

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Électrotechnique

Spécialité : Commandes électriques

Par : BOUDJEMAI HAMZA et FELLAH IBRAHIM

Sujet

Amélioration des performances d'acquisition des signaux pour un compteur intelligent

Soutenu publiquement, le 27/06/ 2018, devant le jury composé de :

L. BAGHLI	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
S.M.MELIANI	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M.C.BENHABIB	MCA	Univ. Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
M.A.BRIKCI NIGASSA	MAA	Univ. Tlemcen	Examineur 1
A. MECHERNENE	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur 2

Dedicaces 1

JE dédie ce travail :

- à ma mère, la personne la plus chère à mon cœur, qui a toujours prié pour ma réussite.
- à mon père qui a travaillé dur pour moi et m'a appris le sens de la lutte pour atteindre les objectifs.
- à mes frères et sœurs et toute ma famille.
- à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont aidé et contribué au succès de ce travail.
- à tous mes professeurs à travers toutes les étapes de mes études.

BOUDJEMAI HAMZA

JE dédie ce travail :

- à ma grand-mère, qui n'a jamais cessé de m'aider, de m'encouragé toute au long de mes études universitaire, elle a pu crée le climat propice à la poursuite de mes études dans les meilleures conditions. Que dieu lui procure bonne santé et longue vie.
- à toute ma famille de près ou de loin.
- à tous mes voisins et mes amis que je ne vais pas nommer car ils sont nombreux.
- à tous mes enseignants et surtout ceux qui sont intervenus dans mon cursus universitaire.
- à tous mes collègues de ma promotion du Master 2018 surtout de la specialité «Com-mande Électrique».

FELLAH IBRAHIM

Remerciements

Nous souhaitons en premier lieu à remercier ALLAH qui nous aider à accomplir ce modeste travail et qui nous donné toute la patience et la volonté pour surpasser tous les moments difficiles durant la réalisation de ce projet.

En second lieu,nous tenons à exprimer notre gratitude à monsieur S.M.MELIANI et monsieur M.C.BENHABIB pour avoir dirigé ce travail, pour leurs aide et leurs précieux conseils ainsi que pour les nombreuses discussions que nous avons eues et sans qui ce mémoire n'aurait jamais terminé.

Nous tenons également à adresser nos remerciements aux membres du jury monsieur L. BAGHLI , monsieur M.A.BRIKCI NIGASSA et monsieur A. MECHERNENE pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce travail.

FELLAH IBRAHIM BOUDJEMAI HAMZA

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACES 1	i
DEDICACES 2	ii
REMERCIEMENTS	iii
NOMENCLATURE	ix
GLOSSAIRE	x
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
I GÉNÉRALITÉ SUR LES COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ	3
I.1 INTRODUCTION	4
I.2 COMPTEUR ÉLECTROMÉCANIQUE	4
I.3 COMPTEUR ÉLECTRONIQUE OU NUMÉRIQUE	5
I.4 COMPTEUR INTELLIGENT	5
I.5 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTS COMPTEURS ÉLECTRIQUES	7
I.6 CONCLUSION	8
II ÉTUDE DES COMPOSANTS NÉCESSAIRE POUR UN COMPTEUR INTELLIGENT	9
II.1 INTRODUCTION	10
II.2 ÉTUDE DE L'ALIMENTATION	10
II.2.1 Généralité sur les alimentations électriques	10
II.2.2 Alimentations à régulateur linéaire	10
II.2.3 Alimentations à découpage	11
II.2.4 Comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage	13
II.3 LES CAPTEURS	15
II.3.1 Capteur de tension	15
II.3.2 Capteur de courant	18
II.4 GÉNÉRALITÉ SUR LE dsPIC33F	20
II.4.1 Présentation du dsPIC33F	20
II.4.2 Principales périphériques du dsPIC33F	20
II.4.2-a Horloge du dsPIC33F	21
II.4.2-b Convertisseur analogique-numérique (ADC)	21
II.4.2-c DMA	25
II.4.3 Schéma de câblage du dsPIC33FJ128GP802	25
II.5 AFFICHEUR LCD	28

II.6 CONCLUSION	29
III CONCEPTION ET ANALYSE DE COMPTEUR ÉLECTRIQUE	30
III.1 INTRODUCTION	31
III.2 PARAMÈTRES ENTRANT AU COMPTEUR RÉALISÉ	31
III.2.1 Mesure de tension	31
III.2.2 Mesure de courant	32
III.3 CALCUL DES PUISSANCES	33
III.4 CALCULE DE FACTEUR DE PUISSANCE	34
III.5 CALCULE DE L'ÉNERGIE	36
III.6 DESCRIPTION GÉNÉRALE D'UN PROTOTYPE DE COMPTEUR INTELLIGENT .	37
III.7 TEST DE VALIDATION DE NOTRE PROTOTYPE	38
III.7.1 Cas d'une charge résistive	38
III.7.2 Cas d'une charge inductive	41
III.8 PROBLÈMES RENCONTRÉS DANS LA RÉALISATION DE PROJET	44
III.9 CONCLUSION	44
 CONCLUSION GÉNÉRALE	 46
 BIBLIOGRAPHIE	 49
 ANNEXE A : DATASHEET - ICL7660S	 1
 ANNEXE B : DATASHEET - CAPTEUR DE TENSION LV 25-P	 3
 ANNEXE C : DATASHEET - AMPLIFICATEUR LF356N	 6
 ANNEXE D : DATASHEET - CAPTEUR DE COURANT ACS712	 10
 ANNEXE E : DATASHEET - dsPIC33FJ128GP802	 14
 ANNEXE F : DATASHEET - OPTOCOUPLEUR 4N35	 17

TABLE DES FIGURES

I.1	Compteur électromécanique.	4
I.2	Compteur électronique.	5
I.3	Exemple d'un compteur intelligent.	6
I.4	Structure matériels d'un compteur intelligent.	6
II.1	Schéma synoptique d'une alimentation à régulateur linéaire.	10
II.2	Schéma de principe d'une alimentation à régulateur linéaire.	11
II.3	Schéma synoptique d'une alimentation à découpage.	11
II.4	Principe de découpage d'une tension continu.	12
II.5	Circuit de l'alimentation à découpage.	14
II.6	Schéma « ISIS » pour crée une tension $\pm 12V$	14
II.7	Schéma « ARES » pour crée une tension $\pm 12V$	14
II.8	Circuit imprimé pour crée une tension $\pm 12V$	15
II.9	Schéma de principe de capteur LV25-p à base d'amplificateur.	16
II.10	Schéma « ARES » de circuit de capteur de tension LV25-p.	16
II.11	Circuit imprimé de capteur de tension LV25-p.	16
II.12	Circuit de capteur de courant ACS712 - 30A.	18
II.13	Modèle du dsPIC33FJ128GP802.	20
II.14	Schéma « ISIS » de détecteur de passage par zéros.	22
II.15	Schéma « ARES » de détecteur de passage par zéros.	23
II.16	Circuit imprimé de détecteur de passage par zéros.	23
II.17	Test de circuit de passage par zéros.	24
II.18	Vérification du programme de l'interruption.	24
II.19	Schéma « ISIS » de câblage de dsPIC33FJ128GP802	26
II.20	Schéma « ARES » de câblage de dsPIC33FJ128GP802.	26
II.21	Circuit imprimé de câblage de dsPIC33FJ128GP802.	26
II.22	PICkit2 et son brochage.	27
II.23	Afficheur LCD et son brochage.	28
II.24	Afficheur LCD alphanumérique 2×16	29
III.1	Signal de tension après la conversion analogique-numérique.	31
III.2	Signal de courant à la sortie de capteur à vide.	32
III.3	Signal de courant à la sortie de capteur pour une charge résistive.	33
III.4	Déphasage entre tension et courant.	34
III.5	Déphasage entre tension et courant pour different charges.	35
III.6	Schéma globale de prototype de notre compteur intelligent.	37
III.7	Prototype final de notre compteur intelligent.	37

III.8 Schéma de connexion de la charge résistive lors du test.	39
III.9 Alimentation de la charge résistive.	39
III.10 Observation des données de consommation d'une charge résistive.	40
III.11 Alimentation de la charge inductive.	42
III.12 Observation des données de consommation pour une charge inductive.	42

Liste des tableaux

I.1	Comparaison des caractéristiques des différents compteurs.	8
II.1	Comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage. . .	13
II.2	Tensions générées par une alimentation à découpage.	13
III.1	Analyse des valeurs de tension et de courant pour une charge résistive. . . .	40
III.2	Données de consommation relevées par le compteur pour une charge résistive.	41
III.3	Analyse des valeurs de tension et de courant pour une charge inductive. . .	43
III.4	Données de consommation relevées par le compteur pour une charge inductive.	43

Nomenclature

Les principales notations et abréviations utilisées dans ce mémoire sont explicitées ci-dessous, sous leur forme la plus couramment employée dans le domaine du génie électrique.

