I.7.3 Montage série parallèle :

La combinaison de montage série et parallèle est également possible, ce qui permet d'augmenter la tension et la puissance en même temps. [3]

I.8 Conclusion

Ce chapitre a abordé en détail le domaine des énergies renouvelables avec un focus particulier sur le système photovoltaïque. Nous avons examiné la structure et le mécanisme de production d'énergie des cellules PV, en modélisant leurs caractéristiques et en analysant les différents types disponibles. Une attention particulière a été accordée à des paramètres clés tels que le courant de court-circuit, la tension de circuit ouvert et le point de puissance maximale, ainsi que l'influence de la température et de l'ensoleillement sur les performances des cellules PV. Enfin, les montages en parallèle et en série ont été discutés pour comprendre leur impact sur l'efficacité globale des systèmes photovoltaïques.

CHAPITRE II

CONCEPTION DE LA CARTE ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

II.1 Introduction :

Ce chapitre aborde la phase de conception matérielle, où nous décrirons en détail l'approche utilisée pour choisir tous les composants, en fournissant les calculs effectués à cet effet. Cela permet de justifier leur utilisation lors de la mise en œuvre.

La justification des composants est ensuite divisée en deux étapes de conception :

- Étape analogique
- Étape numérique.

Avant cela, il est nécessaire d'établir un schéma global de la réalisation, qui sera ensuite examiné en profondeur afin de développer les détails de connexion du microprocesseur et du programme qui régit le système.

II.2 Schéma de conception

La figure ci-dessous représente le schéma général de la conception avec, au centre du diagramme, le bloc du microprocesseur et ses périphériques. A partir de ce diagramme, on pourra spécifier les éléments détaillés de l'équipement. Programme qui gère le système.

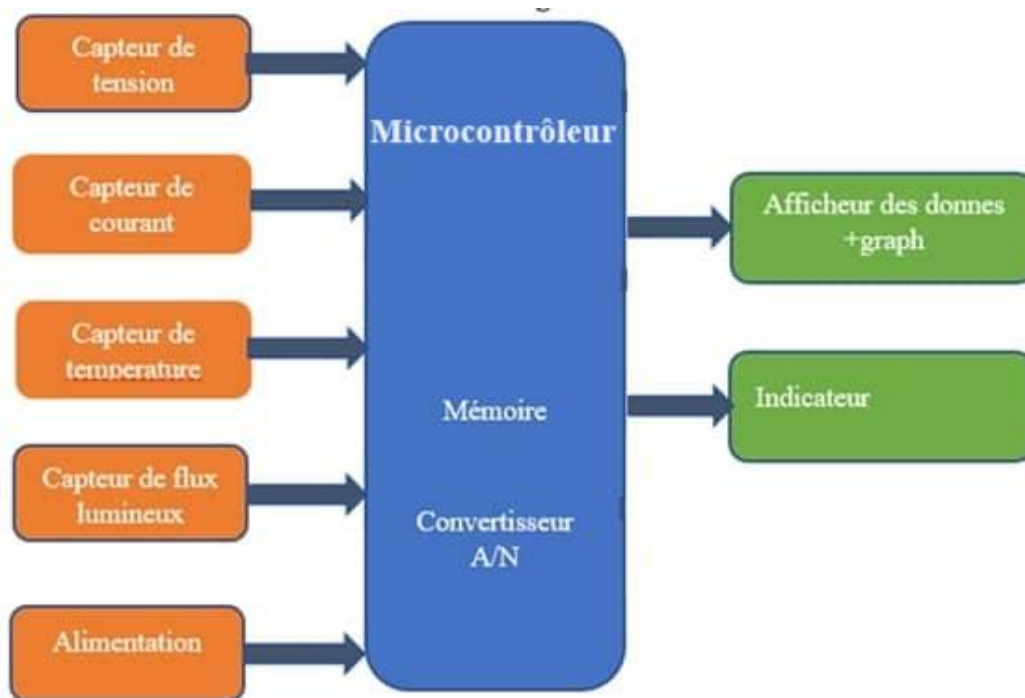


Figure II. 1: Schéma bloc de la partie physique de la conception.

Le schéma présenté précédemment décrit la conception d'une section analogique capable de produire les niveaux de tension appropriés pour la caractérisation de panneaux photovoltaïques. Cette section intègre des entrées de mesure analogique-numérique de la tension et du courant,

ainsi qu'un circuit de caractérisation basé sur un condensateur. Ces éléments permettent de générer la tension de balayage et le courant nécessaires aux tests.

Parallèlement à la partie analogique, un circuit numérique est indispensable pour traiter les signaux analogiques mesurés, les convertir en format numérique et afficher les résultats de la caractérisation sur un écran LCD.

L'étude de ce système débutera par une description détaillée de la partie analogique, suivie de celle de la partie numérique

II.3 Présentation des différentes parties de la carte :

Cette carte a pour but de caractériser des panneaux photovoltaïques en générant des courbes I-V et P-V sous différentes conditions de température et d'éclairement. Elle fonctionnera en suivant ces étapes :

- Réglage du point de fonctionnement.
- Acquisition de données : Pendant les mesures, la carte collectera des données précises sur la température et l'intensité lumineuse.

II.4 schéma synoptique de la carte de caractérisation.

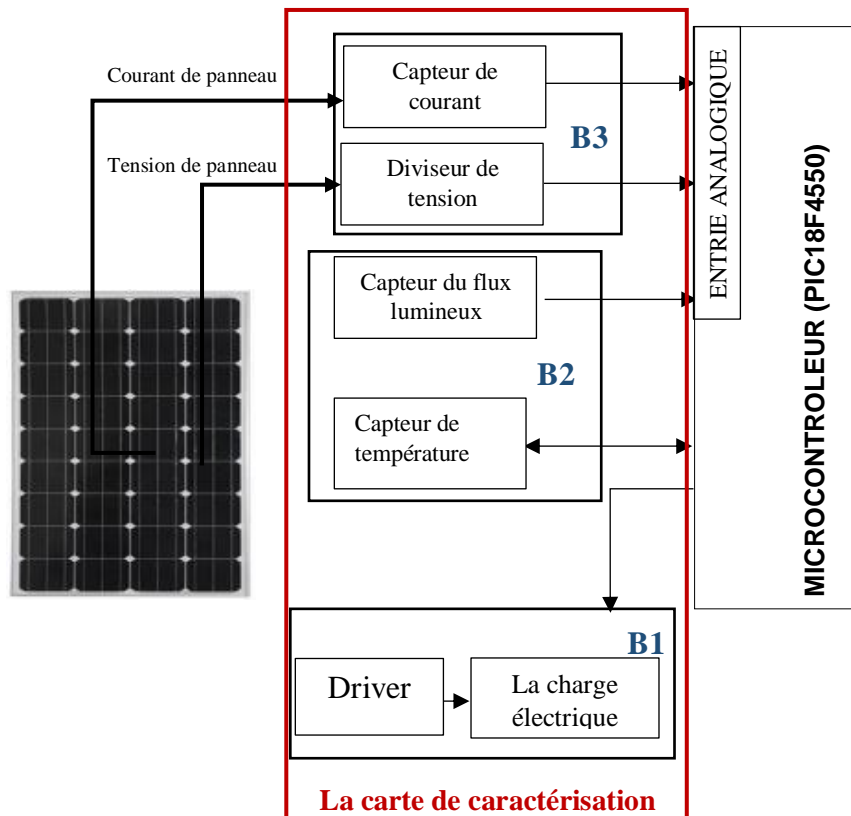


Figure II. 2: schéma synoptique de la carte de caractérisation.

Comme illustré sur le schéma, la carte est composée de plusieurs blocs principaux :

II.5 Le Bloque B1

II.5.1 la charge électronique

Un élément crucial de notre conception est une charge électronique qui intègre un MOSFET et une résistance dynamique pour ajuster dynamiquement ses niveaux de courant (I) et de tension (V). Cela nous permet de tracer avec précision la courbe I-V des panneaux photovoltaïques..

- ❖ Driver : gère la charge de la batterie.

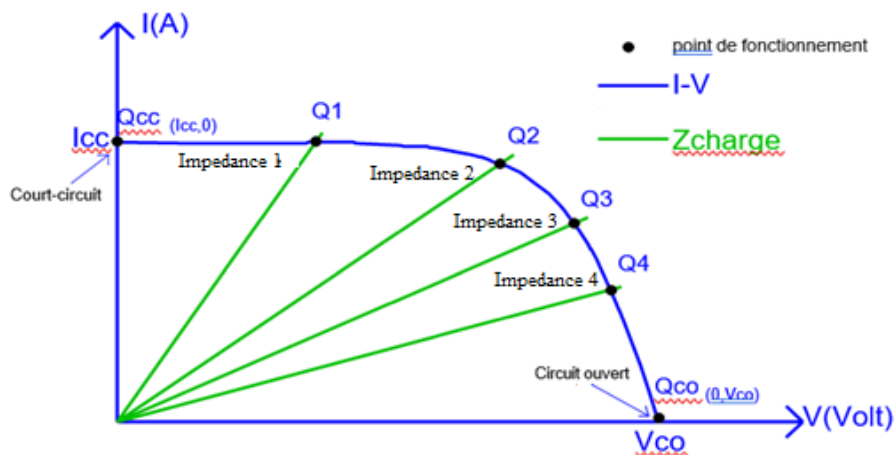


Figure II. 3: Variation du point de fonctionnement suivant la charge.

Les courbes (bleu) dépeignent les caractéristiques de tension-courant (I-V) d'un panneau solaire dans des conditions de température et de luminosité, ou les caractéristiques I-V de panneaux solaires distincts.

Concernant la variation du point de fonctionnement de QCC à QCO, illustrée dans la figure II.3, elle permet de parcourir l'ensemble de la caractéristique I-V du panneau solaire. Une explication plus approfondie sur la conception de la charge, accompagnée de son schéma, sera présentée dans le prochain chapitre. Toutefois, nous estimons qu'il est utile d'en exposer le principe dans le présent paragraphe pour une meilleure compréhension.

II.5.3 Principe de la charge électronique réalisée :

Comme cité précédemment composée de deux étages. La figure II.4 permet d'en expliquer le principe.

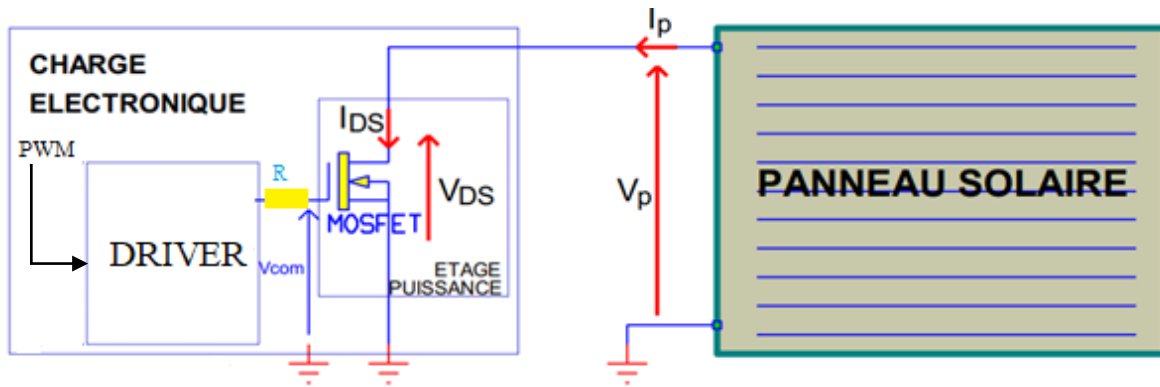


Figure II. 4: Schéma de principe de la charge électronique.

$$\text{Il est évident que : } \begin{cases} I_p = I_{Ds} \\ V_p = V_{Ds} \end{cases}$$

II.5.4 Intérêt d'utilisation de MOSFET

L'utilisation de MOSFET dans les panneaux solaires présente plusieurs avantages significatifs. Tout d'abord, les MOSFETS permettent un contrôle précis de la conduction du courant électrique, ce qui est essentiel pour optimiser l'efficacité des panneaux solaires. En régulant la conduction, les MOSFETS peuvent maximiser la production d'énergie solaire en ajustant la tension et le courant pour correspondre aux besoins du système.

De plus, les MOSFETS ont une faible résistance à l'état passant, ce qui signifie qu'ils peuvent commuter rapidement entre l'état bloqué et l'état passant, minimisant ainsi les pertes d'énergie et améliorant l'efficacité globale du système solaire. Leur capacité à fonctionner efficacement à des températures élevées les rend également adaptés aux environnements solaires difficiles.

Leur résistance R_{on} peut être très faible, quelques milliohms, ce qui les rend aptes à traiter des courants forts sans chute de tension importante. Le passage d'un courant de 10A à travers un bipolaire produit une chute de tension de l'ordre du volt, contrairement à celle que présenterait un RFP50 (MOSFET) qui serait d'une centaine de millivolts.

L'utilisation de MOSFETs au lieu de transistors bipolaires est tout indiqué dans le cas qui nous intéresse. [12]

II.5.5 Principe de fonctionnement de la charge électronique :

L'étage de puissance composé d'un MOSFET, qui agit dans sa région de saturation comme un générateur de courant contrôlé par la tension V_{COM} , également connue sous le nom de V_{GS} . Dans cette région, le courant I_{DS} est exprimé comme suit :

$$I_{DS} = K_N(V_{GS} - V_{th})^2 \tag{II.1}$$

Lorsque la tension $V_{GS} < V_{th} - V_{DS}$, le MOSFET passe dans sa région ohmique et se comporte comme une résistance contrôlée par la tension V_C ou, autrement dit, V_{GS} .

$$I_{DS} = K_N(2(V_{GS} - V_{th})V_{DS} - V_{DS}^2) \tag{II.2}$$

Le point de fonctionnement du panneau se trouve à l'intersection de sa caractéristique et de celle du MOSFET, comme le montre la figure (II.5). Pour une tension V_{GS} donnée, la caractéristique de sortie est fixée, ce qui nous permet de mesurer le courant I_P et la tension V_P représentant le point de fonctionnement. Par conséquent, il suffit de modifier V_{GS} pour balayer la caractéristique du panneau.

La variation de V_{GS} est assurée par le chargement d'une capacité. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de fixer le point de fonctionnement, mais seulement de le faire varier de Q_{CC} (court-circuit) à Q_{CO} (circuit-ouvert). Cependant, la vitesse de balayage de la caractéristique du générateur doit être suffisamment lente par rapport au temps nécessaire pour acquérir un couple (I_P, V_P) correspondant à un point de fonctionnement spécifique.

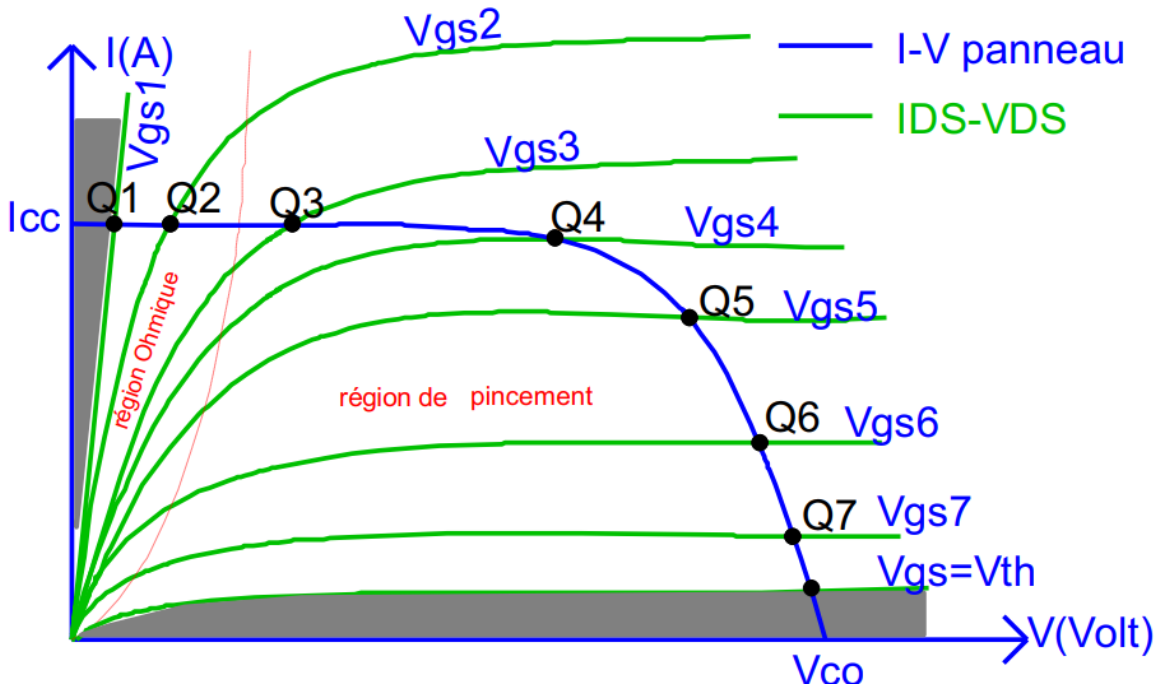


Figure II. 5: Principe de la charge électronique réalisée.

Nous pouvons constater que la zone de fonctionnement du MOSFET est délimitée par deux régions colorées en gris comme montré sur la figure (II.5).

La première est due au fait que le MOSFET est incapable de conduire en dessous d'un certain seuil de tension V_{GS} appelé V_{th} et que sa caractéristique ne peut donc pas descendre jusqu'à l'axe des X.

La seconde région est due au fait que, même saturé, le MOSFET présente une résistance $R_{DS(ON)}$ qui limite aussi sa zone de fonctionnement.

De plus, la puissance maximale que doit dissiper la charge (donc le MOSFET) correspond à la puissance maximale que peut délivrer le panneau noté P_m . Le MOSFET choisi devra donc être capable de la dissiper.

Ainsi il apparait clairement que le choix des MOSFETS utilisés pour la réalisation de la charge est un point crucial, point ne que nous aborderons dans le chapitre suivant.

II.9 Bloque B2 (mesure de la température et du flux lumineux)

Ce bloc prend en charge la mesure des données T° et flux lumineux. La mesure de ces deux grandeurs s'effectue de deux manières différentes.

La mesure du flux lumineux est effectuée grâce à un capteur de luminosité numérique de type BH1750 qui donne une mesure en lux qui sera convertie plus tard en (W/m^2).

La mesure de la température s'effectue grâce à un capteur numérique de type DC18B20 qui communique directement avec le μC en utilisant le protocole one wire.

II.6 Bloque B3 : (mesure de la tension et du courant)

Cette section du circuit est chargée de conditionner le courant et la tension I_p et V_p afin de les numériser par la suite. Le bloc b1 se compose de deux parties :

La première partie (courant) convertit le courant I_p fourni par le panneau photovoltaïque en une tension image " $V_{courant}$ " (notée V_C) qui sera ensuite introduite dans le convertisseur analogique/numérique (A/N) du microcontrôleur (μC). Cette opération est assurée le calcul de courant et tension avec un capteur de courant de référence ACS712.

La deuxième partie (capture de la tension V_p) est constituée d'un diviseur de tension (R_1, R_2) dont les valeurs sont calculées pour avoir une tension à l'entrée du microprocesseur inférieur ou égale à 5V qui adaptée à la conversion ADC.

II.7 Microcontrôleur :

II.8.1 Définition :

Un microcontrôleur est un circuit intégré rassemblant dans un même boîtier un microprocesseur, plusieurs types de mémoires et des périphériques plus détaillées chapitre III.

II.8 FT-232 DRIVER : (adaptateur RS-232)

Cette partie permet l'interfaçage entre le microcontrôleur (système numérique : niveaux TTL) et le PC (liaison RS-232, niveaux de tension : +/- 12 V).

Elle devra adapter les niveaux de tensions correspondants aux 1 et 0 logiques sur la ligne RS-232 utilisée lors de la communication entre le μ C et le PC.

II.9 Conclusion

Ce chapitre a détaillé la conception et la réalisation d'une carte de caractérisation pour panneaux photovoltaïques. Nous avons commencé par un schéma général, mettant en évidence le microprocesseur et ses périphériques. La carte est divisée en plusieurs blocs, dont B1, qui inclut une charge électronique essentielle pour tracer les courbes I-V. L'utilisation de MOSFETs dans cette charge améliore l'efficacité et la précision du contrôle du courant et de la tension. Le bloc B2 s'occupe de la mesure de la température et du flux lumineux, tandis que le bloc B3 est dédié à la mesure de la tension et du courant. Enfin, le rôle du microcontrôleur et de l'adaptateur RS-232 a été expliqué, soulignant leur importance dans l'interfaçage et la communication des données. Les avantages des MOSFETs et la méthodologie de mesure précise confirment la pertinence de notre conception pour une caractérisation fiable des panneaux photovoltaïques.

CHAPITRE III

Simulation de la carte à Réalisé

III.1 Introduction

Dans ce chapitre on va décrire toutes les phases de la réalisation, simulation et programmation de la carte de caractérisation via PIC 18F4550 qui entrent dans la constitution de notre système. Pour ce faire nous avons utilisé des outils informatiques tel-que le simulateur numérique ISIS, dont il est fortement recommandé pour notre cas, car la simulation de notre système nécessite un microcontrôleur puissant qui doivent être simulés au même temps, ainsi l'éditeur des circuits imprimés ARES, et le compilateur PIC C Compiler.

On mesurer le courant et la tension, selon les valeurs obtenues on décider qu'on augmenter ou diminuer la PWM.

III.2 Schéma global de la carte à réaliser :

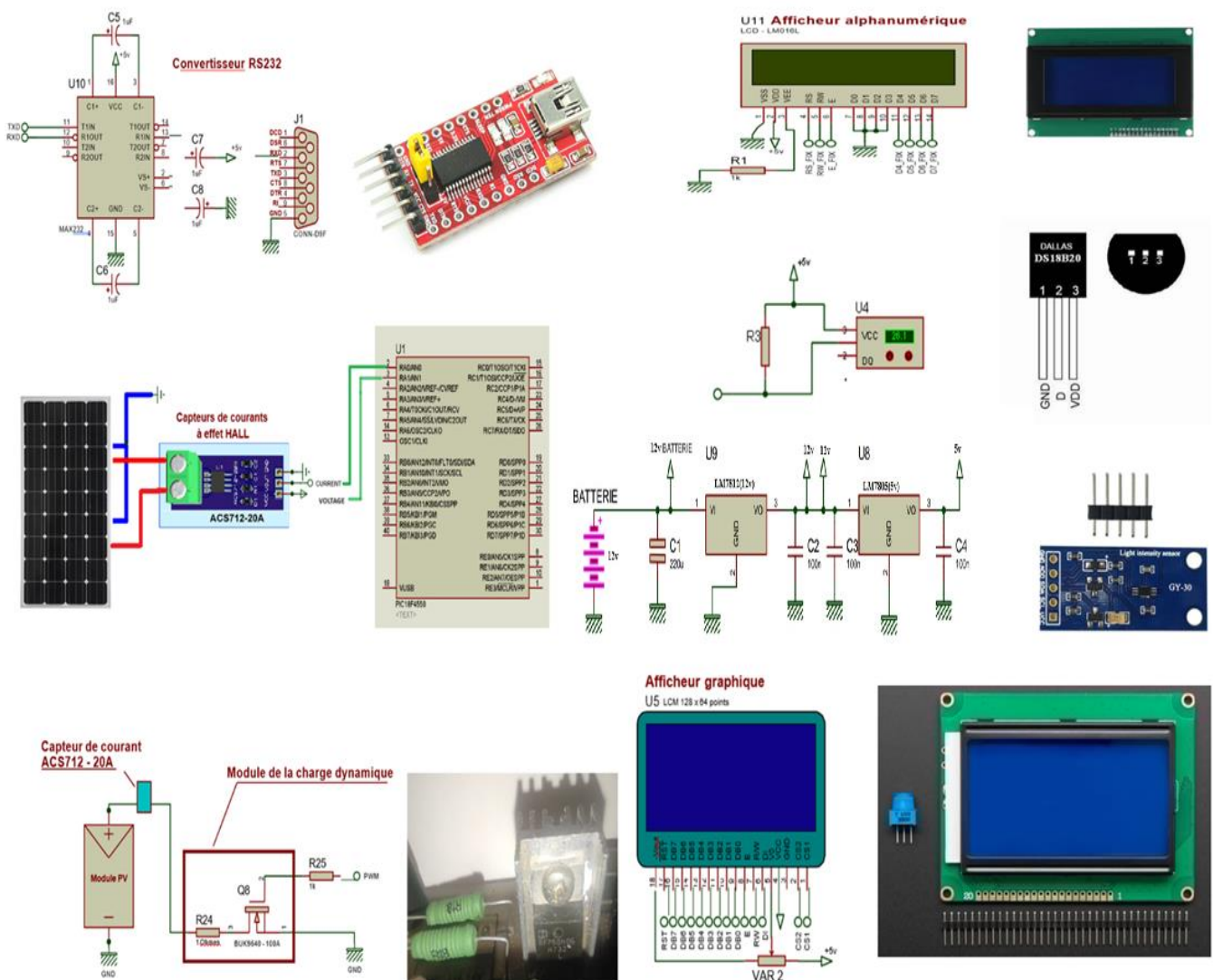


Figure III. 1 : Schéma global de la carte à réaliser connectée aux modules PV

III.3 La carte de diagnostique

Cette carte représentée sur la figure III.2 assure la transmission des données de supervision en temps-réel de panneaux solaire, dans cette carte on intègre un module de charge dynamique pour mesurer les vecteurs courant et tension afin de dessiner les caractéristiques $I=f(V)$ et $P=f(V)$ au niveau de la carte.

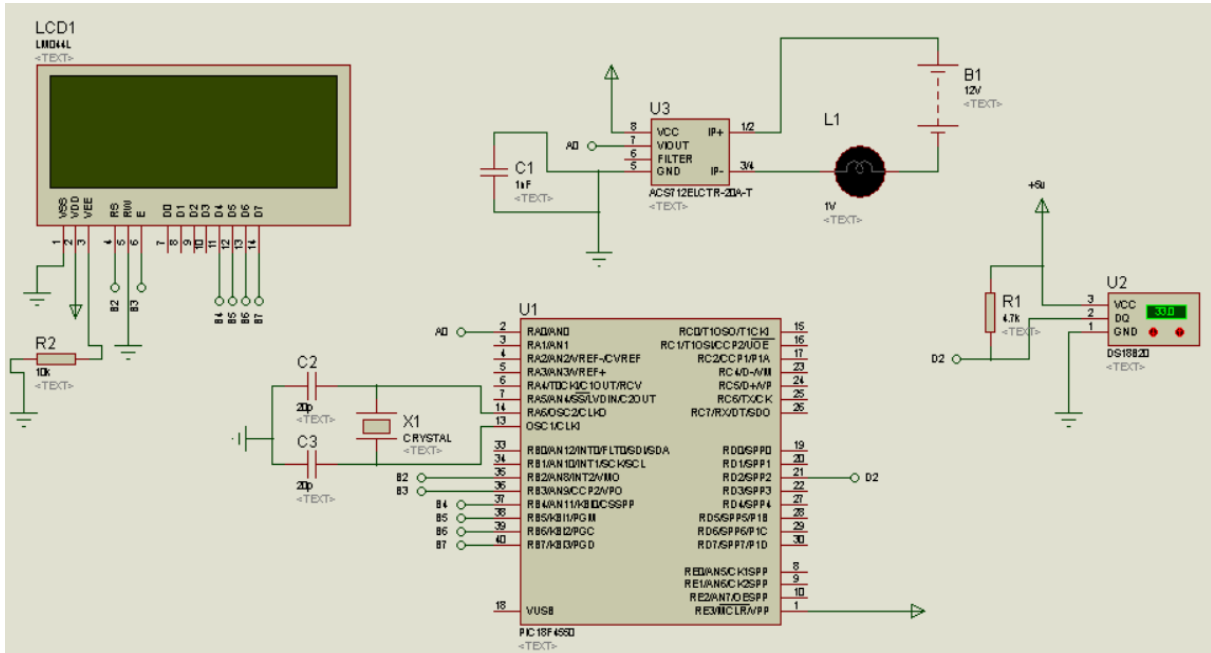


Figure III. 2 : La carte à réaliser

III.4 Alimentation de la carte à réaliser :

Cette station est alimentée par batterie de 12V pour assure l'alimentation de l'interface pendant le test. Et pour adapter la tension des panneaux à l'alimentation de l'interface nous avons utilisé une série de régulateurs de tension montés en cascade comme il est représenté sur la figure III.3 afin de générer les différentes tensions utilisées pour l'alimentation de cette carte, parmi ces tensions il y a 5v pour le μC et les capteurs (Courant, Irradiation et Température) ainsi 12v pour la commande du Mosfet.

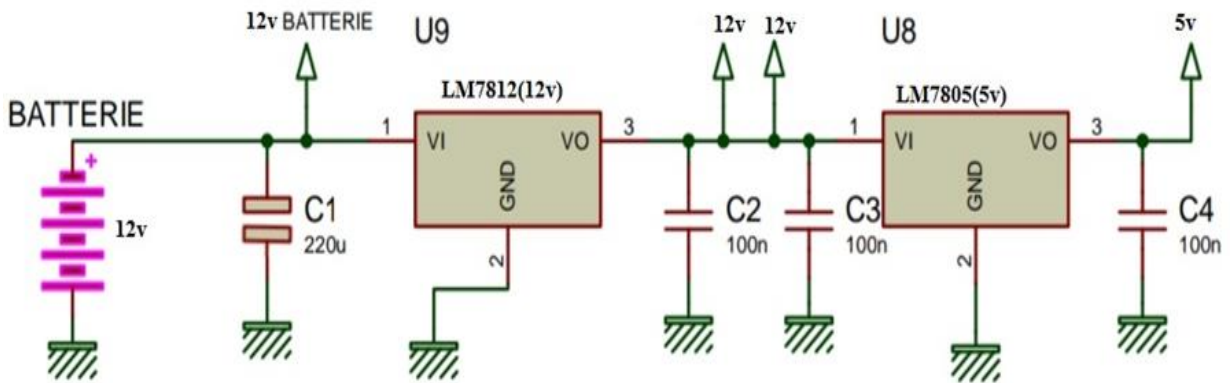


Figure III. 3 : Les alimentations régularisées de la carte à réaliser. Annex [5]

III. 5 Acquisition de la tension du module PV

L'accusation de la tension de module et assurer par un diviseur de tension composée de deux résistances dont les valeurs de c'est dernier sont calculer de tell sort que la tension maximale a convertir ne dépasse pas 5v montrer sur la figure III.4.

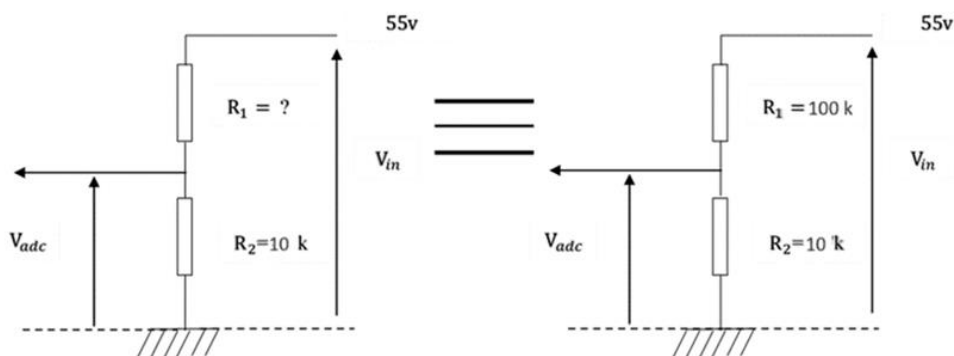


Figure III. 4 : Adaptation des tensions des module PV pour la conversion

Calcul des résistances du diviseur de tension :

- Tension d'entrée de panneaux $V_{in} = 55V$
- Tension d'entrée maximale du PIC $V_{adc} = 5V$
- En choisissant $R_1 = 10k\Omega$

$$V_{adc} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \tag{III.1}$$

$$(R_1 + R_2)V_{\text{adc}} = R_2V_{\text{in}} \quad (\text{III.2})$$

$$R_1 = \frac{R(V_{\text{in}} - V_{\text{adc}})}{V_{\text{adc}}} \quad (\text{III.3})$$

$$R_1 = \frac{10(55)}{5} = 100\text{k}\Omega \quad (\text{III.4})$$

Tension de sortie V_{in} de 0 à 55V

- Tension d'entrée maximale du PIC $V_{\text{adc}} = 5\text{V}$
- En choisissant $R_2 = 10\text{k}\Omega$

$$V_{\text{in}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{\text{adc}} \quad (\text{III.5})$$

$$V_{\text{in}} = \frac{10 + 100}{10} \times 5 \quad (\text{III.6})$$

$$V_{\text{in}} = 55\text{k}\Omega \quad (\text{III.7})$$

III. 6 Acquisition du courant du module PV

Pour l'acquisition du courant nous avons utilisé un capteur de courant à effet Hall, avec une gamme de précision importante 100mV/A et courant max de 20A, ce dernier est caractérisé par une isolation galvanique de 1.2Kv RMS, et puisqu'il est monté en « **Breakout-board** » en anglais, c.-à-d. un module adapté à l'utilisation directe sans ajouté aucun composant supplémentaire, la figure III.5 montre le raccordement de panneaux avec le capteur ACS720 (20A).

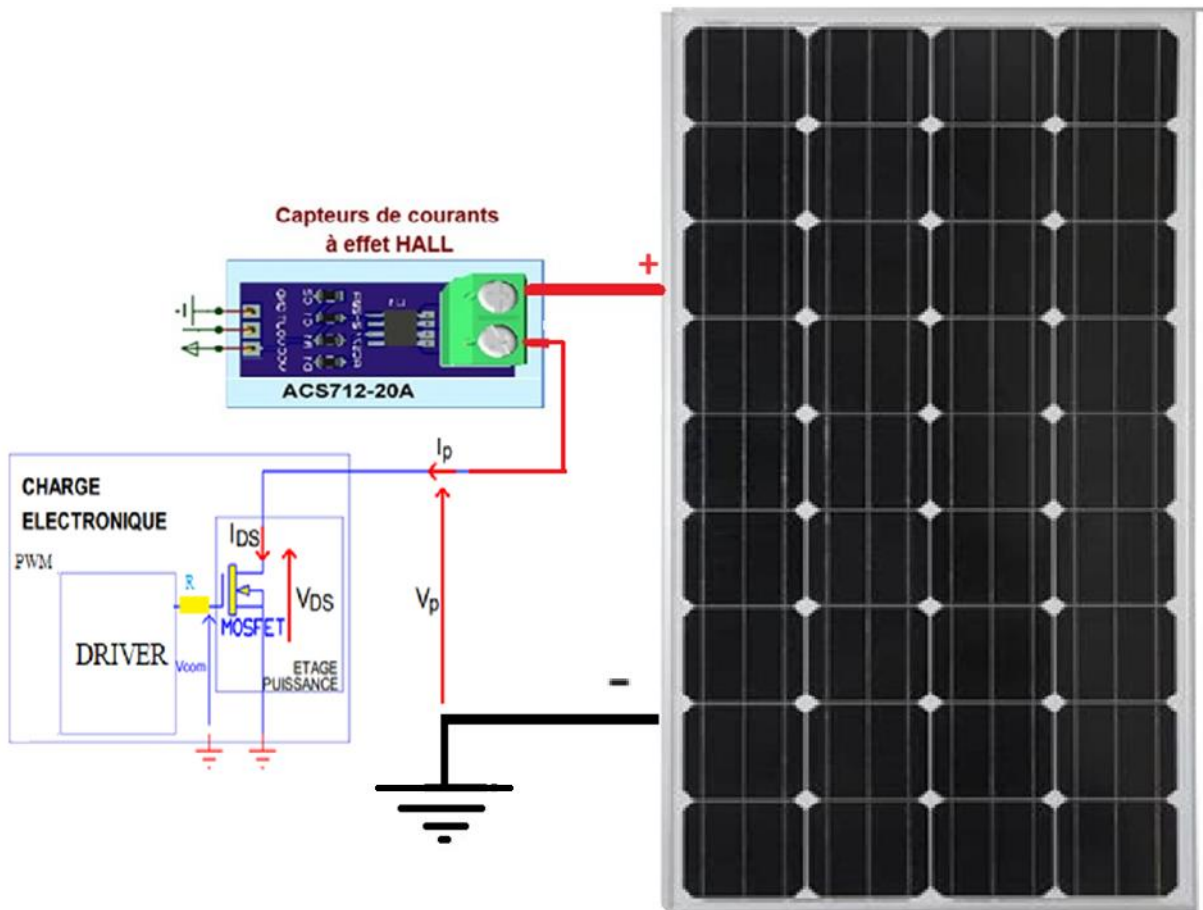


Figure III. 5 : Raccordement des capteurs de courant aux modules PV.

La valeur du courant mesuré est donnée avec la formule III.8.

Après détection du courant le capteur génère une tension relative à la valeur de grandeur mesurée qui varie entre 0v et 5v.

La tension 2.5V correspond à 0 A et la plage 0 à 2.5V correspond a un courant négatif de 0 à -20 A tandis que la plage 2.5V à 5V correspond a un courant 0 à 20 A.

Le calcul du courant est comme suit :

$$V_{out} = (ADC \times 5) / 1023 \tag{III.7}$$

Donc la valeur réelle du courant à calculer est :

Le capteur que nous avons utilisé à une précision de 100mV/A soit 0.1V/A

$$I_{Mesuré} = (V_{out} - 2.5) / Précision \tag{III.8}$$

Précision = 100mV/A, est une donnée technique du capteur ACS712-20A.

III.6.1 La charge dynamique

La figure III.6 représente le branchement de la charge dynamique est le module PV à taster, ce module PV débite son énergie dans une charge qui varie progressivement, selon la variation du rapport cyclique de 0 à 100% de la commande MLI générer avec une fréquence de 20KHz.