Grandeurs électriques

Nom	Symbole	Unité
Temps	t	s
Tension	V	V
Courant	I	A
Puissance active	P	W
Puissance réactive	Q	VAR
Puissance apparente	S	VA
Facteur de puissance	$\cos \varphi$	
Énergie électrique	E	kWh

Glossaire

Acronyme	Signification
PLL	Phase-Locked Loop
DSP	Digital Signal Processing
PIC	Peripheral Interface Controller
CPU	Central Processing Unit
ADC	Analog-to-Digital Converter
DAC	Digital-to-Analog Converter
PWM	Pulse Width Modulation
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
MIPS	Million Instructions Per Second
DMA	Direct Memory Access
LCD	Liquid Crystal Display
RAM	Random Access Memory
RTC	Real Time Clock
FOSC	Fréquence d'Oscillateur
FRC	Fast RC internal oscillator
FCY	Instruction Cycle Rate
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
NFC	Near Field Communication
RF	Radio Frequency

Introduction générale

Aujourd'hui, l'énergie électrique devient un facteur très important dans notre vie de tous les jours, mais aussi pour le pays. Ainsi, pour fournir l'énergie nécessaire, on a besoin de grands réseaux d'énergie électrique qui sont caractérisés par une structure complexe et dont le rôle est d'acheminer l'électricité des centres de production vers les consommateurs. De plus, l'énergie fournie par un réseau électrique dépend surtout de l'unité de production. En effet, les premières sources de production sont les sources thermiques puis hydrauliques. Le bon fonctionnement des centrales thermiques par exemple nécessite d'utiliser des sources d'énergies naturelles comme le pétrole, gaz..., mais du fait de la pollution qu'elle produit, ces dernières sont de moins en moins utilisées, et sont de plus en plus remplacées par de nouvelles sources d'énergies qui sont les énergies renouvelables. Cependant, l'apparition de la notion de production décentralisée à base d'énergies renouvelables a entraîné l'augmentation de la complexité de la gestion des réseaux électriques. Ainsi, il est devenu difficile de réduire cette complexité et assurer un bon équilibre et une bonne gestion entre l'offre et la demande d'électricité à tout instant.

Les réseaux de distribution d'électricité intelligents ou en anglais Smart Grid, permettent d'optimiser la production et la distribution de l'électricité en fonction de la consommation à partir de l'intégration des nouvelles technologies de l'informatique et de la communication [1]. Ainsi, à partir du réseau intelligent le producteur d'énergie est capable de connaître la consommation en temps réel des différentes charges côté consommateur, il sera par conséquent capable de recevoir en temps réel un nombre suffisant d'informations sur sa consommation. Pour cela, le réseau intelligent assure un bon équilibre entre l'offre et la demande à chaque instant pour les réseaux de distribution.

Le compteur électrique intelligent qui fait partie du réseau électrique intelligent est capable de mesurer à chaque instant plusieurs grandeurs telles que la tension, le courant, la puissance et l'énergie, puis de transmettre toutes ces informations au centre de contrôle (producteur d'énergie). Par conséquent, sans le déplacement d'un agent, le producteur est capable de prélever les informations de consommation afin de réaliser la facture d'électricité plus facilement avec une meilleure fiabilité de l'information. De plus, on peut avoir une meilleure information concernant l'apparition des pics de consommations afin de les éviter [2], et enfin les consommateurs seront capables de consulter facilement leur consommation en temps réel.

Un compteur intelligent comporte généralement deux fonctions principales : la première est la mesure de la tension et du courant afin de pouvoir calculer les puissances et l'énergie électrique, la seconde est les systèmes de communication pour être capable de transmettre tous les données ou les informations de consommations vers les producteurs d'énergie. Pour notre projet nous allons étudier uniquement la première partie du compteur c'est-à-dire nous allons réaliser un compteur qui permet de mesurer la tension, le courant et le calcul des différentes formes de puissance(active et réactive) et l'énergie consommé par la charge. Ensuite, nous allons afficher tous ces informations de consommation sur un afficheur LCD.

Afin de réaliser ce projet nous avons divisé notre travail en trois chapitres qui sont :

Le premier chapitre portera de façon générale sur l'évolution des compteurs d'électricité. Ainsi, nous allons montrer l'importance de ces compteurs intelligents pour la mesure des informations de consommation. Ensuite, nous allons discuter sur l'architecture générale d'un compteur intelligent. Pour terminer, nous allons faire une comparaison entre le compteur intelligent et les anciens compteurs(électromécanique et électronique).

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter en détaille tous les composants nécessaires pour la réalisation d'un compteur intelligent sans système de communication, qui portera sur la mesure des tensions et courants et le calcul des puissances. Pour terminer nous allons montrer tous les circuits imprimés réalisés nécessaires pour achever notre compteur.

Pour terminer, le chapitre trois portera sur la conception et l'analyse des performances de notre compteur. De plus, nous allons tester le programme implémenté dans le microcontrôleur et les données obtenues par le convertisseur analogique-numérique, afin de vérifier toutes les mesures fournies par le compteur sur les données de consommation.

Chapitre I

Généralité sur les compteurs d'électricité

SOMMAIRE

I.1	INTRODUCTION	4
I.2	COMPTEUR ÉLECTROMÉCANIQUE	4
I.3	COMPTEUR ÉLECTRONIQUE OU NUMÉRIQUE	5
I.4	COMPTEUR INTELLIGENT	5
I.5	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTS COMPTEURS ÉLECTRIQUES	7
I.6	CONCLUSION	8

I.1 Introduction

La bonne gestion des réseaux de distributions d'électricité est devenue une nécessité avec l'introduction des énergies renouvelable, le plug-in des véhicules électriques et/ou hybride et l'augmentation considérable des charges non-linéaire. Ce qui a impliqué une obligation d'une bonne gestion de ces réseaux électriques en utilisant les nouvelles technologies.

Parmi les équipements les plus importants, dans les réseaux de distributions d'électricité nous avons le compteur électrique, afin de mesurer la consommation pour établir une facturation. Ces dernières années, ce compteur électrique à évolué car il est devenu nécessaire de réaliser des compteurs qui permettent de fournir un nombre élevé d'informations sur la consommation d'énergie afin de faciliter et d'avoir une bonne gestion du réseau de distribution, car dans les anciens compteurs(compteur électromécanique)ou la deuxième génération de compteurs(compteur électronique), les gestionnaires du réseaux électriques étaient incapable de connaître et de savoir les variations de la consommation en temps réelle des réseaux de distribution. Afin de résoudre ce problème des compteurs dit intelligents sont apparus. Ce dernier permet d'assurer deux fonctions, la première la mesure des grandeurs électrique comme la tension, le courant, les différentes formes de puissances(active et réactive), l'énergie active en kWh, le coût dynamique selon la consommation..., la deuxième fonction transmettre tous ces paramètres vers les producteurs d'énergie via des systèmes de communication. Ainsi le compteur intelligent apporte de meilleures solutions pour la gestion des charges et sources connecté aux réseaux électriques, de plus il reste une bonne solution et un élément nécessaire pour aller vers la réalisation des réseaux intelligent.

I.2 Compteur électromécanique

Ce type des compteurs est le plus ancien des compteurs électriques, il a été réalisé depuis le début du réseau électrique pour mesurer la consommation électrique. Le résultat de la consommation est indiqué par l'incrémentation de plusieurs chiffres comme le montre la figure I.1.



FIGURE I.1 – Compteur électromécanique.

Cette figure montre que le compteur électromécanique est caractérisé par une structure simple qui nécessite pas beaucoup de composant. Le principe de fonctionnement du comp-

teur électromécanique est basé sur la rotation d'un disque(généralement en aluminium). Cette rotation du disque permet le comptage de l'énergie en comptant le nombre de rotations [3]. Grâce à un ensemble d'engrenages on peut actionner un dispositif d'affichage et ainsi indiquer l'énergie consommée.

De plus ce type de compteur ne fournit pas beaucoup d'information sur la consommation c'est-à-dire qu'il indique seulement l'énergie consommée en kWh. De plus, le prélèvement des informations nécessite la présence d'un agent afin de réaliser la facture, car il ne comporte aucune unité de communication.

I.3 Compteur électronique ou numérique

Ce type de compteur est une amélioration du compteur électromécanique, car par exemple, l'affichage mécanique est remplacé par un affichage numérique(exemple l'utilisation d'un afficheur LCD) ce qui rend possible d'afficher d'autres informations(tension, courant, puissance active et réactive, énergie active en kWh).

Le principe de fonctionnement de ce type de compteur est basé sur la mesure de la tension et du courant grâce à des capteurs. Les données prélevées sont ensuite envoyées à une unité de traitement par exemple un microcontrôleur afin de calculer les données de consommation(puissance et énergie). Comme pour les compteurs électromécaniques ce type de compteur ne comporte pas de système de communication ce qui oblige à avoir un agent pour prélever les informations.



FIGURE I.2 – Compteur électronique.

I.4 Compteur intelligent

Ce compteur est dit intelligent car il dispose des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Il permet ainsi de fournir un nombre élevé d'informations sur la consommation et de les transmettre directement via les systèmes de communication aux gestionnaires du réseau électrique. Ce qui implique que nous n'avons plus besoin d'un

agent pour prélever les informations de consommation comme dans le cas des deux types de compteur précédent. Ce compteur intelligent reste une étape importante et nécessaire afin de réaliser un réseau électrique intelligent et assurer ainsi une meilleure gestion du réseau de distribution.



FIGURE I.3 – Exemple d'un compteur intelligent [4].

Le compteur Linky représenté dans la figure I.3 est un exemple de compteur intelligent utilisé en France, ce compteur est capable de prélever les informations de consommation sans le passage d'un agent, il permet aussi d'enregistrer la valeur maximale de la puissance consommée, avoir un relevé à distance, mesurer de la durée de coupure, avoir un affichage évolué, etc[4].

L'architecture générale d'un compteur intelligent peut être présentée par la structure [5] :

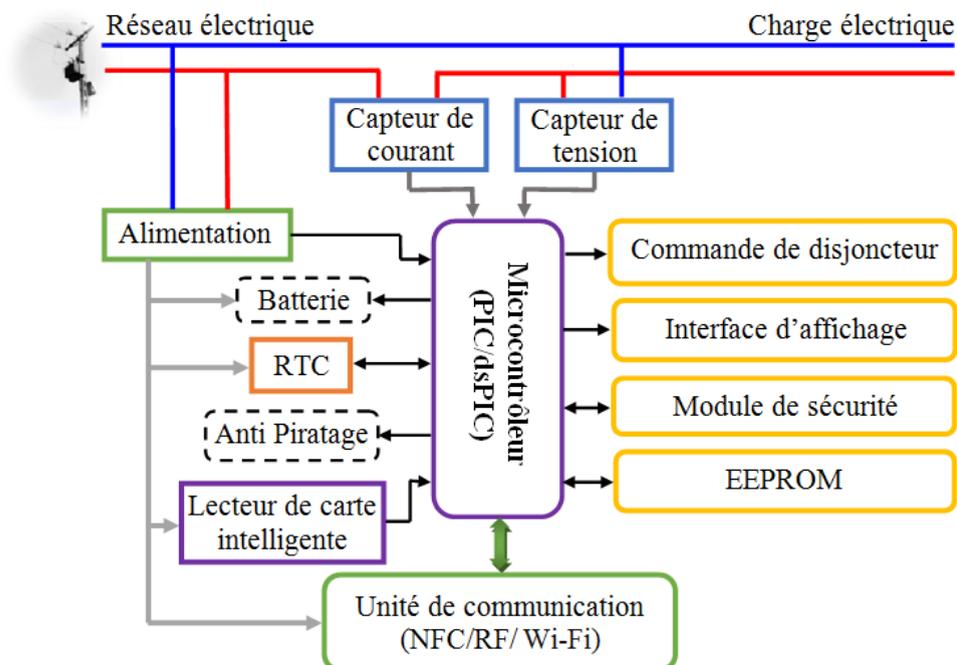


FIGURE I.4 – Structure matériels d'un compteur intelligent [5].

D'après cette figure nous voyons bien que la réalisation d'un compteur intelligent reste une étape complexe par rapport aux autres compteurs, car il nécessite d'utiliser les nouvelles technologies. Ainsi, un compteur intelligent est généralement constitué :

- ★ **D'une alimentation** afin d'alimenter tous les composants du compteur comme les capteurs de tension et de courant, le microcontrôleur, l'unité de communication, le lecteur de carte intelligent...
- ★ **D'un capteur de tension et de courant** pour pouvoir détecter la tension et le courant qui passe dans la charge en temps réel, puis l'envoyer vers un microcontrôleur afin de calculer les puissances.
- ★ **D'un microcontrôleur** qui est le cœur du compteur intelligent, car il permet de faire tous les calculs et le traitement des données. Ce dernier est un circuit intégré qui contient plusieurs périphériques comme l'ADC, l'UART, les Entrée/Sortie...
- ★ **D'une unité de communication** qui permet de transmettre toutes les données de consommation vers le gestionnaire du réseau électrique, afin d'assurer une bonne gestion. La transmission des données se fait généralement par divers moyens de communication comme le RF qui est généralement utilisé dans la transmission des ondes radio, aussi la NFC qui est une technologie simple et intuitive qui permet d'utiliser votre téléphone portable à des fins innovantes, aussi la NFC est utilisée dans plusieurs domaines comme le paiement, l'ouverture de porte avec des serrures sécurisées sans contact, la connexion à des ordinateurs et bien d'autres encore [6].
- ★ **D'une interface d'affichage** qui est composée généralement d'un écran LCD, ce qui permet d'afficher les informations de consommation calculées par le compteur.
- ★ **D'une commande de disjoncteur** qui est nécessaire afin d'assurer la protection des équipements électriques en cas de détection d'un défaut.
- ★ **D'un module de sécurité** qui sert à protéger toutes les données et les informations personnelles des consommateurs connectés au réseau.
- ★ **D'un RTC** qui est une horloge en temps réel qui sert à donner l'heure même en cas de coupure de courant ou lorsque nous reprogrammons le microcontrôleur.

I.5 Avantages et inconvénients des différents compteurs électriques

Afin de montrer les avantages et les inconvénients de chacun des compteurs nous allons faire une comparaison entre le compteur intelligent et les deux autres compteurs, à savoir l'électromécanique et l'électronique.

Compteur électromécanique	Compteur électronique	Compteur intelligent
Compteur à base des éléments électromécanique.	Le système de comptage ce fait grâce à des composants électroniques.	Compteur à base des composants électroniques.
Affichage mécanique par l'incréméntation de plusieurs chiffres.	L'affichage est numérique (afficheurs LCD).	Affichage numérique généralement des afficheurs LCD.
Ce compteur ne dispose aucune unité de communication.	Le compteur électronique ne dispose pas des unités de communications.	La communication est un facteur nécessaire dans la réalisation des compteurs intelligents afin de changer les informations entre le consommateur et le producteur d'énergie.
Mesurer seulement l'énergie en kwh.	L'utilisation d'un afficheur LCD présente l'avantage de pouvoir afficher plusieurs informations de consommation (tension, courant, puissance, énergie,...etc.	Ce compteur fournit un nombre élevée des informations sur la consommation comme la tension, courant, différent forme de puissance(active et réactive), énergie en kwh, le coût,...
L'arrivée ou la présence d'un agent est obligatoire pour lire sur palace le compteur afin de lire les données de consommation.	La présence d'un agent est obligatoire pour prélevée les informations de consommation	Le prélèvement des données de consommation ce fait à distance sans l'arrivée d'un agent.
Caractériser par une structure simple et facile à installée, aussi un cout moins cherre.	L'installation de compteur est facile qui nécessite pas un cout élevée, généralement le cout d'installation dépendre surtout à la qualité de compteur.	Pour ce type de compteur le cout reste important pour sa mise en place.