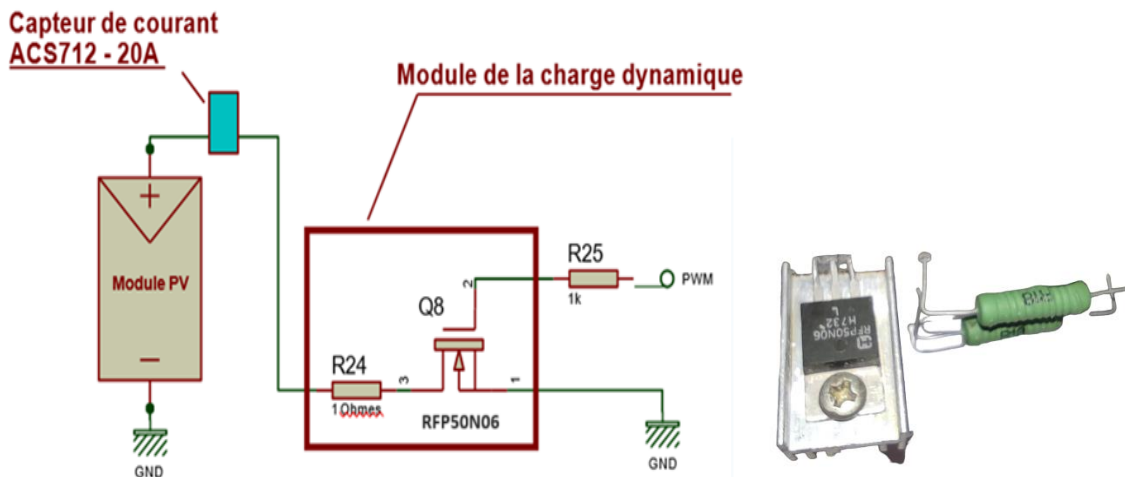


Figure III. 6 : Raccordement du module avec le module PV et le capteur de courant.

III.6.2 Le microcontrôleur (μ C) PIC18F4550

La carte a réalisé est gérée par un μ C de type PIC18F4550 de la famille Micro chip, d'où il nous assure toutes les fonctionnalités voulues au niveau de cette carte tels que la communication série RS232, le module de génération des signaux MLI (CCP en mode PWM), les convertisseurs ADC et 32kbytes de mémoire programme suffisante pour la programmation de tous nos processus ...etc.

40-Pin PDIP

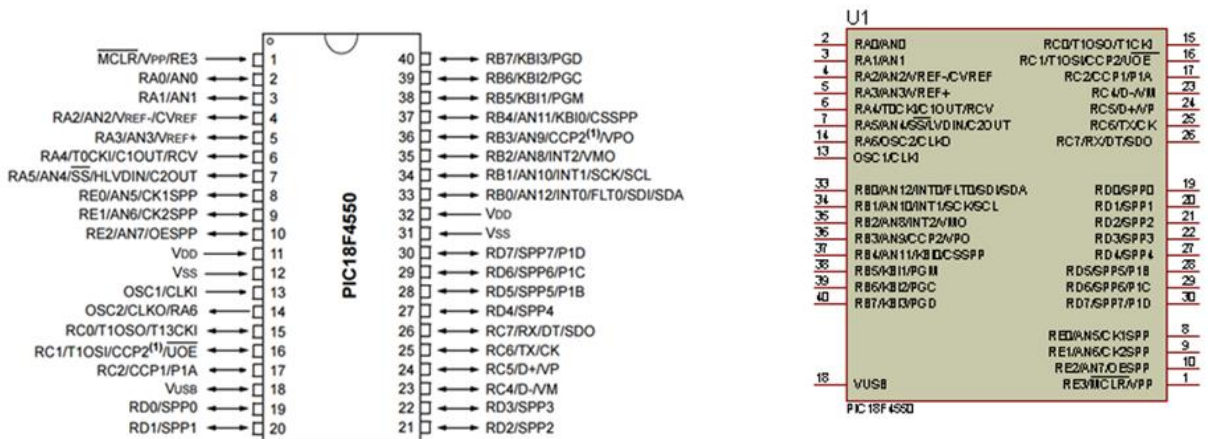


Figure III. 7 : Le µC utiliser pour la gestion de la carte a réalisée, Annex [3].

III.6.3 Le rôle du microcontrôleur dans le montage

Les grandeurs électriques (V et I) fournies par le panneau photovoltaïque sont traitées et mises à l'échelle par le capteur de courant et le diviseur de tension. Ces signaux arrivent ensuite aux entrées analogiques du microcontrôleur, où ils sont convertis en données numériques par le module ADC du PIC.

Une fois converties, ces données sont prêtes à être utilisées par l'unité arithmétique et logique (UAL) pour calculer la puissance du panneau photovoltaïque. Les résultats sont ensuite transmis à l'écran LCD pour affichage.

III.6.4 Caractéristiques du PIC18F4550

Le PIC (Programmable Interface Controller) est un microcontrôleur, qui se compose d'un microprocesseur et de périphériques internes permettant la réalisation de montages sans nécessiter l'ajout de plusieurs composants externes. Les PICs sont des composants RISC (Reduce Instructions Construction Set). Il existe 3 familles de PICs :

1. Base-Line : Les instructions sont codées sur 12 bits (12f).
2. Mid-Range : Les instructions sont codées sur 14 bits (16F).
3. High-End : Les instructions sont codées sur 16 bits (18f).

Les PICs de la famille High-End ont un ensemble de 75 instructions, chaque instruction étant stockée dans un mot de programme unique et exécutée en un cycle. L'horloge connectée au PIC est pré-divisée par 4, ce qui constitue la base de temps d'un cycle.

III.6.5 Identification des PICs

Un PIC est identifié par un numéro de la forme suivante :

xx(L)XXyyy-zz

- xx : Famille de PIC (14, 16, 18 ... etc.)
- (L) : Tolérance de gamme de tension plus large.
- XX : Type de mémoire de programme (F-FLASH, CR-PROM ... etc.)
- yyy : Identification.
- zz : Vitesse maximale du quartz.

III.6.6 Critères de choix du PIC

Le choix a été fait en fonction de l'horloge nécessaire "48MHz", du nombre de ports utilisés et surtout de la conversion Analogique / Numérique et du bus série USART.

PIC	FLASH	SRAM	EEPROM	I/O	A/D
18F2455	24K	2048	256	24	10
18F2550	2K	2048	256	24	10
18F4455	2K	2048	256	35	13
18F4550	32K	2048	256	35	13

Table : Famille de PIC 18F4550

Le tableau 4.1 ci-dessus montre que le PIC 18F4550 possède une mémoire FLASH de 24K-mots, une SRAM de 2048 octets, une mémoire EEPROM de 256 octets et 35 broches d'entrée/sortie (Ports) ainsi que 13 broches de convertisseurs analogique/numérique. Selon ces caractéristiques, le PIC 18F4550 est bien adapté à la réalisation de ce prototype d'onduleur en pont en H.

III.6.7 Architecture interne du PIC 18F4550

L'architecture interne générale du microcontrôleur 18F4550 comprend les éléments suivants :

- Un système d'initialisation à la mise sous tension (Power-up timer, etc.).
- Un système de génération d'horloge à partir du quartz externe.
- Une unité arithmétique et logique (ALU).
- Une mémoire FLASH de programme de 32k "mots" de 14 bits.
- Un compteur de programme (Program Counter) et une pile (stack).
- Un registre contenant le code de l'instruction à exécuter.

- Un bus spécifique pour les données (data bus).
- Une mémoire RAM de 2048 octets de données.
- Une mémoire EEPROM de 256 octets de données.
- 3 interruptions externes.
- 5 ports d'entrée/sortie (I/O).
- 3 temporisateurs/compteurs (timer0, timer1, timer2).
- Un convertisseur analogique/numérique multicanal avec une résolution de 10 bits.
- Un chien de garde (Watch dog).
- Un module de communication série synchrone MSSP.
- 2 modules de génération de pulse CCP1/2 avec une résolution de 10 bits.
- Un port série USART.
- Une interface I2C.

III.7 Le logiciel CCS C Compiler

Le logiciel CCS C Compiler est un environnement de développement intégré (IDE) qui permet de programmer le microcontrôleur. Cet IDE est basé sur Eclipse, un Framework open source. Ce logiciel a été choisi pour programmer les microcontrôleurs PIC en langage C montrer sur la figure III.8.

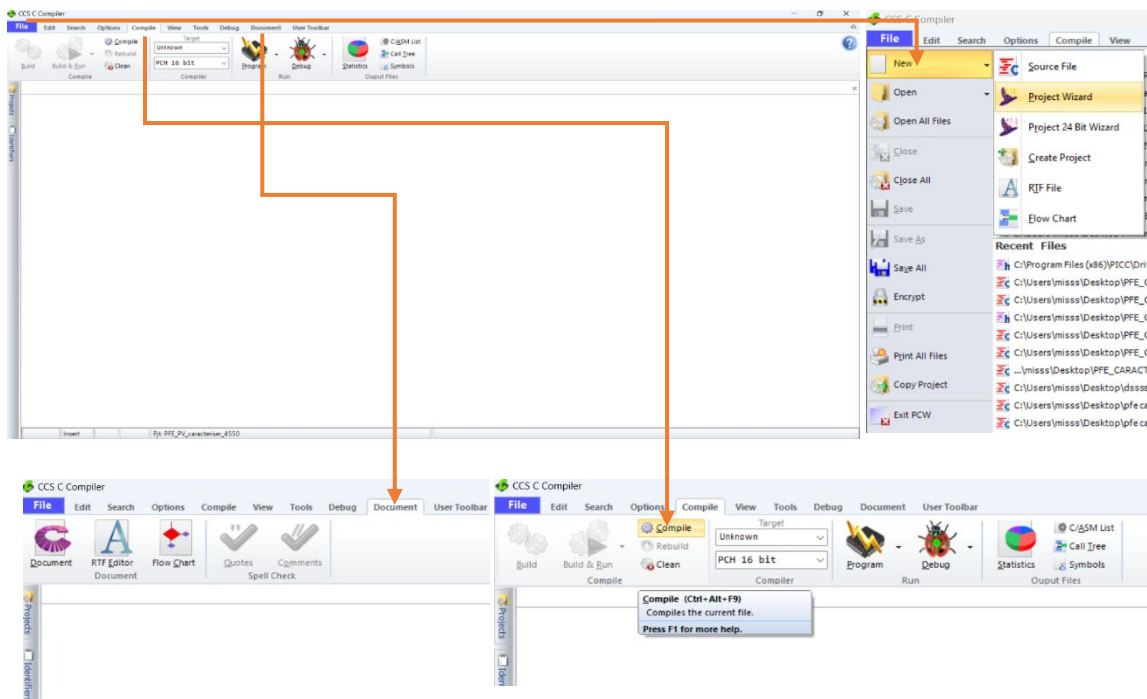


Figure III. 8 : Interface de programme CCS C compiler

III.8 Organigramme de la Conversion analogique numérique des grandeurs

Le diagramme montre les étapes de mesure de la tension et du courant d'un panneau photovoltaïque. Il commence par la sélection du port analogique et la conversion des données analogiques et numériques, suivi par l'accumulation de 100 lectures pour calculer la moyenne. La tension réelle est ensuite calculée avec la formule donnée, et le courant réel est déterminé selon le capteur ACS712-20A.

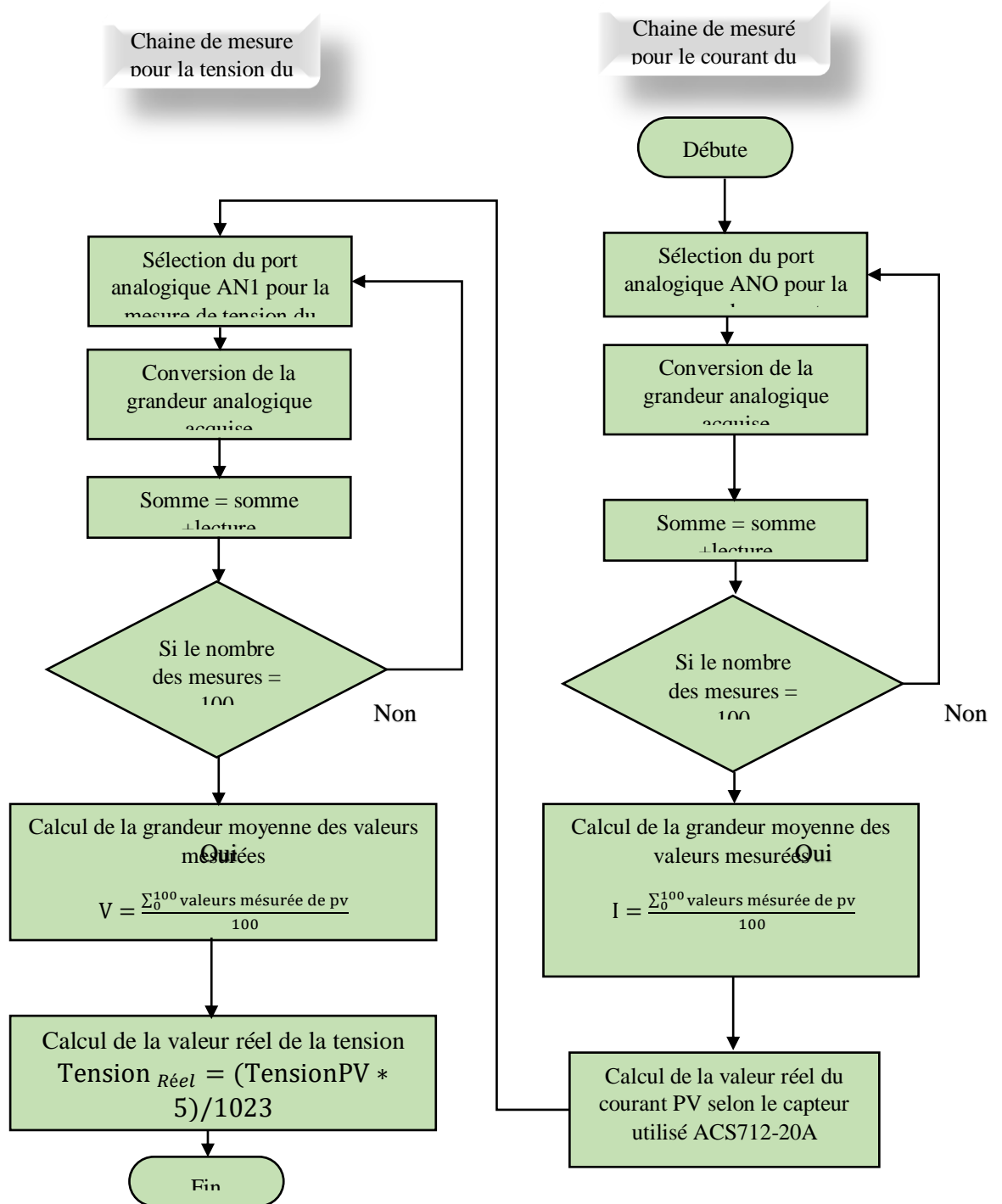


Figure III. 9 : Organigramme de la conversion analogique numérique des grandeurs.

III.9 Programmation et configuration du PIC 18F4550 avec CCS :

Le code suivant montre un exemple de configuration des fusibles pour le PIC18F4550.

```

/*****
/* -----Projet de Fin d'Etudes----- */
/*
/*                               */
/*           Titre :              */
/*                               */
/* Etude et réalisation d'une carte de caractérisation */
/*                               */
/*           pour panneaux solaire */
/*                               */
/*           Réalisé par:         */
/*                               */
/*           ADJEL Missoum        */
/*           BEDROUNI Abdelhamid  */
/*                               */
/*           Sous la supervision de: */
/*                               */
/*           Dr: A R A B Mustapha  */
/*                               */
/*           Année académique : 2023 / 2024 */
*****/

#include <18F4550.h>
#define ADC=10

#FUSES NOWDT           //Pas de Watch Dog Timer o Watch Dog Timer
#FUSES WDT128         //Watch Dog Timer utilise un postscaler de 1:128
#FUSES FCMEN          //Moniteur d'horloge à sécurité intégrée activé
#FUSES IESO           //Mode de commutation interne-externe activé
#FUSES PUT            //Timer de mise sous tension
#FUSES NOBROWNOUT     //Pas de réinitialisation en cas de chute de tension
#FUSES BORV21         //Réinitialisation en cas de chute de tension à 2,1V
#FUSES VREGEN         //Régulateur de tension USB activé
#FUSES PBADEN        //Les broches du PORTB sont configurées comme canaux d'entrée analogiques
au RESET
#FUSES LPT1OSC        //Timer1 configuré pour un fonctionnement basse puissance

```

```

#FUSES MCLR           //Broche de réinitialisation maître activée
#FUSES STVREN         //Un débordement/sous-débordement de pile provoquera une
réinitialisation
#FUSES NOLVP         //Pas de programmation à basse tension, B3(PIC16) ou B5(PIC18)
utilisé pour I/O
#FUSES NOXINST       //Extension du jeu d'instructions et mode d'adressage indexé désactivés
(mode Legacy)
#FUSES NOPROTECT     //Code non protégé contre la lecture
#FUSES NOCPB        //Pas de protection du code du Boot Block
#FUSES NOCPD        //Pas de protection de l'EEPROM
#FUSES NOWRT        //Mémoire programme non protégée contre l'écriture
#FUSES NOWRTC       //Registres de configuration non protégés contre l'écriture
#FUSES NOWRTB       //Boot block non protégé contre l'écriture
#FUSES NOWRTD       //EEPROM de données non protégées contre l'écriture
#FUSES NOEBTR       //Mémoire non protégée contre les lectures par table
#FUSES NOEBTRB      //Boot block non protégé contre les lectures par table

#use delay (clock=48MHz, crystal=8MHz)
#use rs232(baud=9600, parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8,stream=PORT1)
#use i2c(Master,Fast,sda=PIN_B0,scl=PIN_B1)

```

Configuration du PIC18F4550 sur CCS on du PIC 18F4550.

III .10 Affichage des données

III.10.1 Afficheur alphanumérique

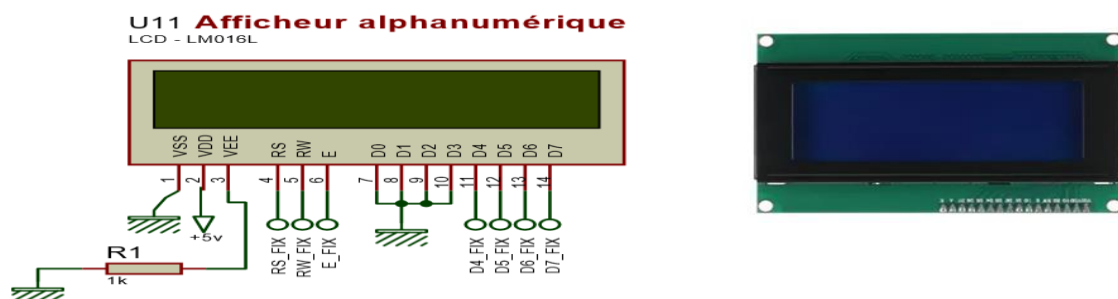


Figure III. 10 : Ecran LCD 4 lignes * 20 caractères.

L'affichage des données mesurées sur LCD est optionnel, car ce dernier nous a aidé à valider les données transmises par la liaison RF lors de nos essais, dans notre cas et afin d'éviter une consommation excessive, nous avons choisi un LCD avec technologie TN (*Twisted Nematic*)

(dès qu'il y a une source lumineuse verticale à sa surface d'affichage. Voir figure III.10) un afficheur avec une très faible consommation caril affiche seulement dès qu'il y a une source lumineuse verticale à sa surface d'affichage.

Exemple de programme C pour affichage LCD alphanumérique :

Le code suivant est un exemple d'affichage des messages et des données sur l'écran LCD

```

/*-----LCD ALPHANUMERIQUE-----*/
lcd_ lcd_init();// I n i t i a l i z i n g l'écran LCD
BH1750_init ();
lcd_gotoxy(1,1); printf (lcd_putc," PANEL CARACTRISER "); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,2); printf(lcd_putc," realiser par : "); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,3); printf(lcd_putc," hamid bedrouni "); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,4); printf(lcd_putc," adjal missoum "); // d i s p l a y Message
delay_ms(20);
printf(lcd_putc,"\f");
lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc,"temperature="); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,2); printf(lcd_putc,"courant value:"); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,3); printf(lcd_putc,"voltage value:"); // d i s p l a y Message
lcd_gotoxy(1,4); printf(lcd_putc,"lumiare:"); // d i s p l a y Message

lcd_gotoxy(15,1); printf(lcd_putc,"%02.1f%cC",temperature,223); // lire la temrature
lcd_gotoxy(15,2); printf(lcd_putc,"%02.1f A",i); // lire le courant
lcd_gotoxy(15,3); printf(lcd_putc,"%02.1f",V); // lire la tension
lcd_gotoxy(15,4); printf(lcd_putc,"%02.1f",lumiare); // lire la lumiare

```

Liste : Programme en C pour PIC affichant sur LCD

II.10.2 Afficheur graphique

Les caractéristiques $I=f(V)$ et $P=f(V)$ doit être représenter sur l'afficheur ce qui nous sa manie a utilisé un afficheur graphique, pour cela nous avons choisi un afficheur LCD graphique monochrome de résolution 128 x 64 pixels piloté par un contrôleur KS0108 (figure III.11). Ce dernier est une pièce très importante car les défauts les plus vicieux sont détectables en traçant les deux caractéristiques $I=f(V)$ et $P=f(V)$, et après l'analyse du point de fonctionnement (MPP) par rapport à celui déclarer par le constructeur dans la fiche technique. Aussi cet afficheur nous

a permis la visualisation en temps-réel de plusieurs grandeurs électriques et non électriques au niveau des modules PV à analyser, à savoir le courant et la tension de chaque module ainsi la température et l'irradiation solaire.

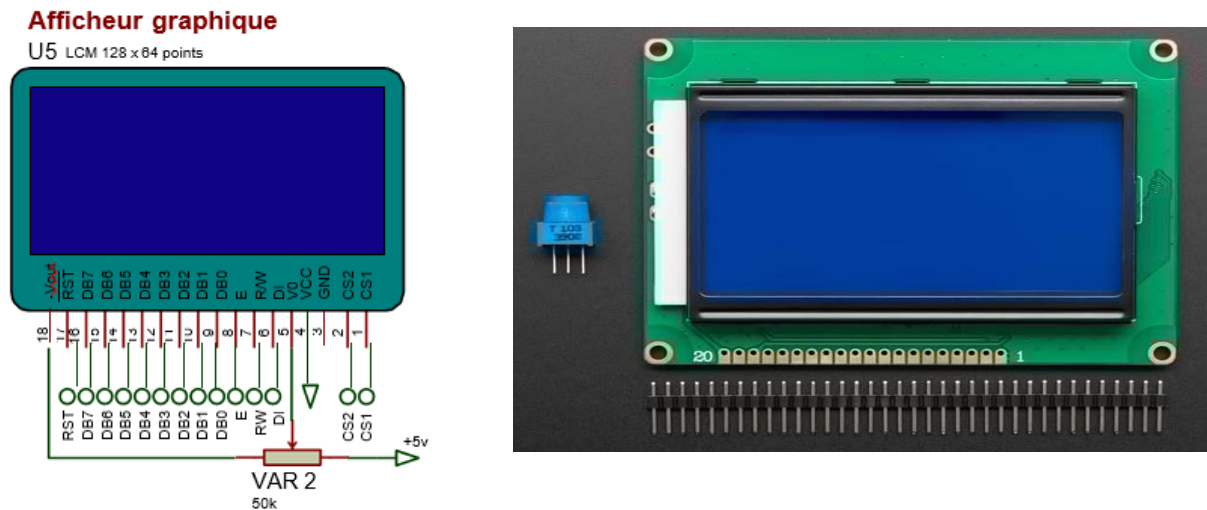


Figure III. 11 : Utilisation de l'afficheur graphique.

Exemple d'affichage sur afficheur graphique :

Le code suivant est un exemple d'affichage des messages sur l'écran LCD graphique.

```

/*----- LCD GRAPHIQUE -----*/
void intro(void)
{
    glcd_fillscreen(0);
    glcd_rect(0,0,127,63,1,1); //
    glcd_setxy(15,5, 1,0); //printf(glcd_putc812,"Photovoltaic");
    glcd_setxy(40,20, 1,0); //printf(glcd_putc812,"Panel");
    glcd_setxy(12,35, 1,0); //printf(glcd_putc812,"Characterizer");
    glcd_setxy(8,55, 1,0); //printf(glcd_putc57,"Master 2023 - 2024");
    glcd_update();

    delay_ms(2000);

    glcd_rect(0,0,127,63,1,1);
    glcd_setxy(10,5, 1,0); //printf(glcd_putc57,"Realiser par:");
    glcd_setxy(10,17, 1,0); //printf(glcd_putc57,"1-ADJEL Missoum");
    glcd_setxy(10,29, 1,0); //printf(glcd_putc57,"2-BEDROUNI Hamid");
    glcd_setxy(10,41, 1,0); //printf(glcd_putc57,"Encadre par:");
    glcd_setxy(10,53, 1,0); //printf(glcd_putc57,"Dr: ARAB Mustapha");
    glcd_update();
    delay_ms(2000);
}

```

Liste : Programme en C pour PIC affichant sur LCD GRAPHIQUE

III.11 Mesure de la température :

Le rendement de la productivité d'énergie des modules PV varie selon la variation de la température environnementale, à cet effet nous avons ajouté à notre station une sonde de température numérique avec une gamme de mesure entre -55°C et 127°C , afin d'évaluer le rendement de chaque panneau, aussi cette sonde nous signale les alarmes de réchauffement des cellules photovoltaïques par rapport à la température d'irradiation solaire.

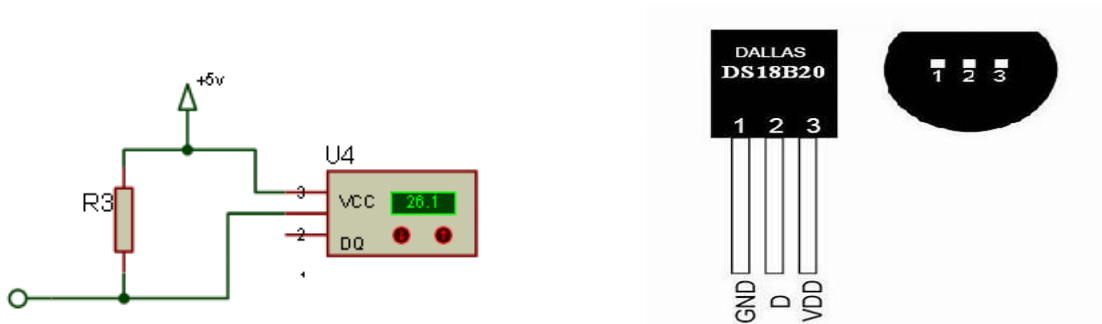


Figure III. 12: Montage du capteur de température DS18B20,Annex[2].

III.12 Mesure de l'irradiation solaire :

La mesure de l'irradiation solaire est un facteur important dans le diagnostic, car avec cette grandeur on peut savoir le comportement des modules PV dans des différents niveaux d'ombrage, même il est possible de calculer leur rendement en mode « OPC : Opérationnel Condition » puisque l'énergie d'irradiation solaire est mesurée sachant que la surface du panneau est une donnée connue. Le capteur que nous avons utilisé est fixé dans la zone frontale du système, il mesure l'intensité lumineuse en « Lux », cette donnée est convertie en W/m^2 afin de calculer le rendement du panneau qui est donnée avec l'équation suivante :

$$\eta_{OPS} = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}} \times 100 \quad (\text{III.9})$$

- P_{sortie} : Puissance générée par le panneau photovoltaïque ;
- $P_{entrée}$: Puissance d'irradiation acquise par les cellules du panneau photovoltaïque ;
- η_{OPS} : Rendement du panneau photovoltaïque en mode (OPC : Opérationnel Conditions).

$$P_{sortie}(\text{Watt}) = V_{MPP}(\text{Volt}) \times I_{MPP}(\text{Ampers}) = P_{MPP}(\text{Watt}) \quad (\text{III.10})$$

- V_{MPP} : Tension optimal ;
- I_{MPP} : Courant optimum ;
- P_{MPP} : Puissance maximum (MPP).

$$P_{\text{sortie}}(\text{Watt}) = \text{Nbr}_{\text{cellules}} \times \text{surface}_{\text{cellules}}(\text{m}^2) \times I_{\text{rrd}}\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) \tag{III.11}$$

$$I_{\text{rrd}}(\text{w/m}^2) = \frac{\text{Ensoleiement}_{\text{cellules}}(\text{Lux})}{120} \tag{III.12}$$

- $\text{Nbr}_{\text{cellules}}$: Nombre des cellules encapsulées dans le module PV ;
- $\text{Surface}_{\text{cellules}}(\text{m}^2)$: Surface d'une cellule ;
- $I_{\text{rrd}}(\text{W} / \text{m}^2)$: Irradiation solaire ;
- $\text{Ensoleiement}_{\text{Capteur}}(\text{Lux})$: L'intensité lumineuse mesurée par le capteur (BH1750FVI).

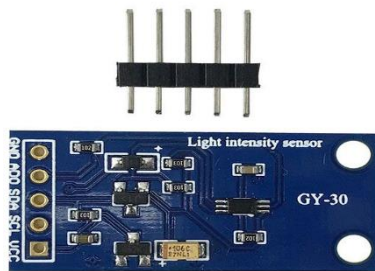


Figure III. 13 : capteur de l'irradiation solaire (BH1750)

III.13 Communication local RS232 :

Avant de passer à l'étape réalisation de notre système, nous allons faire une présentation succincte des différents capteurs et modules de communication qui vont être déployé pour le développement du prototype.

Afin de garantir toujours une communication avec le système, nous avons intégré aussi une communication locale série (voir figure III.14), utilisée pour le transfert des données vers le PC et vice versa.

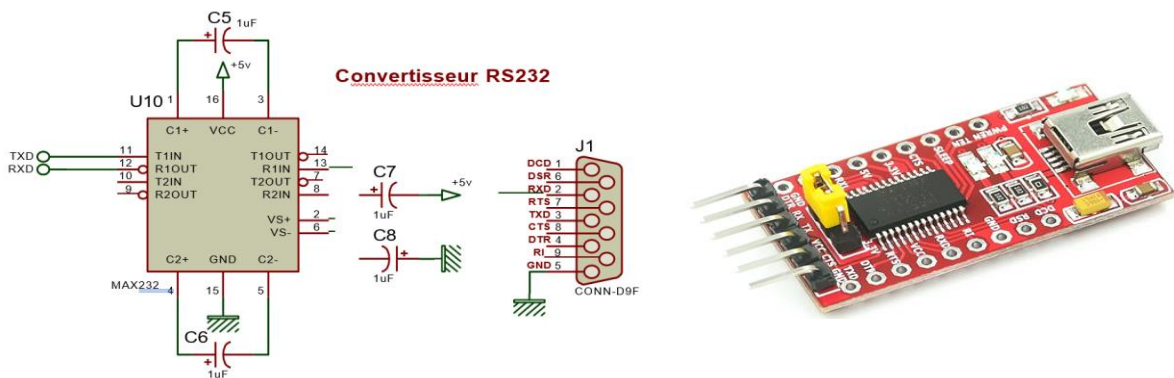


Figure III. 14 : Convertisseur de niveau RS232

III.14 Capteur d'intensité de courant (ACS712-20A)

Pour la lecture du courant on a utilisé le capteur ACS712 20A. Le capteur effectue une mesure de courant sur une grande échelle de linéarité montrée sur la figure III.15. Pour notre projet, nous allons utiliser ce type de capteur dont il dispose d'une gamme de mesure qui s'étale jusqu'à $\pm 20A$ DC. Cet intervalle de mesure est largement suffisant pour les modules photovoltaïques que nous allons expérimenter.

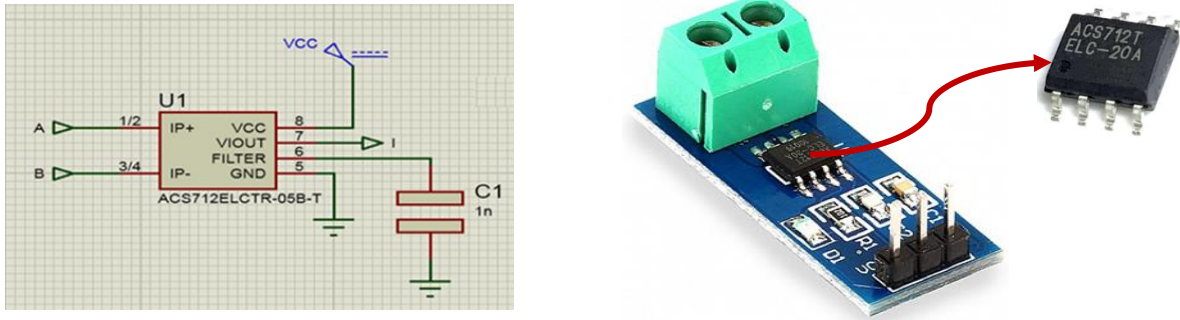


Figure III. 15 : schéma des capteurs de courant et de tension, Annex[4].

Ce capteur est caractérisé par une faible tolérance et une mesure linéaire, où la figure III.17 montre le courant à mesurer traversant un conducteur près du capteur à effet Hall, produisant un champ magnétique qui est converti en tension proportionnelle au courant mesuré.

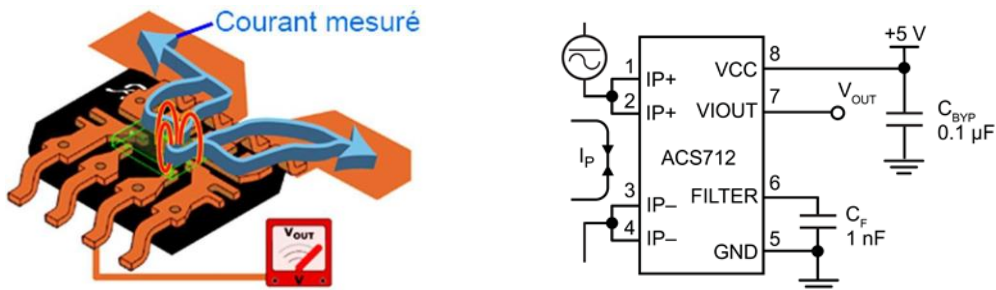


Figure III. 16 : Fonctionnement interne du capteur « ACS712-20A »

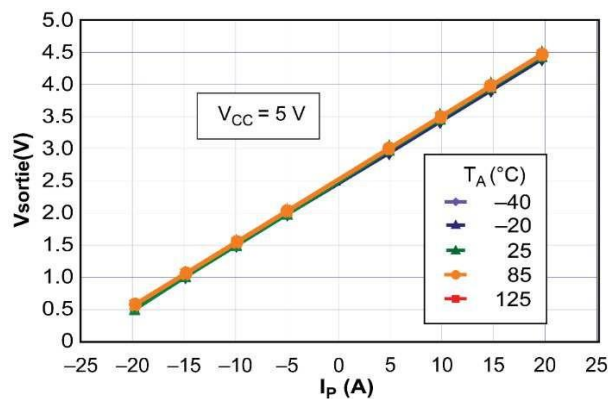


Figure III. 17 : Intervalle et linéarité de mesure.

III.15 Fonctionnement du programme principal

Ce diagramme montre le processus de configuration et d'opération d'un microcontrôleur pour analyser les panneaux solaires. Après le paramétrage initial et l'initialisation des capteurs, l'utilisateur sélectionne le bouton de démarrage. Le système lit les valeurs de courant et de tension, ajuste R_s , et trace ensuite les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$ une fois 100 points de données recueillis.

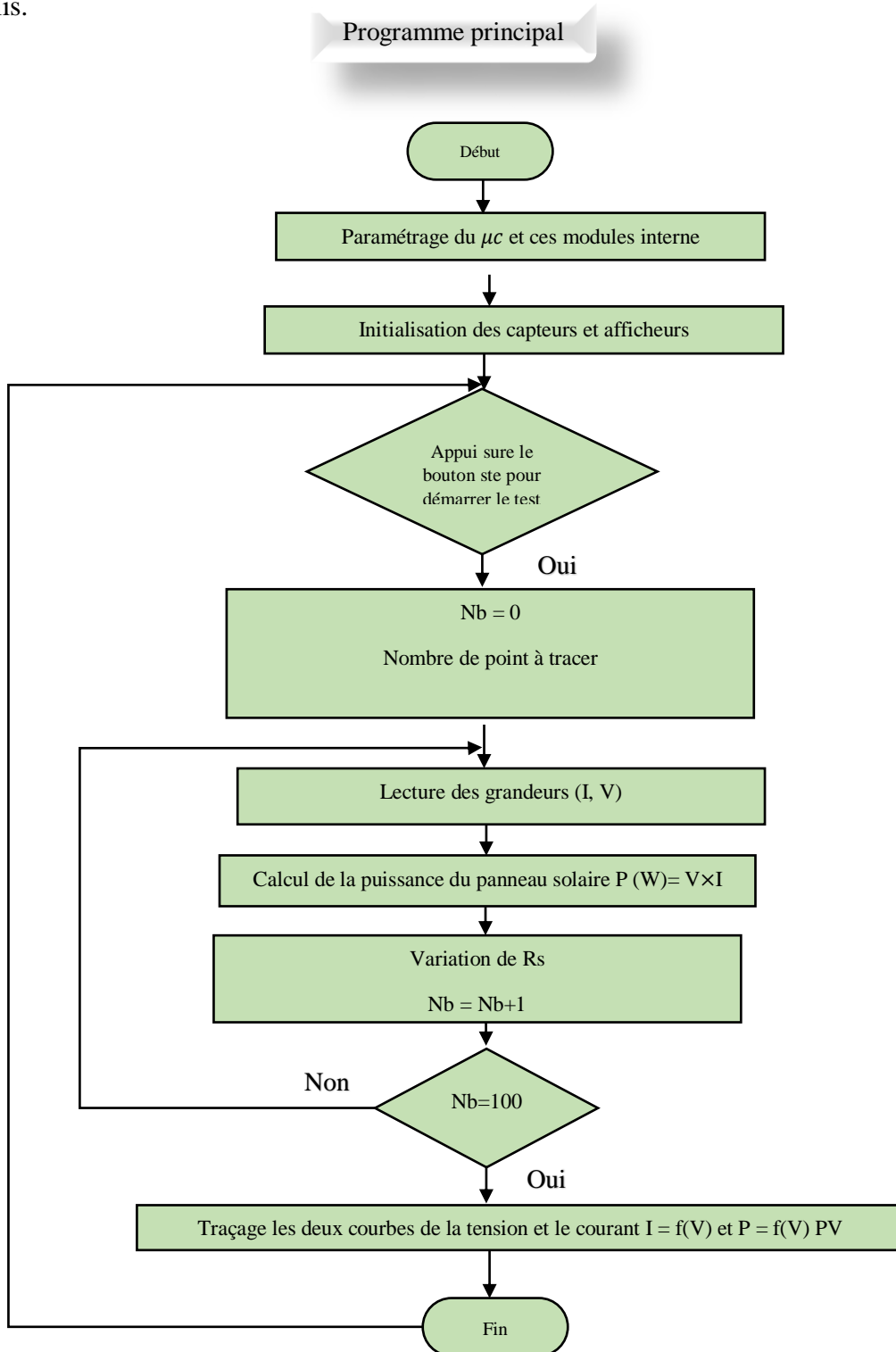


Figure III. 18 : Organigramme du fonctionnement du programme principal.