TABLE I.1 – Comparaison des caractéristiques des différents compteurs.

I.6 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une introduction des compteurs utilisé dans le réseau de distribution d'électricité. Nous avons montré l'évolution du compteur qui est passé d'un compteur électromécanique vers un compteur intelligent afin de faciliter la vie des consommateurs et des gestionnaires du réseau électrique.

Chapitre II

Étude des composants nécessaire pour un compteur intelligent

SOMMAIRE

II.1	INTRODUCTION	10
II.2	ÉTUDE DE L'ALIMENTATION	10
II.2.1	Généralité sur les alimentations électriques	10
II.2.2	Alimentations à régulateur linéaire	10
II.2.3	Alimentations à découpage	11
II.2.4	Comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage	13
II.3	LES CAPTEURS	15
II.3.1	Capteur de tension	15
II.3.2	Capteur de courant	18
II.4	GÉNÉRALITÉ SUR LE dsPIC33F	20
II.4.1	Présentation du dsPIC33F	20
II.4.2	Principales périphériques du dsPIC33F	20
II.4.3	Schéma de câblage du dsPIC33FJ128GP802	25
II.5	AFFICHEUR LCD	28
II.6	CONCLUSION	29

II.1 Introduction

Le compteur intelligent est un dispositif qui dispose d'une technologie avancée par rapport aux autres compteurs électriques, car il est capable d'assurer deux fonctions au même temps, la première porte sur la mesure des données de consommation comme la tension, le courant, les différentes formes de puissance (active et réactive), l'énergie...etc. La seconde porte sur les systèmes de communication qui sont un facteur très important dans le compteur intelligent afin de changer ou de transmettre les informations entre le producteur et le consommateur. Ainsi, dans ce chapitre nous allons expliquer en détail le fonctionnement des principaux composants nécessaire pour réaliser la première fonction du compteur intelligent concerne la mesure des données de consommations.

II.2 Étude de l'alimentation

II.2.1 Généralité sur les alimentations électriques

A ce jour, la plupart des équipements électronique ont besoin d'une source à courant continu, mais dans la réalité l'énergie électrique est disponible en générale uniquement en alternatif (tension de secteur 230V - 50Hz), pour cela il est nécessaire d'utiliser une alimentation stabilisée. Le rôle de cette dernière est de fournir les tensions et courants nécessaire pour le fonctionnement des circuits électronique avec la meilleure régulation possible. De plus, il protège les composants fragiles en cas de surcharge. Par conséquent, nous pouvons dire que presque tous les équipements électroniques ont besoin d'une alimentation stabilisée afin de fonctionner. Parmi ces alimentations, nous distinguons deux grandes familles qui sont : Les alimentations à régulateur linéaire et les alimentations à découpage.

II.2.2 Alimentations à régulateur linéaire

Les alimentations stabilisées à régulateur linéaire sont les alimentations les plus utilisé, car ils sont caractérisés par un circuit électrique des plus simples. Ce type d'alimentation peut être représenté par le schéma synoptique suivant :

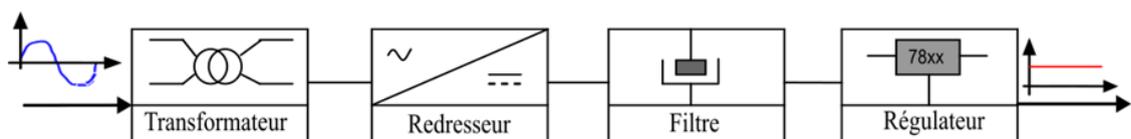


FIGURE II.1 – Schéma synoptique d'une alimentation à régulateur linéaire.

Son schéma de principe est représenté comme suit :

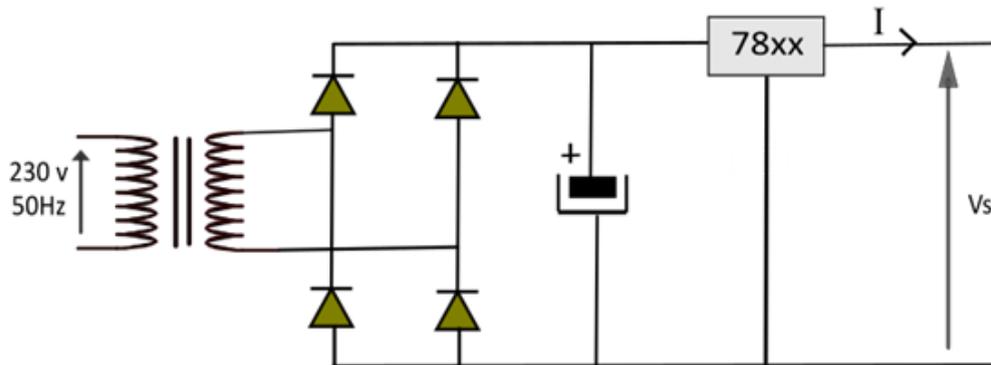


FIGURE II.2 – Schéma de principe d'une alimentation à régulateur linéaire.

La figure II.2 montre bien que l'alimentation à régulateur linéaire est caractérisée par un montage très simple. Il est en général constitué d'un :

- ★ Transformateur : qui a pour rôle d'abaisser la tension de secteur.
- ★ Redresseur : qui convertit une tension alternative en tension unidirectionnelle.
- ★ Filtre : qui est un condensateur utilisé pour lisser la tension de sortie de redresseur.
- ★ Régulateur : qui stabilise la tension et le courant à une valeur fixe.

II.2.3 Alimentations à découpage

La structure des alimentations à découpage est dérivée de la structure des alimentations stabilisées. Sa réalisation minimise deux inconvénients principaux des alimentations à régulateur linéaire, à savoir : le poids et la taille des transformateurs ainsi qu'un mauvais rendement dû à l'échauffement des régulateurs. Ce type d'alimentations peut être représenté par le schéma synoptique suivant :

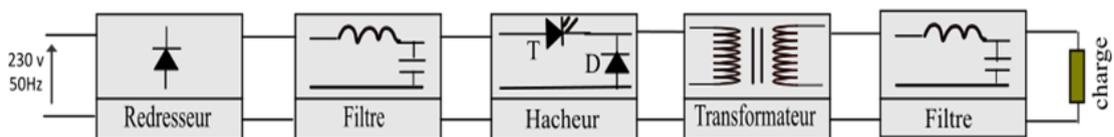


FIGURE II.3 – Schéma synoptique d'une alimentation à découpage.

Cependant pourquoi du découpage ?

Comme nous avons dit précédemment les alimentations stabilisées à régulateur linéaire sont caractérisé par une structure simple et facile à réaliser, qui contient un nombre faible de composants (transformateur pour abaisser la tension de secteur 230 V, redresseur de type pont de diode, filtre pour le lissage de tension grâce à un condensateur, et un régulateur fixe (ex : 78xx positive ou 79xx négative) ou régulateurs variables (ex : LM317...)). Ainsi, à partir de ces composants nous pouvons créer facilement des tensions continues constantes. Le problème c'est que le régulateur linéaire est capable d'assurer une tension continue constante en sortie quelle que soit la charge appliquée, mais dans le cas de chute de tension, le régulateur devient incapable d'assurer les tensions continues souhaitées en sortie. Par exemple, le régulateur fixe 7812 permet de fournir une tension de 12 V constante en sortie, mais à condition que la tension d'entrée soit au moins égale ou supérieure à 15 V. Dans le cas d'une chute de tension à l'entrée du régulateur qui passe par exemple de 15 V à 12 V, le régulateur devient incapable d'assurer une tension de 12V en sortie, et par la suite cette chute de tension générera des pertes, et par conséquent un rendement faible. Ainsi, il est important d'avoir une alimentation à découpage, qui permet de transformer une tension alternative en une tension continue, en faisant un découpage de cette tension en haute fréquence, puis de le filtrer pour obtenir les tensions nécessaires en sortie. Afin de bien comprendre l'idée voici la figure suivante qui explique le principe d'une alimentation à découpage :

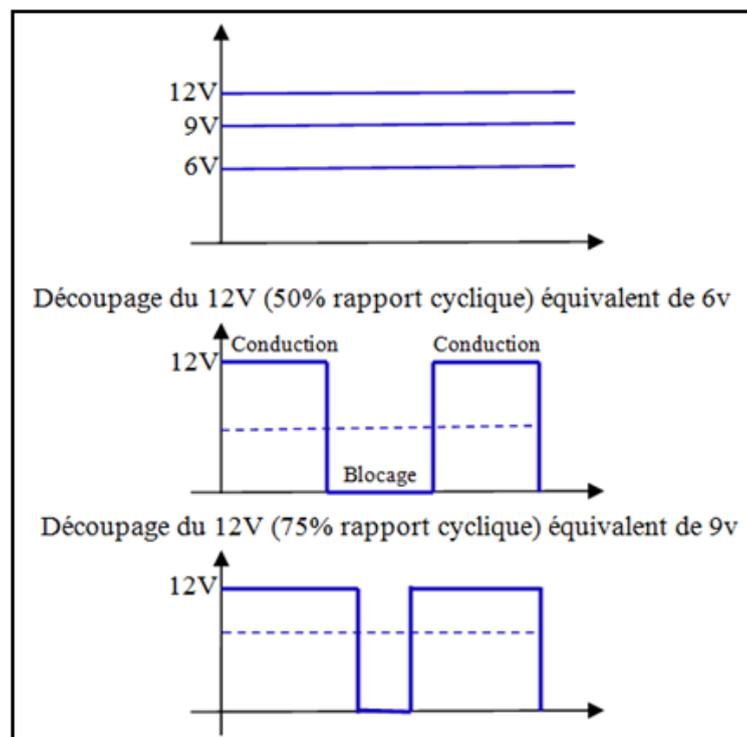


FIGURE II.4 – Principe de découpage d'une tension continu.

II.2.4 Comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage

Le tableau suivant montre une comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage :

Alimentation stabilisée à régulateur linéaire	Alimentation à découpage
- À une taille grosse et lourde.	- Plus petite taille.
- Rendement mauvaise de l'ordre de 40%.	- Bon rendement de l'ordre de 90%.
- À un circuit simple et facile à réaliser.	- Montage complexe qui nécessite beaucoup des composants.
- Temps de réponse court.	- Temps de réponse un peut long.

TABLE II.1 – Comparaison entre l'alimentation stabilisée et l'alimentation à découpage.

L'exemple cité précédemment montrent bien la fragilité de l'alimentation stabilisée à régulateur linéaire, pour cela dans ce projet nous avons choisi l'alimentation de type GEANT 5500, tel que cette alimentation est capable de fournir plusieurs tensions continues positives en sortie avec les courants nécessaires pour le bon fonctionnement comme il est donné dans sa plaque signalétique, a savoir :

Port Nominal Voltage	Rated Current	Maximum de courant
3.3V	1000mA	1500mA
12V	300mA	500mA
5V	600mA	1000mA
23V	150mA	300mA

TABLE II.2 – Tensions générer par une alimentation à découpage.

Le montage de cette alimentation qui est disponible sur le marché est présenté sur la figure II.5. Nous avons choisi cette alimentation lors de la réalisation de notre prototype afin de gagner du temps, car les alimentations à découpage sont caractérisées par un montage complexe qui nécessite beaucoup de composants, donc la réalisation de ce type d'alimentation peut prendre beaucoup temps. Nous avons choisi cette alimentation parce que :

- Il est capable de fournir une puissance presque de 3.6 watt, cette puissance est suffisante pour fonctionner tous les circuits utilisés dans ce projet.
- Il est caractérisé par une taille petite et poids très faible ce qui permet de réduire la taille de compteur intelligent réaliser.
- Et il contient un transformateur qui assure un isolement galvanique ente l'entrée et la sortie(pas de liaison électrique), tel que si un problème(surtension...) apparaît à l'entrée il n'aura aucune influence sur la sortie(car contenant des circuits numériques fragile).



FIGURE II.5 – Circuit de l'alimentation à découpage.

Comme nous avons dit précédemment, l'alimentation à découpage est incomparable par rapport à l'alimentation stabilisée à régulateur linéaire, cependant son problème majeur est qu'il est incapable de fournir des tensions négatives, or pour notre projet nous avons besoin d'une tension de $\pm 12V$ pour alimenter le capteur de tension LV25-p. Pour résoudre ce problème nous avons réaliser le circuit suivant :

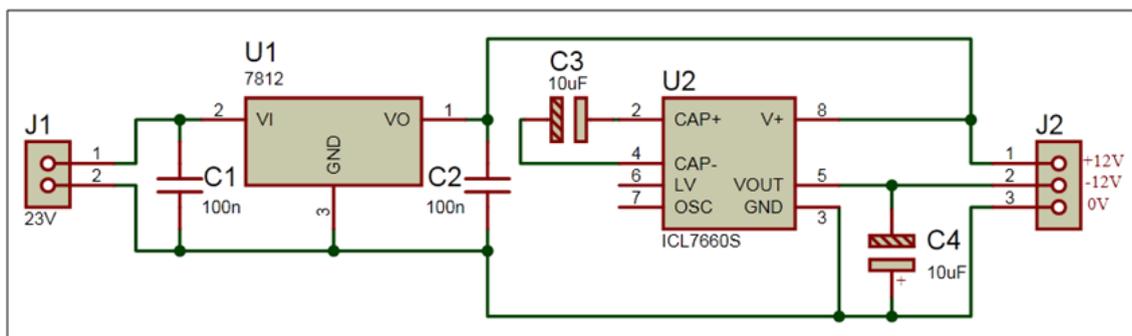


FIGURE II.6 – Schéma « ISIS » pour crée une tension $\pm 12V$.

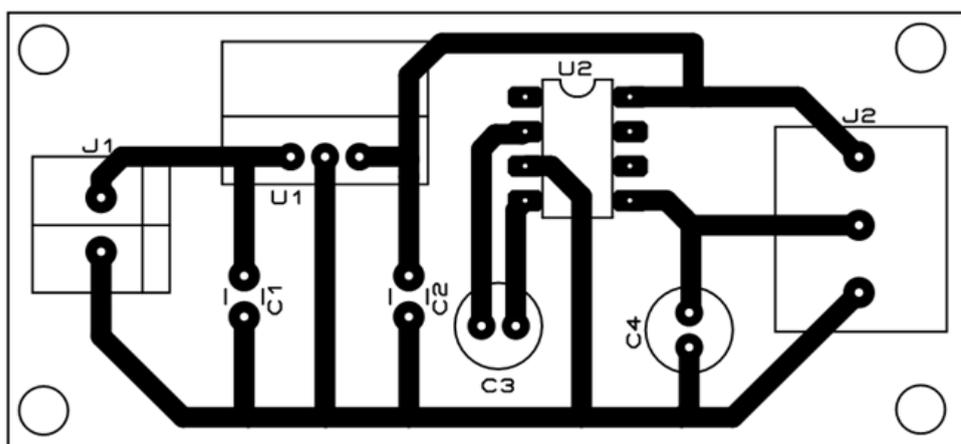
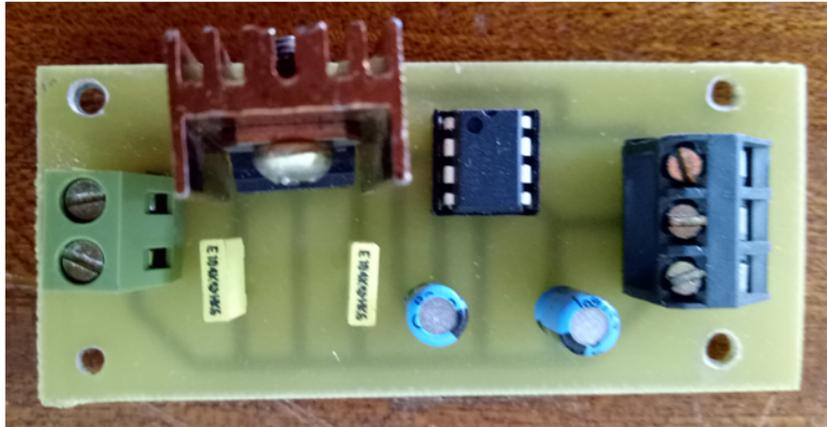


FIGURE II.7 – Schéma « ARES » pour crée une tension $\pm 12V$.