III. 16 Le logiciel Proteus

Proteus est produit par L'absenter, c'est un logiciel de simulation de circuits électroniques qui contient une grande virtuelle bibliothèque de composants électroniques et instruments de mesure.

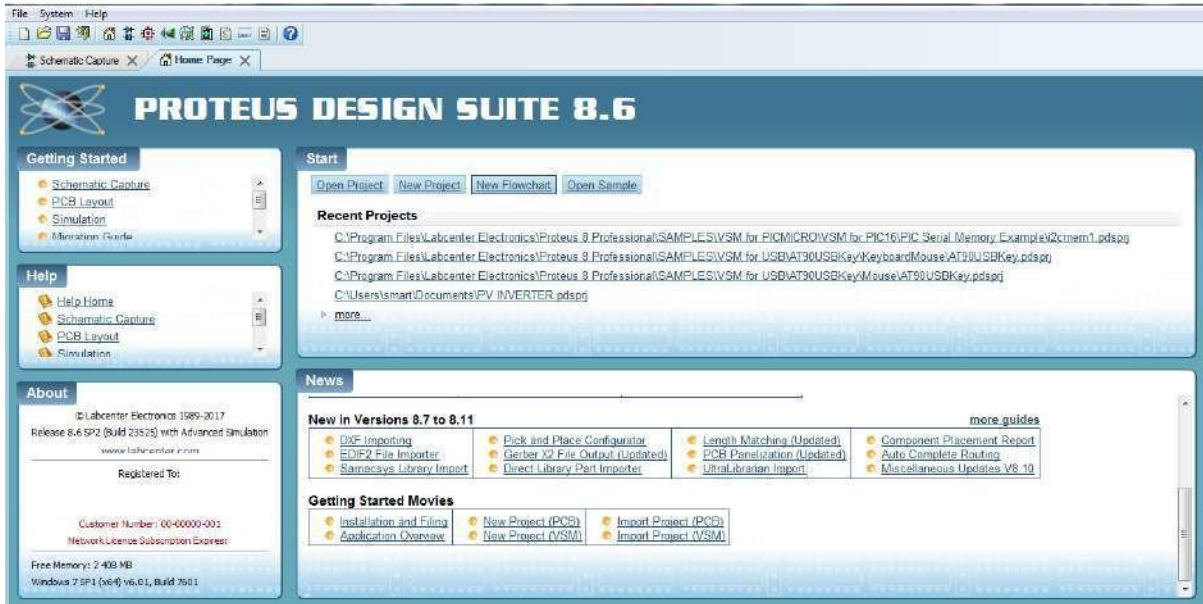


Figure III. 19 : Interface de programme Proteus 8.6

On a simulé le panneau solaire sous Proteus par le schéma équivalent d'une cellule PV comme la figure III.20

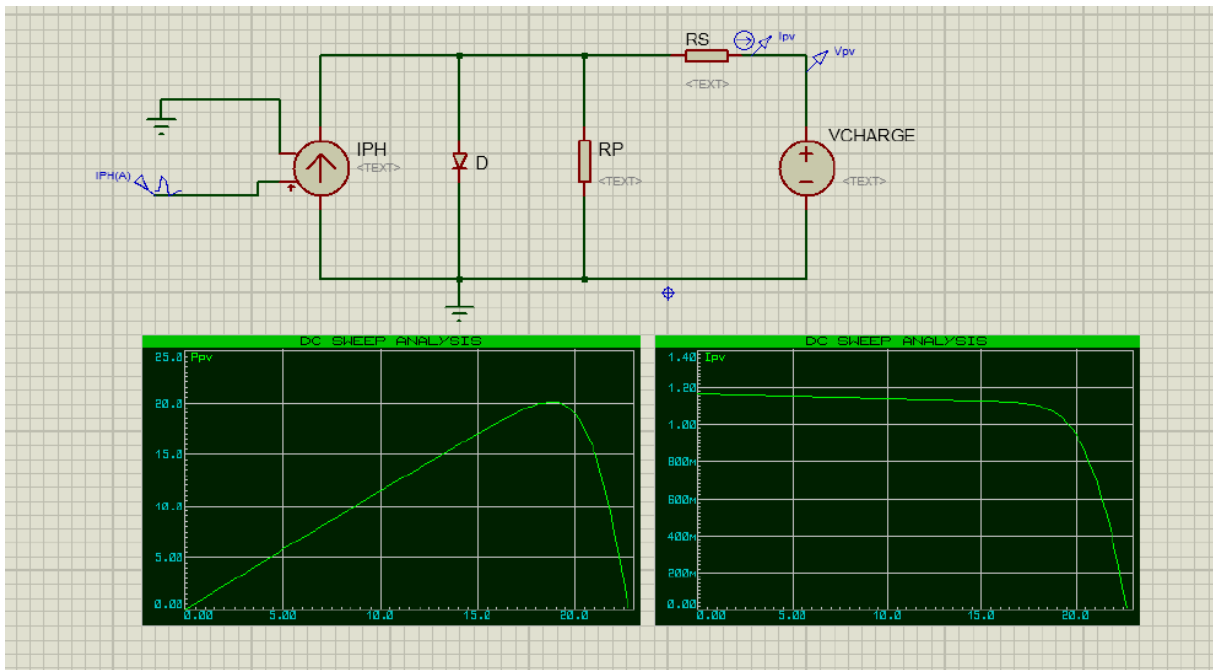


Figure III. 20: Simulation d'un panneau solaire avec ses caractéristiques

III.17 Modélisation des sources photovoltaïques

Le modèle simulé sous Orcad-Pspice d'une cellule est consigné dans la figure II.21. Le modèle de la diode D1 est modifié comme suit : ($I_s = 250\text{p}$, $N = 1$, $R_s = 2.8\text{m}$, $I_{kf} = 0.3227$, $X_{ti} = 0$, $E_g = 1.11$, $C_{jo} = 302.5\text{p}$, $M = 0.7206$, $V_j = 0.5$, $F_c = 0.5$, $I_{sr} = 1.2\text{u}$ and $N_r = 1.426$). Cette configuration du modèle de la cellule est faite pour reproduire le comportement du panneau solaire commercial SP75, Annex[1] de la compagnie SIEMENS.

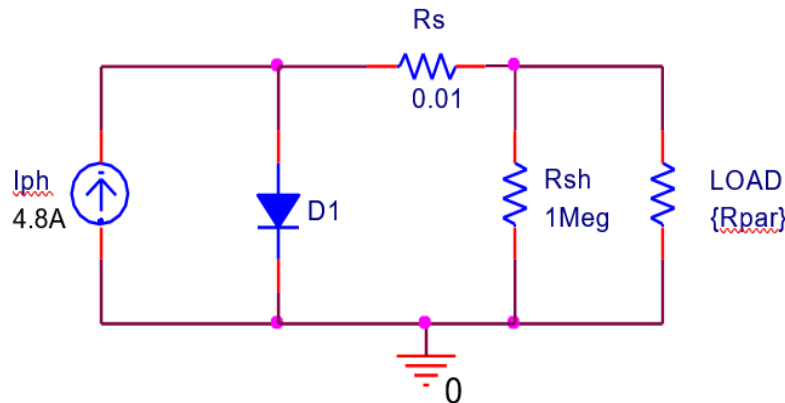


Figure III. 21:Modèle de la cellule PV sous Orcad avec modification du modèle de la diode.

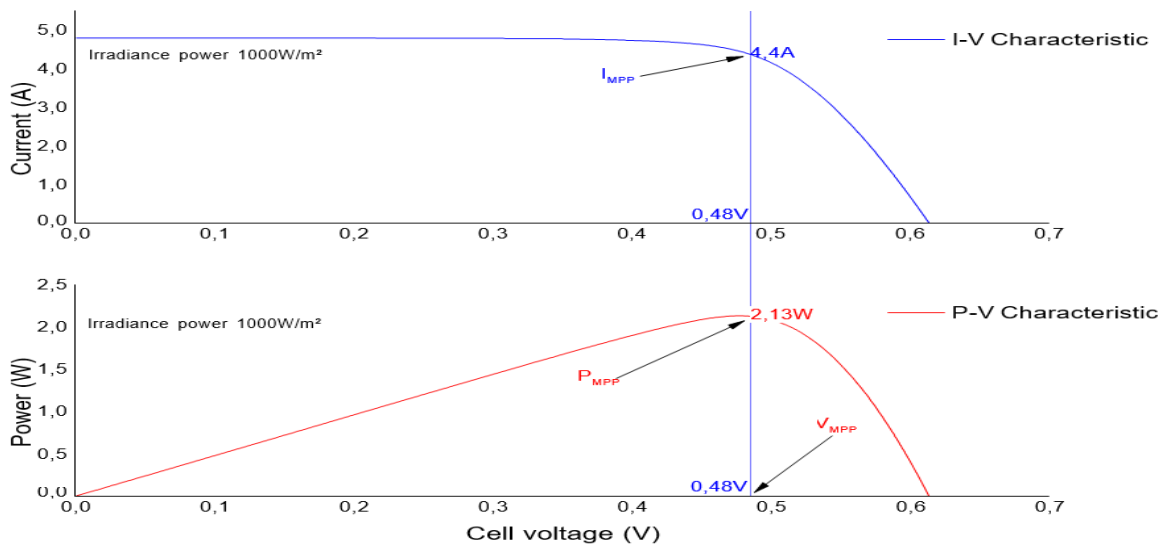


Figure III. 22 : Caractéristiques I-V et P-V de la cellule PV sous 25°C et 1000 W/m².

Dans la simulation représentée sur la figure III.22, la charge est une résistance qui varie de 0,03 à 1k Ω représentant une charge dynamique avec une augmentation de courant de 0 à 4,8A (voir Datasheet du SP75).

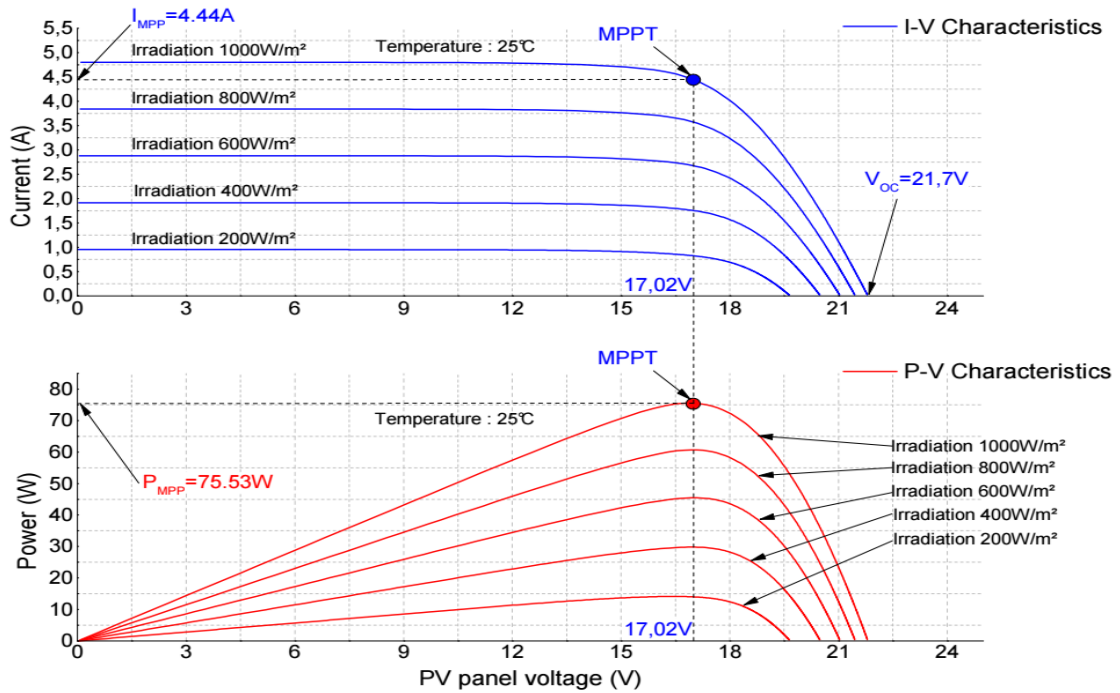


Figure III. 23 : L'influence d'irradiation caractéristiques I-V et P-V sous 25°C

La figure III.24 présente les résultats de simulation du module PV SPV75. Ces résultats comparés à la fiche technique du module montrent la fiabilité de notre modèle. Le point de puissance maximale est atteint pour un courant de 4,44A et une tension de 17,02V dont le panneau produit une puissance maximale de 75,02W égale à celle indiquée par le fabricant.

III .18 Le circuit de la carte sur ARES

La carte de circuit imprimé (CI) est conçue à l'aide du logiciel ARES qui permet à la visualisation du circuit en 3D comme le montrent les figures suivantes.

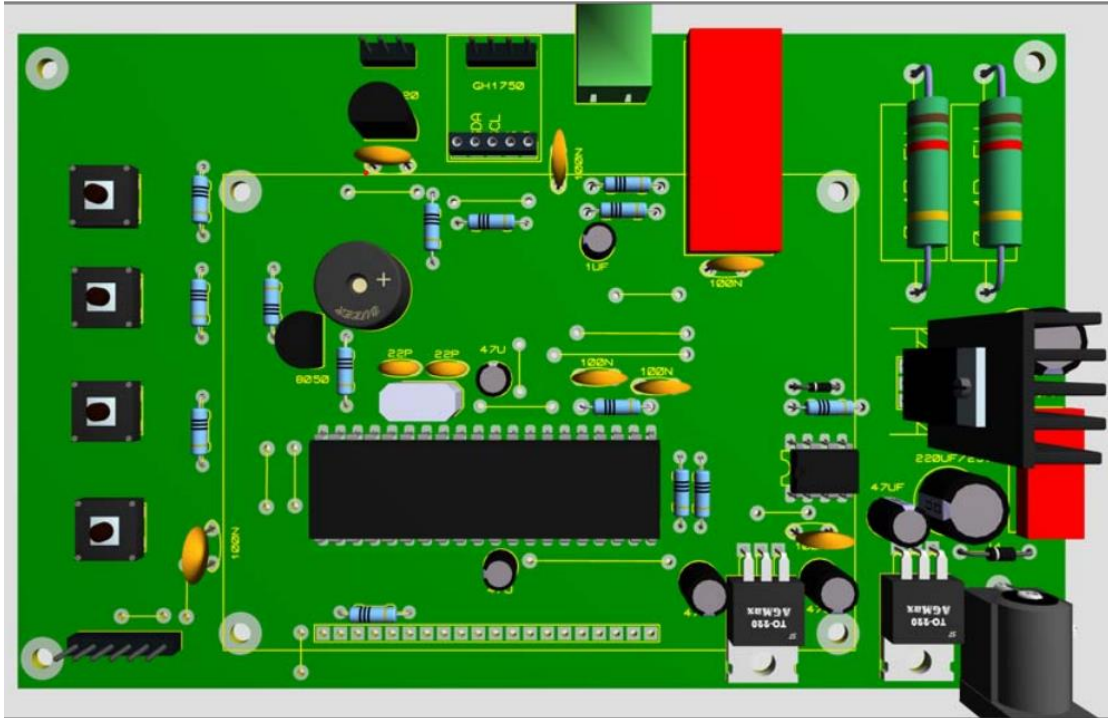


Figure III. 24 : Vue de face du circuit imprimé de la carte a réaliser en 3D.

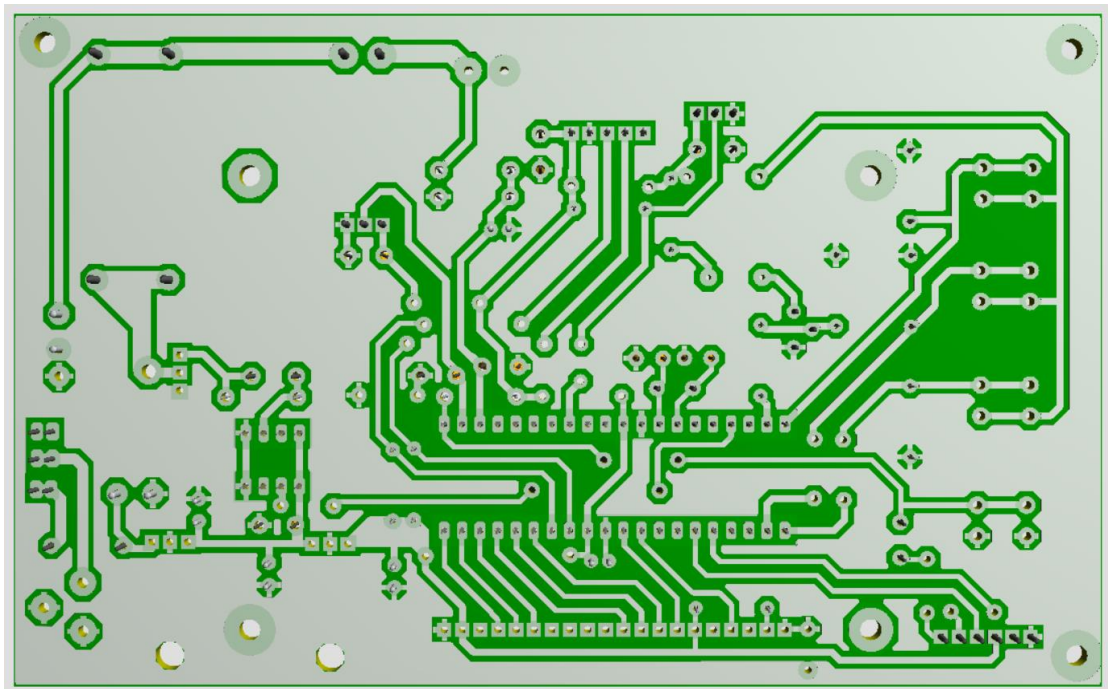


Figure III. 25 : Vue arrière du circuit imprimé de la carte à réaliser en 3D

Conclusion :

Au fil de ce chapitre, nous avons d'abord examiné toutes les caractéristiques électroniques fonctionnelles des cellules PV. Le modèle de base a été largement détaillé, ce qui a conduit à l'étude d'un modèle complet de la cellule prenant en compte tous les paramètres influençant la caractéristique I-V.

Ensuite, l'alimentation des différents composants de notre système a été bien dimensionnée, et nous avons simulé les différents éléments de la carte et les avons exposés à diverses conditions pour observer les variations possibles.

CHAPITRE IV

Réalisation de la carte

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons décrire toutes les étapes de la réalisation et de la programmation de la carte à concevoir. Pour cela, nous avons utilisé des outils informatiques tels que le simulateur numérique ISIS, qui est fortement recommandé dans notre cas, car la simulation de notre système nécessite des microcontrôleurs puissants qui doivent être simulés simultanément. Nous avons également utilisé l'éditeur de circuits imprimés ARES et le compilateur PIC C Compile

IV.2 Réalisation sur plaque d'essai

Avant la réalisation d'un projet sur une carte de circuit imprimé (CI), il est essentiel de le réaliser sur une plaque d'essai pour effectuer des tests.

La figure IV.1 montre le circuit testé sur plaque d'essai composé des éléments suivants :

- Un microcontrôleur (PIC18F4550).
- Capteur de courant ACS712.
- Capteur de température.
- Capteur de lumière.
- Module RS232.
- Afficheur LCD alphanumérique.