FIGURE II.8 – Circuit imprimé pour crée une tension $\pm 12V$.

Les figures II.6 à II.8 montrent bien qu'avec une tension continue de 23V et un nombre faible des composants on a créé une tension de $\pm 12V$ continu et stable en utilisant un régulateur fixe 7812. De plus, à l'entrée et à la sortie on a ajouté deux capacités de 100nF seulement pour améliorer la stabilité du régulateur. De plus, à partir du circuit intégré ICL7660S on a créé une tension symétrique $\pm 12V$ (voir le datasheet donné dans l'annexe).

II.3 Les capteurs

Aujourd'hui, il existe plusieurs grandeur physique comme la température, la pression, la lumière..., que nous voudrions mesurer, pour faire nous avons besoin à d'un dispositif qui s'appelle « capteur », tel qu'à partir de ce dernier on peut connaitre le niveau d'une grandeur électrique (tension, courant...) ou d'une grandeur physique. De plus, les capteurs facilitent beaucoup l'étude des systèmes en temps réel avec grande précision. Ainsi, ils sont capables de transformer les informations obtenues en un signal analogique qui est l'image de ces grandeurs. Dans notre projet on a besoin d'un capteur de tension et d'un capteur de courant pour mesurer la tension et le courant consommé par une charge afin de calculer la puissance active et réactive consommé par cette charge.

II.3.1 Capteur de tension

Pour le capteur de tension nous avons choisi le capteur LEM LV25-p, ce dernier est capable de mesurer des tensions alternatives et des tensions continues de 10V à 500V avec un isolement galvanique entre le circuit primaire (haut tension) et le circuit secondaire (circuit de commande). Le capteur LV25-p est un capteur à Effet Hall, donc comme tous les capteurs à Effet Hall, ce capteur permet de mesurer la présence d'un champ magnétique pour fournir une tension proportionnelle à ce

champ magnétique.

Les capteurs basés sur la technologie à Effet Hall sont capables de mesurer des courants et des tensions (continu et alternatif) avec un isolement galvanique entre les circuits primaire et secondaire. Pour notre projet nous avons réalisé le circuit qui permet de faire fonctionner correctement le capteur de tension[7] :

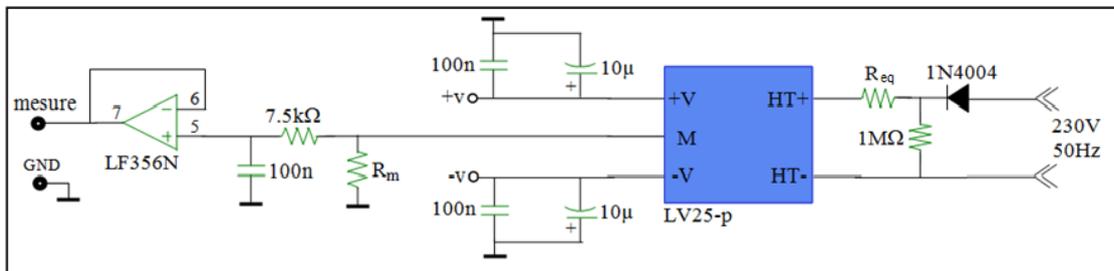


FIGURE II.9 – Schéma de principe de capteur LV25-p à base d'amplificateur [7].

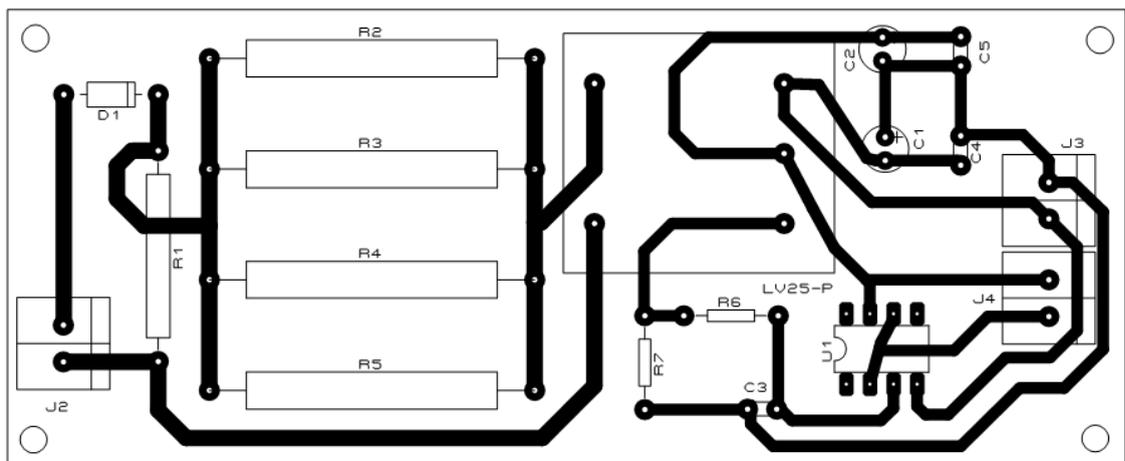


FIGURE II.10 – Schéma « ARES » de circuit de capteur de tension LV25-p.

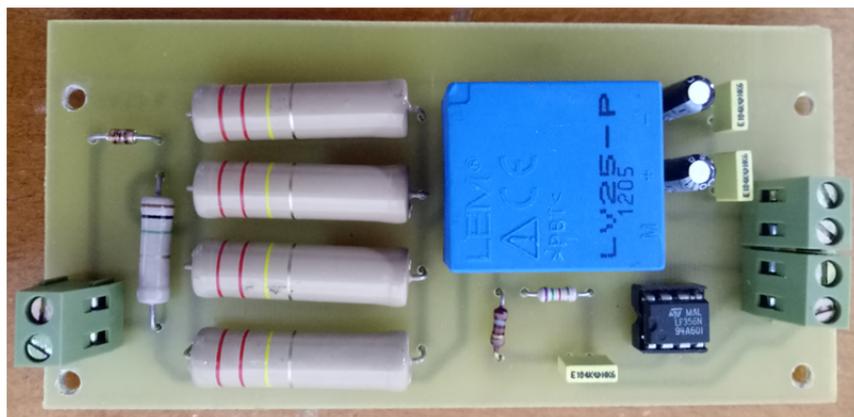


FIGURE II.11 – Circuit imprimé de capteur de tension LV25-p.

Les figures II.9 à II.11 montrent clairement que le circuit du capteur de tension est branché directement avec la tension du réseau 230V-50Hz. De plus, nous remarquons que le circuit contient d'une diode 1N4004 pour assurer un redressement simple alternance afin d'éliminer l'alternance négative. L'objectif d'éliminer l'alternance négative est de pouvoir configurer le module ADC du dsPIC33F qui nécessite d'indiquer les tensions de références ($V_{REFL} = AV_{SS}$ et $V_{REFH} = AV_{DD}$). En revanche, si la tension mesurée est alternative, le capteur va nous fournir une tension qui est alternative positive et négative qui va nous forcer à fournir une tension positive et négative à notre microcontrôleur. Cependant comme l'alimentation à découpage n'est pas capable de fournir des tensions négatives, donc une solution économique est d'ajouter une diode pour éliminer l'alternance négative. Ainsi, dans ce cas les tensions nécessaires pour la configuration de l'ADC deviennent ($V_{REFL} = 0 V$ (la masse) et $V_{REFH} = 3.3 V$ (la mesure)).

Il faut aussi savoir que le dimensionnement des éléments du capteur de tension revient à calculer la résistance R_1 placé au primaire et la résistance R_m placé au secondaire.