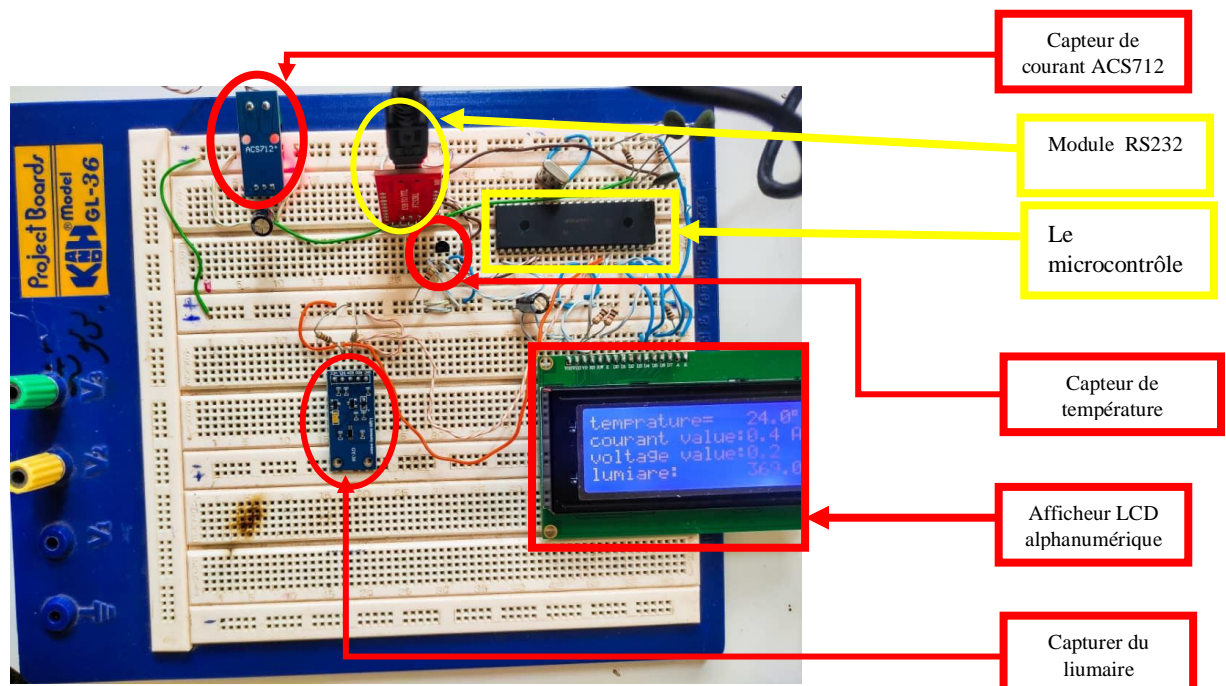


Figure IV. 1 : Schéma global de la carte à réaliser Le microcontrôleur (μ C) PIC18F4550

IV.3 Capteur de température :

La figure montre l'essai seule de capture DS18B20 et l'affichage de sa valeur.

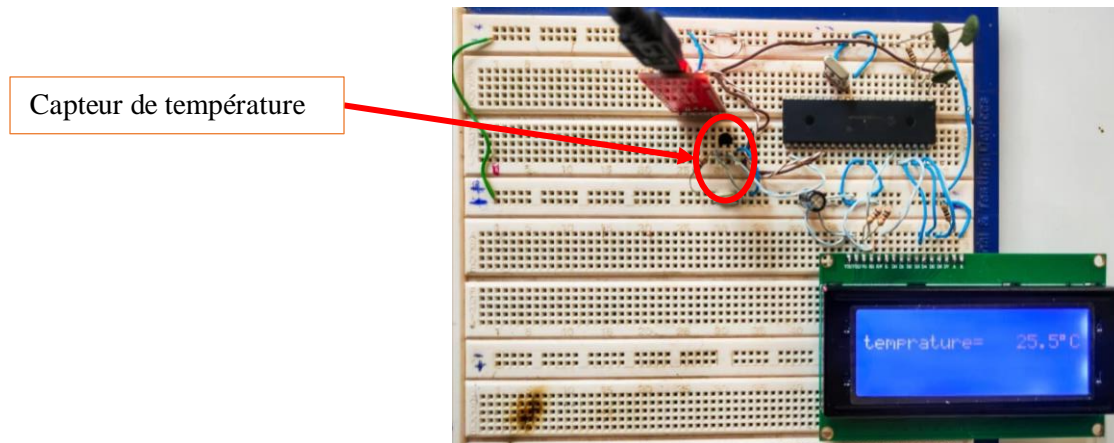


Figure IV. 2 : Mesure de la température

IV.4 Mesure du courant par le capteur ACS712 20A :

La figure montre l'essai seule de capture ACS712 20A et l'affichage de sa valeur.

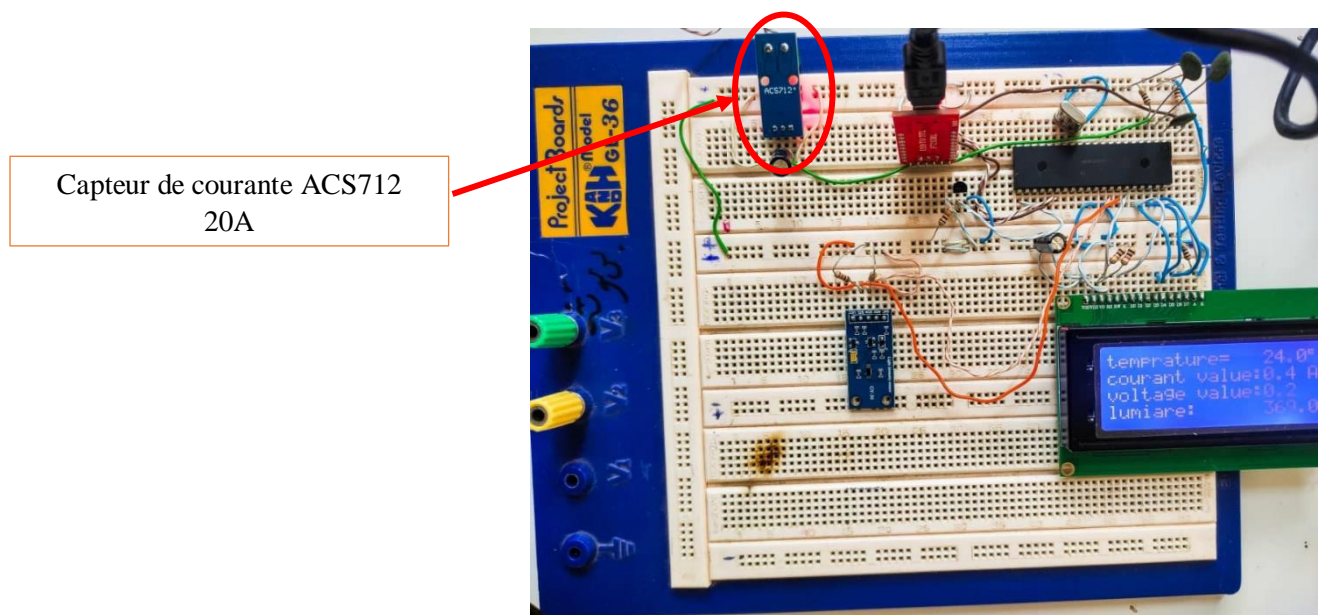


Figure IV. 3: Mesure de courante par le capteur AC712 20A

IV.5 Capteur de luminosité

La figure montre l'essai seule de capture BH1750 et l'affichage de sa valeur.

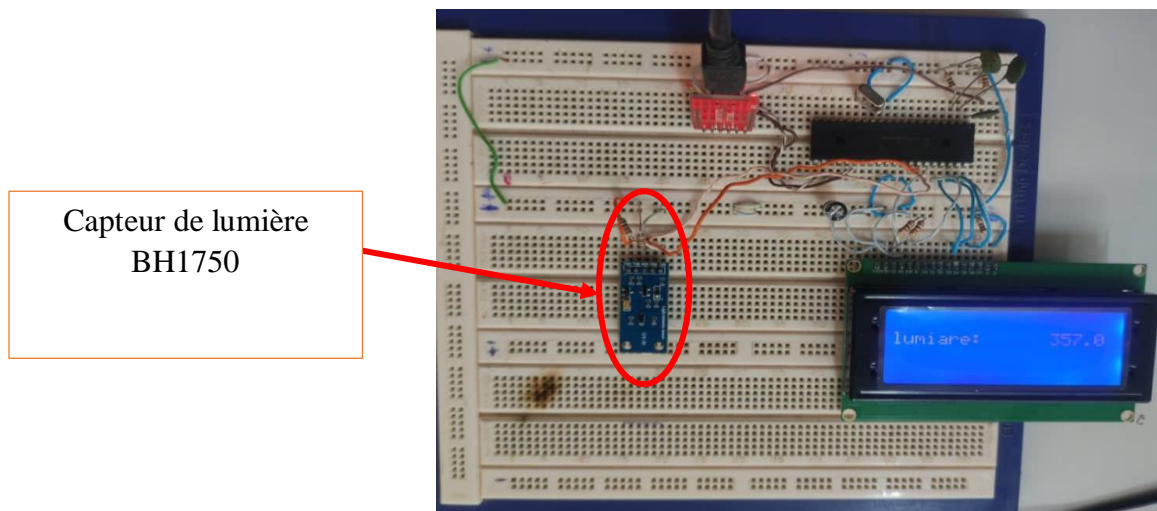


Figure IV. 4 : : Capteur de lumière

IV.6 Circuit imprimé et conception :

IV.6.1 Circuit imprimé de la carte a réalisé (côté composants et coté cuivre) :

- La figure IV.5 représenter le circuit imprimé réalisé (coté cuivre).
- La figure IV.6 représenter le circuit imprimé réalisé (coté composants) sur le quelle est marquée la référence et la valeur de chaque composant.

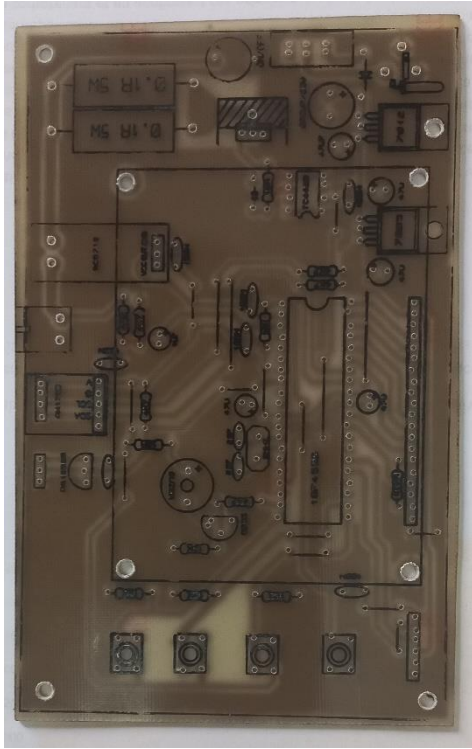


Figure IV. 6 : Circuit imprimé de la carte à réalisé coté composants.

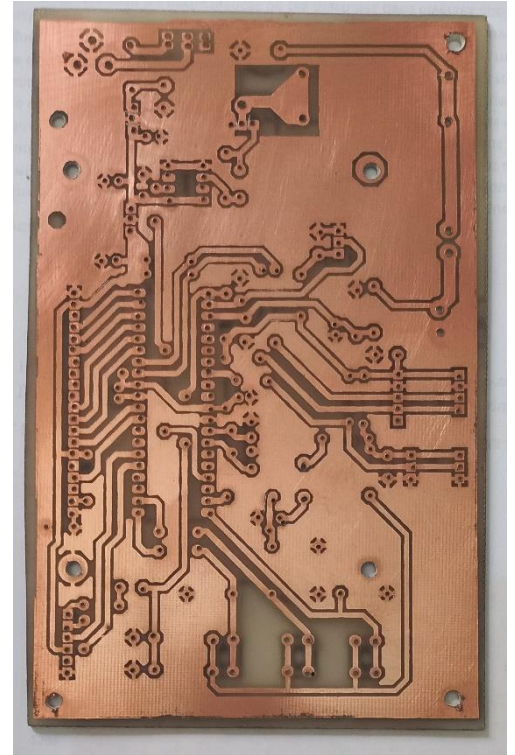


Figure IV. 5: Circuit imprimé de la carte à réalisé coté cuivre.

IV .7 La carte final

La Figure IV.7 et IV.8 représenter la carte finale sur la quelle en peut visualiser la disposition réelle des composants et les raccordements nécessaires.

La carte dispose quatre boutons (reset, donnees, set, graphe)

- **Reset** : permet de réinitialiser ou reboot le microcontrôleur.
- **Donnees** : permet l'affichage des caractéristique du panneau ($I_{mp}, V_{mp}, PP_m, \dots$)
- **Set** : démarrage de l'analyse du panneau.
- **Graphe** : traçage des courbe PV et IV.

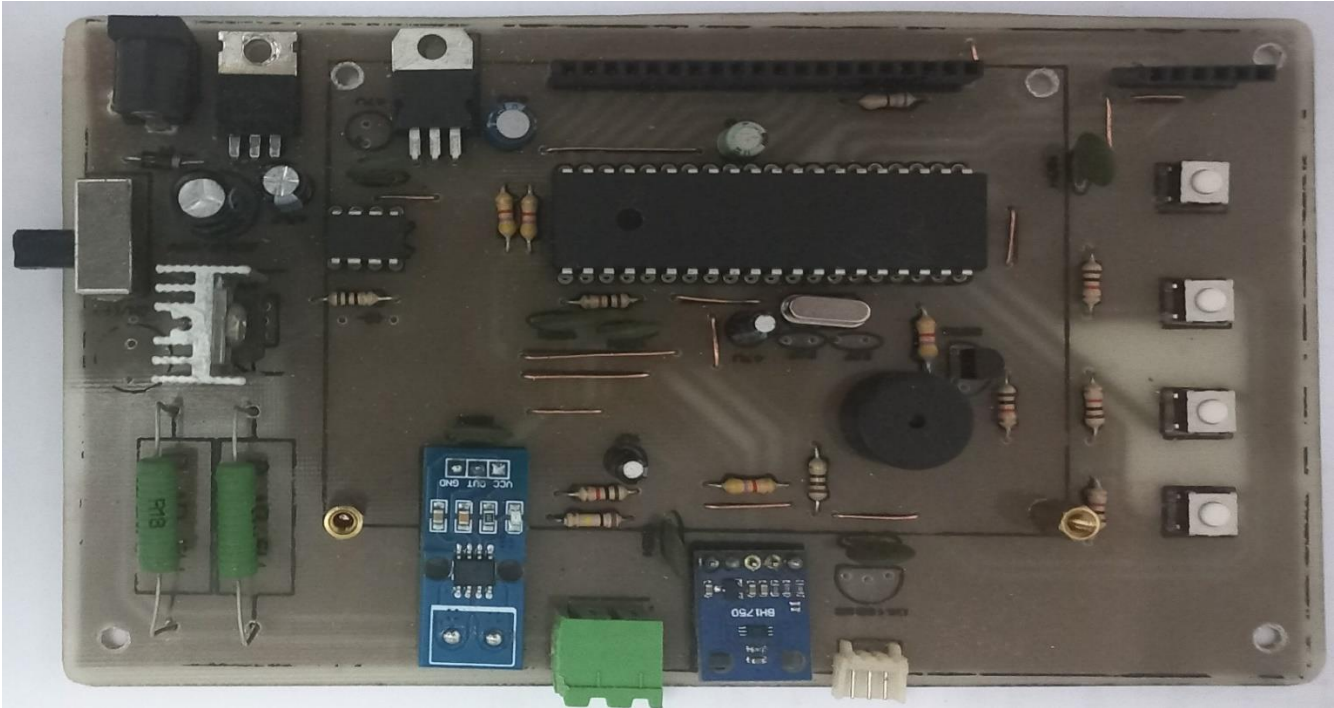


Figure IV. 7 : :la carte a réalisé son afficheur

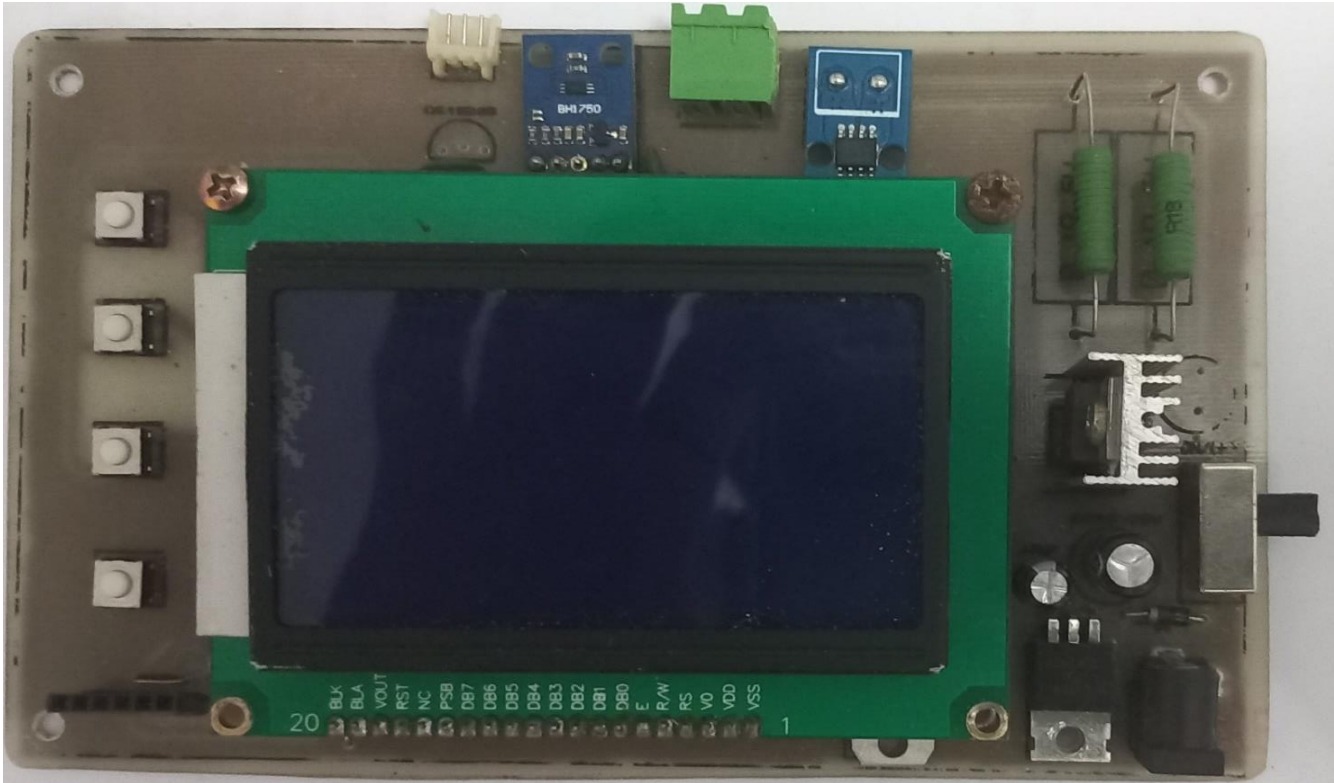


Figure IV. 8 : : La carte final à réaliser.

IV.8 Test et résultats

Pour tester la carte à réaliser un panneaux SP75 (caractéristiques : $V_{oc}= 21.7V$, $I_{sc}=4.8A$, $V_{mp}= 17.0 V$, $I_{mp}= 4.4A$, $PM= 75W$) et utiliser les résultats du test son afficher selon la figure IV4.10 et IV4.11.

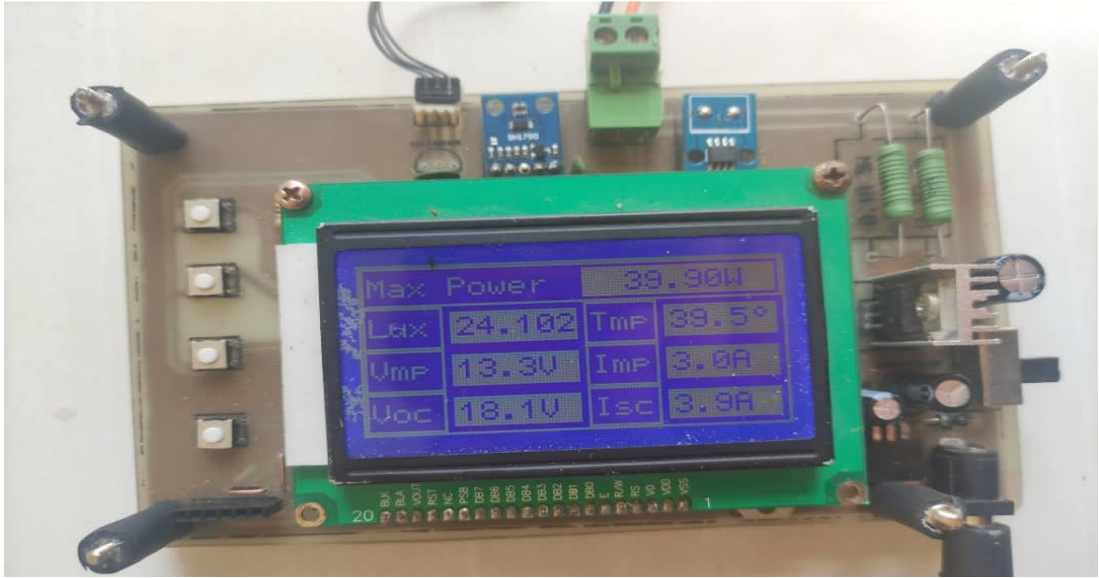


Figure IV. 9: testée de la carte à réaliser.

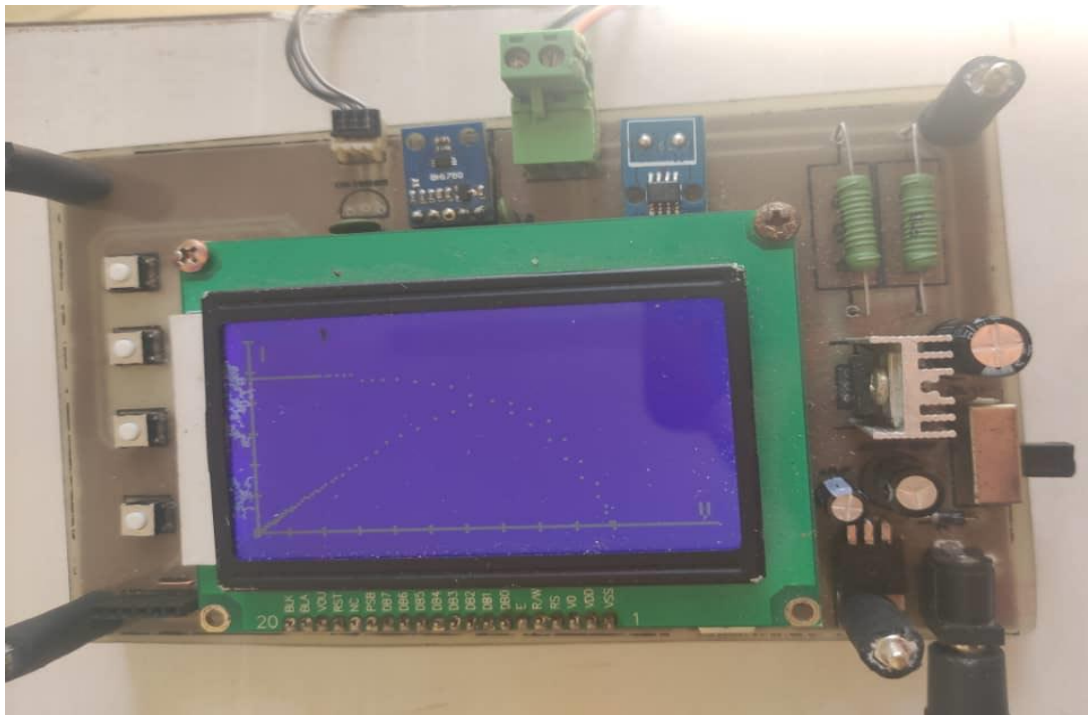


Figure IV. 10 : testée de la carte à réaliser

Les valeurs obtenu ($V_{mp} = 13.3 \text{ V}$, $V_{oc} = 18.1 \text{ V}$, $I_{mp} = 3.0 \text{ A}$, , $I_{sc} = 3.9 \text{ A}$) sont proche aux valeurs de la plaque signalétique de notre panneau photovoltaïque, cette déférence entre les valeurs à cause de les opération conditionnelle ($T = 39.5 \text{ C}^\circ$, $I_x = 517.7 \text{ W/m}^2$) ne pas les mêmes que Standard test condition ($T = 25 \text{ C}^\circ$, $I_x = 1000 \text{ W/m}^2$).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par tracer le circuit imprimé sur ARES, ce qui nous a permis d'avoir un aperçu en 3D et de visualiser la forme finale avant la réalisation. Ensuite, nous avons imprimé le circuit sur une carte cuivrée et, après un traitement chimique, nous avons obtenu le circuit final.

Nous avons également appris à tracer un circuit imprimé sur ARES et à réaliser la carte de caractérisation et comment souder les composants. Par ailleurs, nous avons développé le montage expérimental à partir duquel nous avons validé nos calculs théoriques et nos simulations. La carte a été réalisée et testée avec succès, confirmant ainsi la validité de notre approche et des résultats obtenus.

CONCLUSION GENERALE

La conception et la réalisation de notre carte de caractérisation visent à résoudre le problème de la détermination des caractéristiques des panneaux solaires et de leur état de fonctionnement. Avant d'aborder directement la problématique et l'étude détaillée du système à concevoir, nous avons jugé utile de présenter les différents types de cellules photovoltaïques (PV) et leur rendement actuel dans l'industrie solaire.

Ensuite, nous avons détaillé la modélisation des différents capteurs, notamment les cellules PV et les modules PV. En premier lieu, nous avons décrit la structure de base d'une cellule PV et introduit sa courbe caractéristique non linéaire en fonction de charges variables. Les paramètres essentiels, tels que le courant de court-circuit et la tension en circuit ouvert, ont été définis et discutés en profondeur. L'influence des facteurs environnementaux, comme la température et l'ensoleillement, sur le rendement a été minutieusement analysée. La modélisation à diode unique a été appliquée aux cellules et panneaux PV, suivie par le développement d'un modèle original sous Orcad, reproduisant le comportement réel d'un panneau PV commercial.

Dans la dernière partie de notre mémoire, nous avons largement décrit la réalisation de la carte, précédée par sa simulation, constituant notre système de caractérisation. Une part essentielle de ce travail a été la programmation du microcontrôleur en C, simulée dans l'environnement logiciel ISIS. Une charge dynamique permettant de scanner en temps réel les caractéristiques I-V, pour la numérisation et le stockage des données, a été réalisée avec des tests expérimentaux concluants. La carte, connectée directement au module à caractériser, équipée d'une charge dynamique intégrée, permet l'acquisition de diverses données telles que le courant et la tension, ainsi que l'extraction des courbes caractéristiques I-V et P-V. Elle affiche également les paramètres du module PV sur un afficheur graphique.

La conception de notre carte permet d'obtenir les caractéristiques de n'importe quel panneau photovoltaïque en quelques secondes, en évaluant son bon fonctionnement selon les graphes P-V et I-V, et en déterminant les caractéristiques spécifiques telles que V_{oc} , I_{mp} , V_{mp} , et I_{sc} ."

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

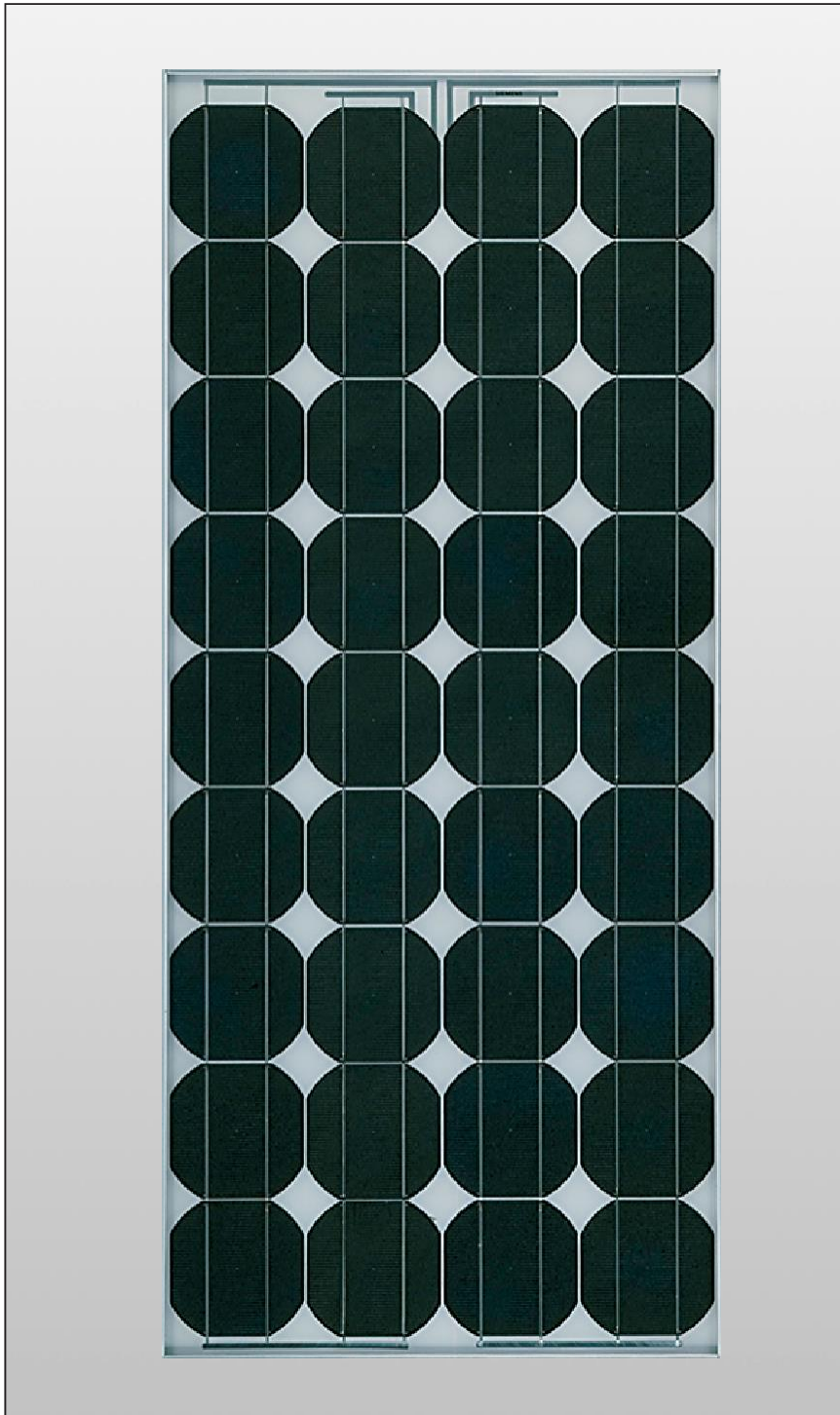
- [1] MERZOUK.Walid Adel_REZKI.Abderrahmane.pdf.
- [2] Luc Chancelier et Eric Laurent « l'électricité solaires » livre GRET. Ministère de la coopération.
- [3] BADJI.Fahim Nacer Eddine_LAMOUDI.Mohamed Yacine.pdf.
- [4] Thesis M.KELLAL.pdf.
- [5] L. Achoui, S.Hamidi « développement d'un système photovoltaïque onduleur-MAS.
- [6] <https://chatgpt.com/c/81ca79b8-82b4-4a0c-843a-816566e5d3a7>.
- [7] <https://www.maxicours.com/se/cours/exploiter-la-caracteristique-d-un-dipole-electrique> (05/03/2024).
- [8] <https://www.google.com/search?q=%23%23%20Le%20courant%20de%20court-circuit%20dans%20un%20panneau%20solaire> (05/03/2024).
- [9] Halt: Summarized Arabic Title (openai.com).
- [10] <https://chat.openai.com/c/36a8d89c-b1fd-48e6-8008-ed5b2cc4c44e>.
- [11] <https://www.maxicours.com/se/cours/exploiter-la-caracteristique-d-un-dipole-electrique/> (05/03/2024).
- [12] L'utilisation de MOSFET dans les panneaux solaires présente plusieurs avantages significatifs. - Recherche (bing.com) (08/03/2023).

Annexe

Annex [1] : Capteur de courant ACS712 20A

SIEMENS

Solar module SP75



When it comes to reliable and environmentally-friendly generation of electricity from sunlight, solar modules from Siemens provide the perfect solution. Manufactured in compliance with the most stringent quality standards, Siemens Solar modules are designed to withstand the toughest environmental conditions and are characterized by their long service life. Siemens Solar modules are covered by a 25-year limited warranty on power output – your guarantee of trouble-free solar power generation.

PowerMax® technology

Siemens' proprietary PowerMax® technology optimizes the energy production of individual cells and solar modules for all types of environmental conditions. PowerMax® process optimization includes a special refining technique for ingots, a clean room semiconductor grade production process, and a multistage proprietary TOPS™ (Texture Optimized Pyramidal Surface) process. The TOPS process incorporates the formation of textured pyramids on the surface of the solar cell. These pyramids are then specially treated to passivate the surface. The cell's optical properties are optimized for maximum absorption of photons from the sun's light. TOPS also maximizes photon absorption from direct and diffused light (typical under cloudy conditions). This means that light absorption is especially high, even at low light levels. Siemens PowerMax® solar cells deliver maximum energy throughout the day.

Solar module

Model:	SP75
Rated power:	75 Watts
Limited Warranty:	25 Years

Certifications and Qualifications

- UL-Listing 1703
- TÜV safety class II
- JPL Specification No. 5101-161
- IEC 61215
- CE mark
- FM Certification

Annexe

Intelligent module design

- All cells are electrically matched to assure the greatest power output possible.
- Ultra-clear tempered glass provides excellent light transmission and protects from wind, hail, and impact.
- Torsion and corrosion resistant anodized aluminum module frame ensures dependable performance, even through harsh weather conditions and in marine environments.
- Built-in bypass diodes (12V configuration) help system performance during partial shadowing.

High quality

- Every module is subject to final factory review, inspection and testing to assure compliance with electrical, mechanical and visual criteria.
- 36 PowerMax® single-crystalline solar cells deliver excellent performance even in reduced-light or poor weather conditions.
- Cell surfaces are treated with the Texture Optimized Pyramidal Surface (TOPS™) process to generate more energy from available light.
- Fault tolerant multi-redundant contacts on front and back of each cell provide superior reliability.
- Solar cells are laminated between a multi-layered polymer backsheet and layers of ethylene vinyl acetate (EVA) for environmental protection, moisture resistance, and electrical isolation.
- Durable back sheet provides the module underside with protection from scratching, cuts, breakage, and most environmental conditions.
- Laboratory tested and certified for a wide range of operating conditions.
- Ground continuity of ≤ 1 ohm for all metallic surfaces.
- Manufactured to exacting Siemens quality standards.

Easy installation

- ProCharger™-CR junction box accepts conduit, cable or wire and is designed for easy field wiring.
- Lightweight aluminum frame and pre-drilled mounting holes for easy installation.
- Factory configured for 12V operation and may be reconfigured in the field for 6V operation.
- Modules may be wired together in series or parallel to attain required power levels.

Performance warranty

- 25 Year limited warranty on power output.

Further information on solar products, systems, principles and applications is available in the Siemens Solar product catalog.

Siemens modules are recyclable.

Siemens Solar GmbH
A joint venture of
Siemens AG and Bayernwerk AG
Postfach 46 07 05
D-80915 München
Germany

Solar module SP75

Electrical parameters		12 V/6 V
Maximum power rating P_{max}	[Wp] ¹⁾	75
Rated current I_{MPP}	[A]	4.4/8.8
Rated voltage V_{MPP}	[V]	17.0/8.5
Short circuit current I_{SC}	[A]	4.8/9.6
Open circuit voltage V_{OC}	[V]	21.7/10.9

Thermal parameters		
NOCT ²⁾	[°C]	45 \pm 2
Temp. coefficient: short-circuit current		2.06 mA / °C
Temp. coefficient: open-circuit voltage		-0.77 V / °C

Qualification test parameters ⁴⁾		
Temperature cycling range	[°C]	-40 to +85
Humidity freeze, Damp heat	[%RH]	85
Maximum system voltage	[V]	600 V per UL (1000 V per ISPR4)
Wind Loading PSF	[N/m ²]	50 [2400]
Maximum distortion ³⁾	[°]	1.2
Hailstone impact	Inches [mm]	1.0 [25]
	MPH [m/s]	52 [$v=23$]
Weight	Pounds [kg]	16.7 [7.6]

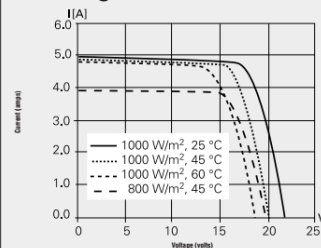
- 1) Wp (Watt peak) = Peak power (Minimum Wp = 70 Watts)

Air Mass AM = 1.5
Irradiance E = 1000 W/m²
Cell temperature T_c = 25 °C

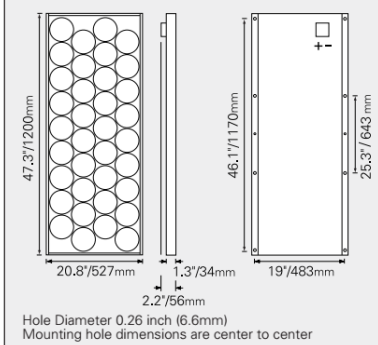
- 2) Normal Operating Cell Temperature at:
Irradiance E = 800 W/m²
Ambient temperature T_u = 20 °C
Wind Speed v_w = 1 m/s

- 3) Diagonal lifting of module plane
- 4) Per IEC 61215 test requirements
- 5) 12 volt configuration

Voltage-current characteristic

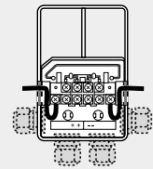


Module dimensions



ProCharger™-CR Junction-box

Maximum cable diameter: 4mm²
Type of protection: IP44



Your address for photovoltaics from Siemens Solar



© Siemens Solar 1998 Status 11/98 - Subject to modification

Siemens Solar Industries
P.O.Box 6032
Camarillo, CA 93011, U.S.A.
Web site: www.siemenssolarpv.com
E-mail: sunpower@solarpv.com
Tel: 805-482-6800
Fax: 805-388-6395

Siemens Showa Solar Pte. Ltd.
166 Kallang Way
Singapore 349249
Tel: 65-842-3886
Fax 65-842-3887

Order No. 019897, Rev. D



Annexe

Annex [2] : Capteur de température DS18B20



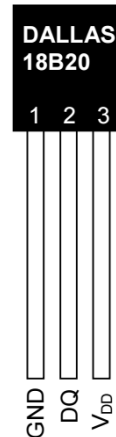
www.maxim-ic.com

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire[®] interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an onboard ROM
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer resolution is user-selectable from 9 to 12 bits
- Converts temperature to 12-bit digital word in 750ms (max.)
- User-definable nonvolatile (NV) alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Available in 8-pin SO (150mil), 8-pin μSOP , and 3-pin TO-92 packages
- Software compatible with the DS1822
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

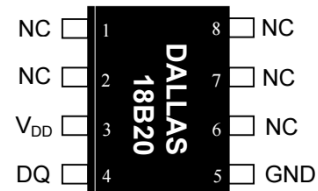
PIN ASSIGNMENT



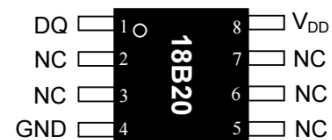
(BOTTOM VIEW)

TO-92

(DS18B20)



8-Pin 150mil SO
(DS18B20Z)



8-Pin μSOP
(DS18B20U)

PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V_{DD} - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit centigrade temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ and is accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-wire bus; thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control systems.