La résistance R_1 : doit être calculé pour que la tension nominale à mesuré corresponde à un courant primaire inférieure ou égale à 10 mA et à la sortie du capteur on a besoin à une tension analogique compris entre 0 V et 3.3 V pour qu'il soit utilisé par le dsPIC33F, pour cela nous avons choisi une résistance de mesure $R_m = 180 \Omega$. Aussi pour que le courant à la sortie du capteur ne dépasse pas la valeur fournit par le constructeur 25 mA, en appliquant la loi d'Ohm on trouve :

$$V_s = R_m \times I_s \Rightarrow I_s = \frac{V_s}{R_m} = \frac{3.3}{180} = 18.33 \text{ mA}. \quad (\text{II.1})$$

Sachant que le capteur de tension à un rapport de transformation du courant :

$$\frac{I_s}{I_p} = 2.5 \quad (\text{II.2})$$

Donc le courant à l'entrée du capteur doit être égale à

$$I_p = \frac{I_s}{2.5} = 7.332 \text{ mA}. \quad (\text{II.3})$$

Ainsi, on peut calculer facilement la valeur de la résistance R_1 à l'entrée du capteur :

$$R_1 = \frac{V_p}{I_p} = \frac{230 \times \sqrt{2}}{7.332 \times 10^{-3}} = 44 \text{ K}\Omega. \quad (\text{II.4})$$

Donc la valeur minimale de R_1 doit être égale à 44 K Ω . Pour la réalisation du circuit de capteur de tension on a choisi une résistance de 54 K Ω , ce qui donne une puissance dissipée par la résistance R_1 égale à :

$$P = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(230 \times \sqrt{2})^2}{54 \times 10^{-3}} = 0.979 \approx 1 \text{ watt}. \quad (\text{II.5})$$

Ainsi, notre choix portera sur une résistance de 54K Ω et une puissance supérieure à 1watt, pour éviter l'échauffement de la résistance. La figure II.11 montre les quatre

résistances de $220\text{ K}\Omega$ utilisé. L'équivalence de ces résistances donne une valeur de $55\text{ K}\Omega$, cette valeur est très proche de la valeur choisi $54\text{ K}\Omega$. Le but d'utiliser quatre résistances en parallèle est seulement pour éviter l'échauffement de la résistance R_1 brancher à l'entrée du capteur, car pendant la réalisation du circuit de capteur de tension nous n'avons pas trouvé des résistances de grande puissance de valeur de $54\text{ K}\Omega$.

De plus, pour améliorer le signal de mesure et les performances du capteur de tension et réduire les perturbations on a ajouté à la sortie du capteur un circuit à base d'amplificateur LF356N (pour plusieurs informations sur ce type d'amplificateur voir le datasheet donné dans l'annexe).

II.3.2 Capteur de courant

Le capteur de courant que nous avons choisi est le ACS712 - 30A. Ce dernier est capable de mesurer des courants alternatifs et continus avec grande précision. De plus, ce capteur est à effet Hall. Il offre plusieurs plages de mesure de courant, tel que dans notre projet nous avons choisi un capteur capable de mesuré jusqu'à $\pm 30\text{ A}$. La sortie du capteur peut être reliée directement à l'entrée analogique du dsPIC33F afin que ce dernier puisse traiter et utiliser dans le calcul de la puissance. Les raisons de choisir ce type de capteur sont les suivants :

- Il n'est pas cher.
- Il est caractérisé par un circuit plus petit et un faible poids.
- Sa consommation d'énergie est constante quelle que soit le courant détecté.
- Une grande précision pour des températures ambiantes ou élevée [8].

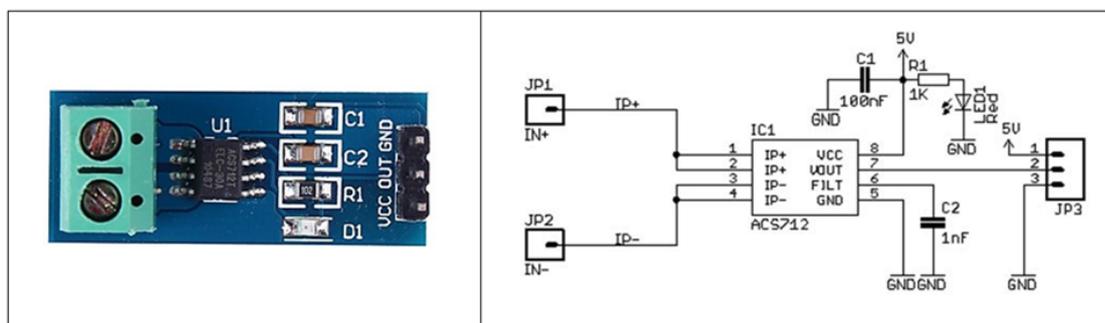


FIGURE II.12 – Circuit de capteur de courant ACS712 - 30A [8].

Le capteur de courant ACS712 - 30A a une sensibilité de 66 mV/A , ainsi pour aucune charge il fournit à la sortie une tension de $V_{cc}/2$ (V_{cc} étant l'alimentation du capteur qui est de 5 V). Ensuite, après l'ADC on a une valeur de 757 puis 1023 qui indique 20.28 A et la valeur 0 indique -20.28 A , car dans le circuit de branchement de dsPIC33F on a choisi que la tension de référence AV_{DD} soit égale à la tension de l'alimentation du dsPIC qu'est égale à 3.38 V . Mais le capteur peut mesurer jusqu'à 30 A sauf que dans notre projet nous avons limité la mesure de courant à 20.88 A .

Le courant maximal mesurer par le capteur est calculé comme suite :

On a :

$$V_{max} = \frac{1023 \times V_{in}}{3.38} \quad (\text{II.6})$$

Et

$$V_{in} = 2.5 + 0.066 \times I_{max} \quad (\text{II.7})$$

Donc

$$V_{max} = \frac{1023}{3.38} \times (2.5 + 0.066 \times I_{max}) \quad (\text{II.8})$$

Avec

$$I_{max} = 0.0501 \times (V_{max} - 757) \quad (\text{II.9})$$

où V_{max} étant la valeur maximale obtenu après l'ADC.

Ainsi, la valeur efficace du courant est calculée par l'équation suivant :

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{II.10})$$

Les principales caractéristiques et avantages donné par le constructeur de ce type de capteur sont dans l'Annexe.

II.4 Généralité sur le dsPIC33F

II.4.1 Présentation du dsPIC33F

Afin de réaliser notre projet nous avons besoin d'un microcontrôleur pour traiter les signaux analogique (tension et courant) nécessaire pour le calcul de la puissance active et réactive consommée par les équipements électriques et afficher les résultats sur un afficheur LCD. Pour cela nous avons choisi le dsPIC33F. Ce dernier est une fusion entre un DSP et un PIC, ce qui permet d'avoir des hautes performances de calcul [9]. Ce microcontrôleur il peut travailler à une vitesse de 40MIPS qui reste un paramètre très important lorsque on travaille en temps réel, aussi il dispose de plusieurs périphériques : plusieurs entrée/sortie logique, convertisseur ADC, convertisseur DAC, sortie PWM, UART... La figure II.13 montre le brochage de ce dsPIC.