Annexe

DETAILED PIN DESCRIPTIONS Table 1

SO*	μSOP*	TO-92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	4	1	GND	Ground.
4	1	2	DQ	Data Input/Output pin. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see “Parasite Power” section.)
3	8	3	V _{DD}	Optional V_{DD} pin. V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.

*All pins not specified in this table are “No Connect” pins.

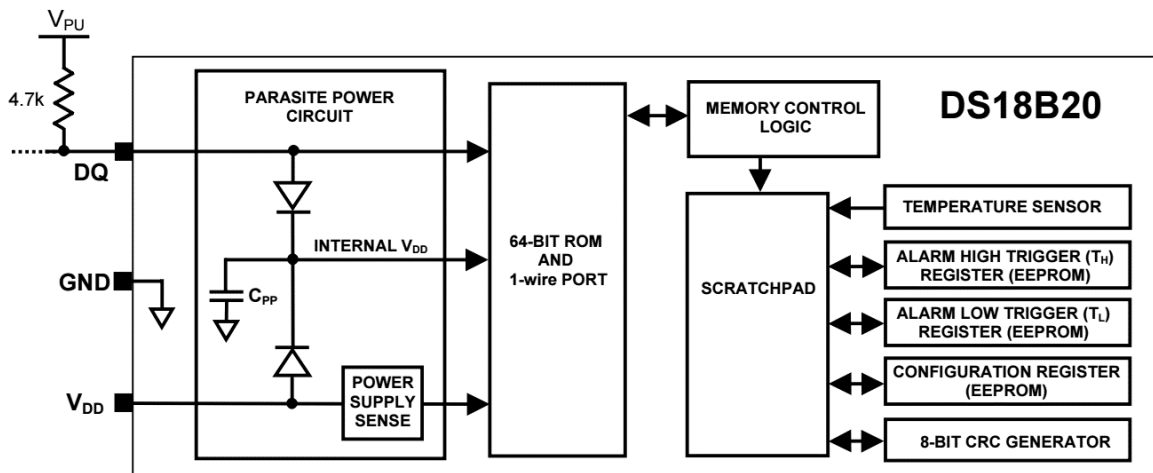
OVERVIEW

Figure 1 shows a block diagram of the DS18B20, and pin descriptions are given in Table 1. The 64-bit ROM stores the device’s unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers (T_H and T_L), and the 1-byte configuration register. The configuration register allows the user to set the resolution of the temperature-to-digital conversion to 9, 10, 11, or 12 bits. The T_H, T_L and configuration registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18B20 uses Dallas’ exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18B20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device’s unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and “time slots,” is covered in the *1-WIRE BUS SYSTEM* section of this datasheet.

Another feature of the DS18B20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-Wire pullup resistor via the DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an internal capacitor (C_{PP}), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-Wire bus is referred to as “parasite power.” As an alternative, the DS18B20 may also be powered by an external supply on V_{DD}.

DS18B20 BLOCK DIAGRAM Figure 1



Annexe

Annex [3] : Le microcontrôleur



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant SIE
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead-time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

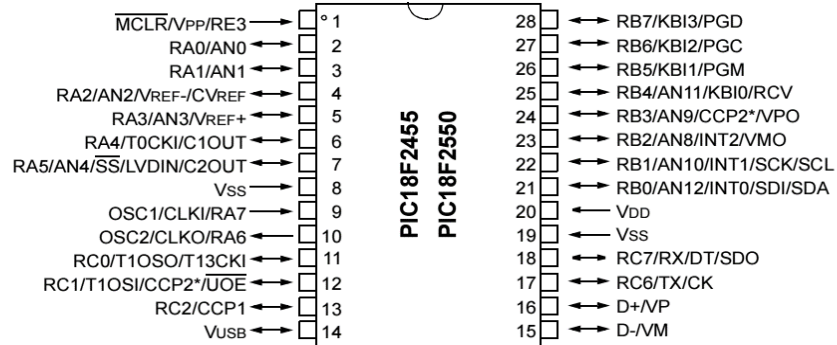
Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

Annexe

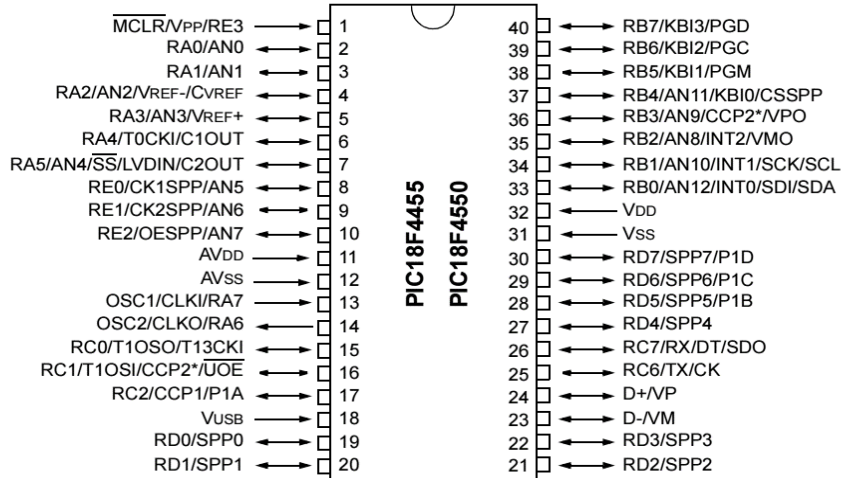
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin SDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note: Pinouts are subject to change.

* Assignment of this feature is dependent on device configuration.

Annexe

Annex [4] : Capteur de courant ACS712 20A



ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

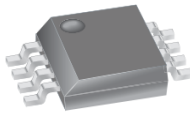
- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



TUV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

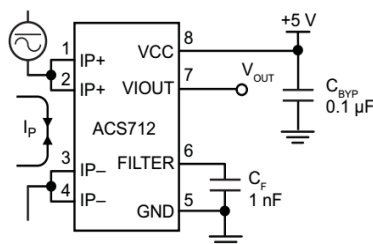
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_P , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

Annexe

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{IOUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{IOUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WFBSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFRSI}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



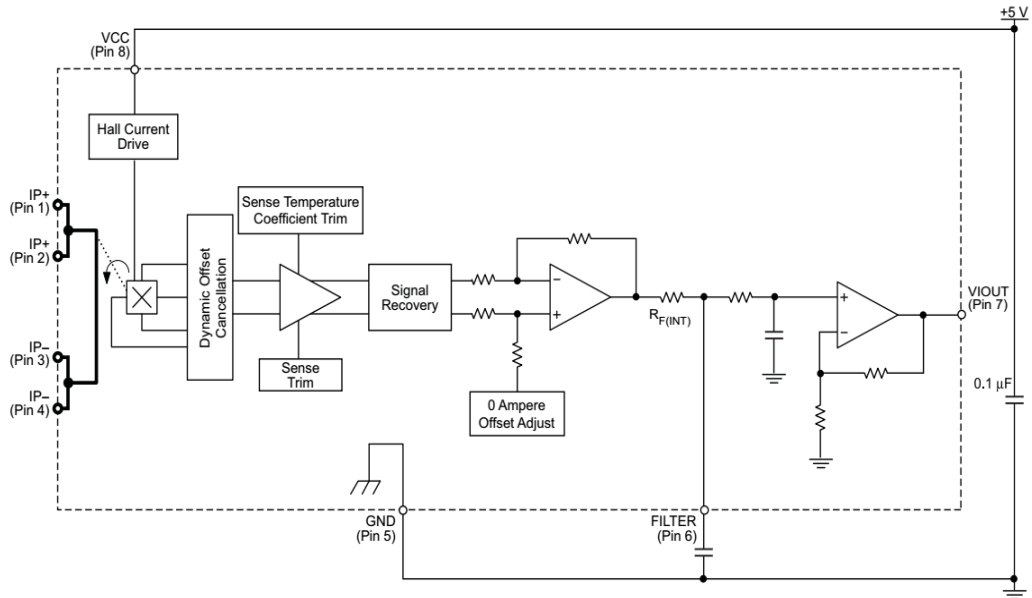
Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Annexe

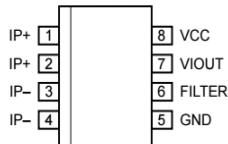
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

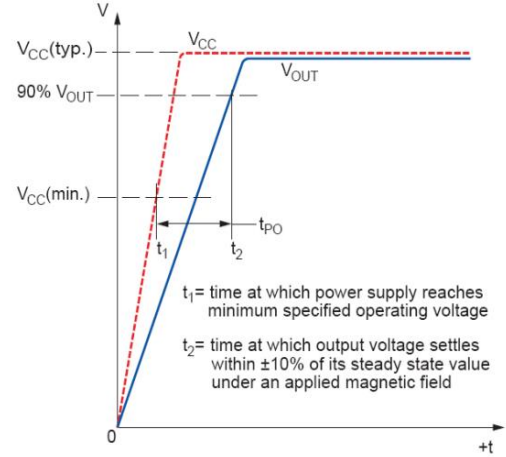
Annexe

ACS712

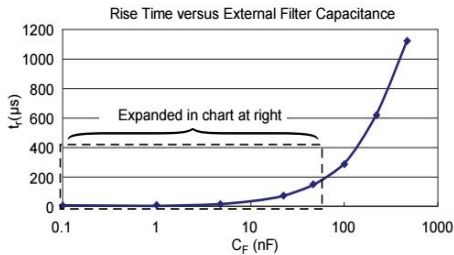
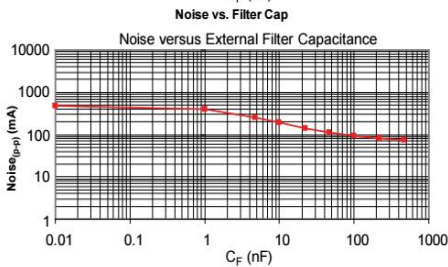
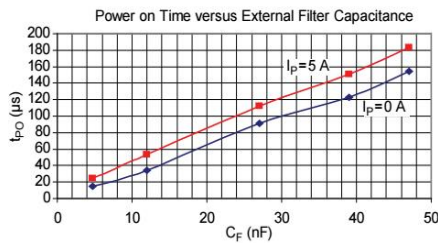
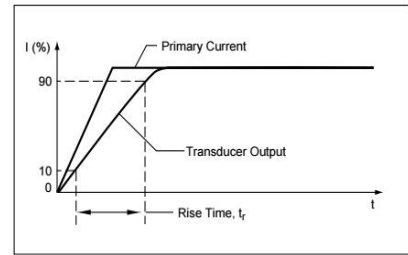
Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Definitions of Dynamic Response Characteristics

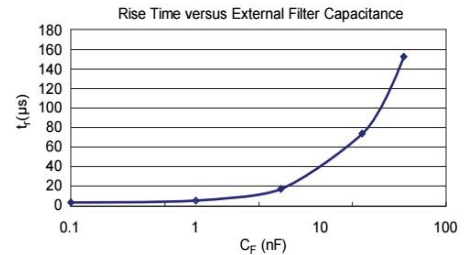
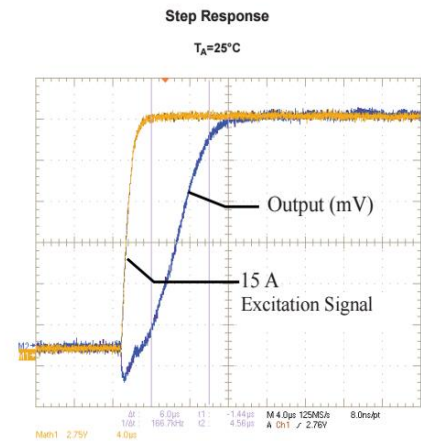
Power-On Time (t_{PO}). When the supply is ramped to its operating voltage, the device requires a finite time to power its internal components before responding to an input magnetic field. Power-On Time, t_{PO} , is defined as the time it takes for the output voltage to settle within $\pm 10\%$ of its steady state value under an applied magnetic field, after the power supply has reached its minimum specified operating voltage, $V_{CC(min)}$, as shown in the chart at right.



Rise time (t_r). The time interval between a) when the device reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the device, in which $f(-3 \text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{RESPONSE}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



C_F (nF)	t_r (μ s)
Open	3.5
1	5.8
4.7	17.5
22	73.5
47	88.2
100	291.3
220	623
470	1120



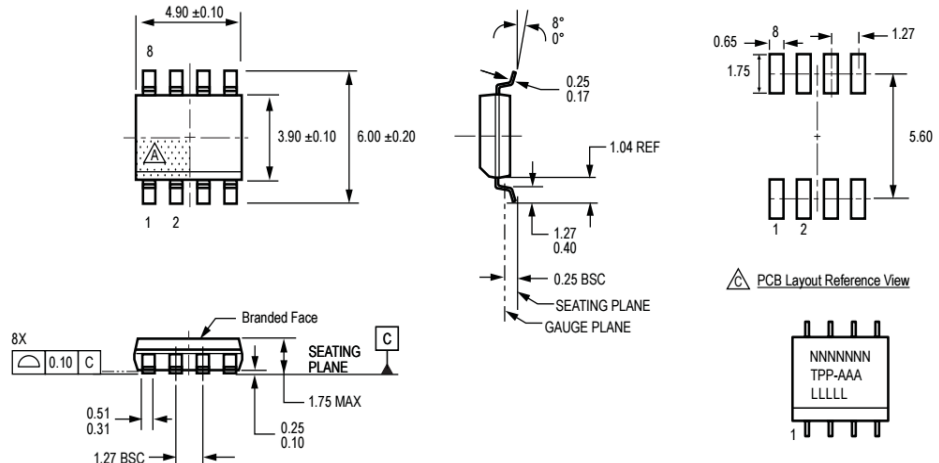
Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Annexe

ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Package LC, 8-pin SOIC



For Reference Only, not for tooling use (reference MS-012AA)
Dimensions in millimeters
Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and dambar protrusions
Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown

- Terminal #1 mark area
- Branding scale and appearance at supplier discretion
- Reference land pattern layout (reference IPC7351)
- SOIC127P600X175-8M; all pads a minimum of 0.20 mm from all adjacent pads; adjust as necessary to meet application process requirements and PCB layout tolerances

PCB Layout Reference View

Standard Branding Reference View

N = Device part number
T = Device temperature range
P = Package Designator
A = Amperage
L = Lot number
Belly Brand = Country of Origin



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Annexe

Annex [5] : Alimentation de la carte à réaliser



1.5A Positive Voltage Regulator

LM78XX

Description

The Bay Linear LM78XX is integrated linear positive regulator with three terminals. The LM78XX offer several fixed output voltages making them useful in wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78XX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, lower quiescent current.

The LM78XX is available in the TO-252, TO-220 & TO-263 packages,

Features

- Output Current of 1.5A
- Output Voltage Tolerance of 5%
- Internal thermal overload protection
- Internal Short-Circuit Limited
- No External Component
- Output Voltage 5.0V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 24V
- Offer in plastic TO-252, TO-220 & TO-263
- Direct Replacement for LM78XX

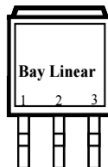
Applications

- Post regulator for switching DC/DC converter
- Bias supply for analog circuits

Packaging Information



TO-263-3 (S)



Top View

1. Input
2. GND
3. Output

Ordering Information

Device	Operating Voltage	Temp.
LM7805	7 to 20	0 to 125 °C
LM7806	8 to 20	0 to 125 °C
LM7808	10.5 to 23	0 to 125 °C
LM7809	11.5 to 24	0 to 125 °C
LM7810	12.5 to 25	0 to 125 °C
LM7812	14.5 to 27	0 to 125 °C
LM7815	17.5 to 30	0 to 125 °C
LM7818	20.5 to 33	0 to 125 °C
LM7824	26.5 to 39	0 to 125 °C

TO-220 (T)

TO-263 (S)

TO-252 (D)

Annexe

LM78XX

Absolute Maximum Rating

Parameter	LM78--	Unit
Input Voltage	LM7824, LM7827 All Others	V
Operating Free-Air, Case, Virtual Junction Temp.	0 to 150	°C
Storage Temperature Range	-65 to 150	
Lead temperature 1.6 mm from case for sec.	260	

Electrical Characteristics (LM7805)

($V_I=10V$, $I_O=500mA$, $0^\circ C \leq T_J \leq 125^\circ C$, unless otherwise specified. (Note 1))

Parameter	Symbol	Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_O	$T_J = 25^\circ C$	4.8	5.0	5.2	V
Line Regulation	ΔV_O	$V_I = 7V$ to $25V$, $T_J = 25^\circ C$		3	100	mV
		$V_I = 8V$ to $12V$, $T_J = 25^\circ C$		1	50	
Load Regulation	ΔV_O	$I_O = 5mA$ to $1.5A$, $25^\circ C$		15	100	mV
		$I_O = 250mA$ to $750mA$, $25^\circ C$		5	50	
Ripple Rejection	RR	$V_I = 8V$ to $18V$, $f=120Hz$	62	78		dB
Output Noise Voltage	V_N	$F=10Hz$ to $100Hz$, $T_J = 25^\circ C$		40		μV
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Quiescent Current		$T_J = 25^\circ C$		4.2	8	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 7V$ to $25V$, $T_J = 25^\circ C$			1.3	mA
		$I_O = 5mA$ to $1A$, $T_J = 25^\circ C$			0.5	

Electrical Characteristics (LM7812)

($V_I=19V$, $I_O=500mA$, $0^\circ C \leq T_J \leq 125^\circ C$, unless otherwise specified. (Note 1))

Parameter	Symbol	Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_O	$T_J = 25^\circ C$	11.50	12	12.5	V
Line Regulation	ΔV_O	$V_I = 14.5V$ to $30V$, $T_J = 25^\circ C$		10	240	mV
		$V_I = 16V$ to $22V$, $T_J = 25^\circ C$		3.0	120	
Load Regulation	ΔV_O	$I_O = 5mA$ to $1.5A$, $25^\circ C$		12	240	mV
		$I_O = 250mA$ to $750mA$, $25^\circ C$		4	120	
Ripple Rejection	RR	$V_I = 15V$ to $25V$, $f=120Hz$	55	71		dB
Output Noise Voltage	V_N	$F=10Hz$ to $100Hz$, $T_J = 25^\circ C$		75		μV
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Quiescent Current		$T_J = 25^\circ C$		4.3	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 14.5V$ to $30V$, $T_J = 25^\circ C$			1.0	mA
		$I_O = 5mA$ to $1A$, $T_J = 25^\circ C$			0.5	