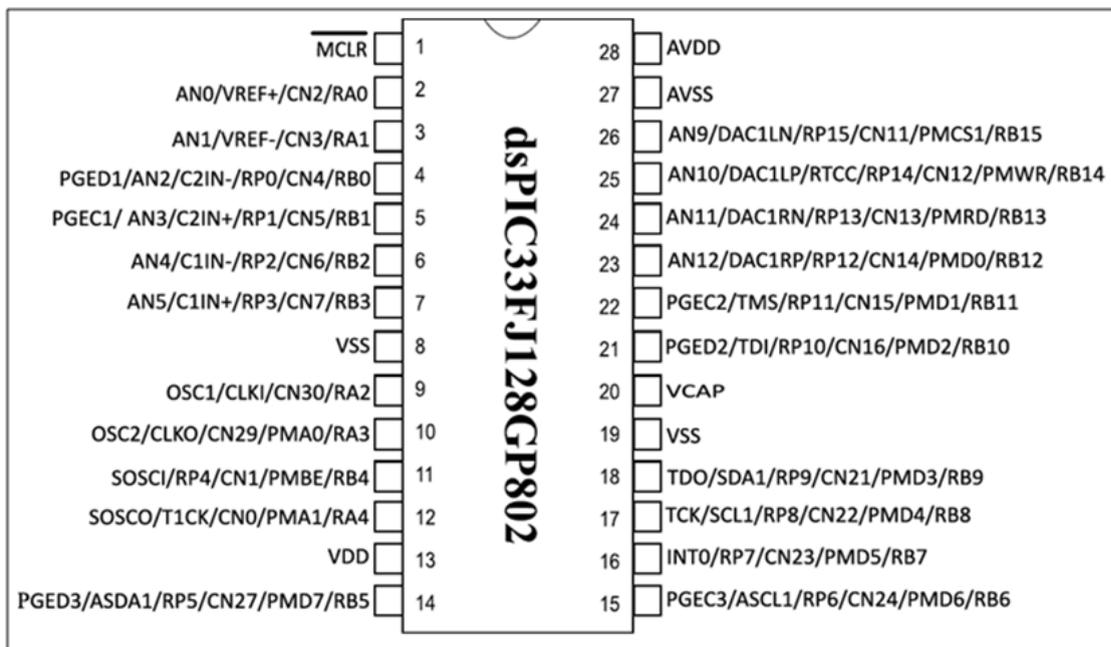


FIGURE II.13 – Modèle du dsPIC33FJ128GP802 [10].

Dans la famille des dsPIC33F nous avons choisi [10] le modèle dsPIC33FJ128GP802, les conditions de son utilisation sont présentées dans le datasheet donné dans l'annexe.

II.4.2 Principales périphériques du dsPIC33F

Pour programmer notre microcontrôleur à calculer notre consommation d'énergie pour différentes charges, il est nécessaire de configurer les périphériques suivants :

II.4.2-a Horloge du dsPIC33F

La vitesse d'exécution ou le rythme de calcul des données dépend de la fréquence de fonctionnement qui peut être générée par plusieurs sources d'horloge. Pour notre projet nous avons choisi un oscillateur à quartz externe comme une source d'horloge avec une PLL interne (la PLL est utilisée pour augmenter la fréquence de fonctionnement interne). Nous allons ainsi configurer cet oscillateur de telle sorte que l'on puisse travailler à la vitesse maximale, qui est de 40 MIPS. Le quartz externe a une valeur de 8 MHz, donc la fréquence d'oscillation peut être calculée comme suite [11] :

$$F_{osc} = F_{FRC} \times \frac{M}{N_1 \times N_2} \quad (\text{II.11})$$

D'où M , N_1 et N_2 sont les paramètres de la PLL. Ces paramètres sont définis de manière à obtenir une fréquence de fonctionnement maximale, Nous obtenons alors :

$$F_{osc} = 8 \times 10^6 \times \frac{40}{2 \times 2} = 80 \text{ MHz} \quad (\text{II.12})$$

Ainsi la fréquence de cycle (F_{cy}) est calculée comme suite :

$$F_{cy} = \frac{F_{osc}}{2} = 40 \text{ MHz} \approx 40 \text{ MIPS} \quad (\text{II.13})$$

Remarque : Généralement l'utilisation des horloges trop rapides, permettent d'obtenir des signaux carrés de mauvaise qualité. Pour éviter ce problème il faut utiliser des quartz de fréquence raisonnable (8 à 10 MHz), ensuite augmenter ces fréquences par une PLL interne. L'utilisation d'un oscillateur à quartz externe reste un bon choix pour les applications qui nécessitent de grande précision, car ce type d'oscillateur est précis et stable.

II.4.2-b Convertisseur analogique-numérique (ADC)

Aujourd'hui presque tous les signaux qui existent autour de nous sont de nature analogique, donc pour traiter ces signaux avec des calculateurs numériques, il est nécessaire d'utiliser un module ADC qui permet de convertir un signal analogique d'amplitude 0 à 5 V en une valeur numérique. Pour notre projet nous avons utilisé l'ADC pour échantillonner au même instant deux entrées analogiques (AN0 et AN3) qui correspondent aux signaux analogiques (tension et courant) par les chaînes d'échantillonnage (CH0 et CH1). Le temps nécessaire pour la conversion analogique - numérique est calculé comme suite [12] :

$$T_{ADC} = T_{sam} + M \times T_{conv} \quad (\text{II.14})$$

Où : T_{ADC} étant le temps total de conversion analogique - numérique.

T_{sam} étant le temps d'échantillonnage.

T_{conv} étant le temps de conversion.

M étant le nombre de canaux échantillonnés.

Sachant que le temps de conversion est calculé par [12] :

$$T_{conv} = 12 \times T_{AD}. \quad (\text{II.15})$$

Où 12 signifie la conversion sur 10 bits + 1 bit de départ + 1 bits de fin de conversion. T_{AD} représente la période pour un cycle de conversion analogique - numérique, le T_{AD} doit être au moins égal à 75 ns pour obtenir de bon résultat de conversion. Pour notre cas nous avons choisi une valeur de 100 ns, cette valeur est calculée comme suite [12] :

$$T_{AD} = T_{cy} \times (ADCS + 1) \quad (\text{II.16})$$

$$T_{AD} = \frac{1}{40 \times 10^6} \times (3 + 1) = 100 \text{ ns}. \quad (\text{II.17})$$

Où ADCS est le bit 0 à 7 (8 bits) du registre AD1CON3. Donc

$$T_{conv} = 12 \times 100 \times 10^{-9} = 1.2 \mu s \quad (\text{II.18})$$

Ainsi, le temps d'échantillonnage est calculé de la manière suivante [12] :

$$T_{sam} = SAMC \times T_{AD} \quad (\text{II.19})$$

Où SAMC est le bit 8 à 12 (5 bits) du registre AD1CON3. Dans notre projet nous avons choisi un échantillonnage automatique ce qui implique

$$T_{sam} = T_{AD} = 100 \text{ ns}. \quad (\text{II.20})$$

Ainsi le temps total de conversion analogique - numérique est égal à :

$$T_{ADC} = 100 \times 10^{-9} + 2 \times 1.2 \times 10^{-6} = 2.5 \mu s \quad (\text{II.21})$$

De plus, il faut indiquer dans le programme le moment où l'ADC arrête l'échantillonnage et commence la conversion. Pour cela nous avons choisi le timer3 comme une source de déclenchement de conversion, donc on a réglé ce timer3 pour sauter toute les $27.78 \mu s$ qui correspond à une fréquence d'échantillonnage de 36 KHz. Donc chaque fois que le timer3 saute, le module ADC arrête l'échantillonnage et commence la conversion, de plus on a utilisé une interruption externe au niveau du pin INT0, pour lancer le timer3 seulement dans l'alternance positive du signal de tension, c'est-à-dire que l'échantillonnage se fait seulement dans l'alternance positive, pour cela on a réalisé un simple circuit à base d'un optocoupleur 4N35 pour générer le signal d'interruption.

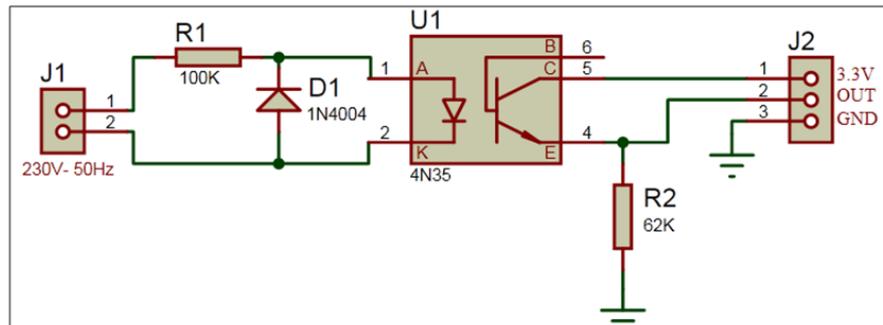


FIGURE II.14 – Schéma « ISIS » de détecteur de passage par zéros.

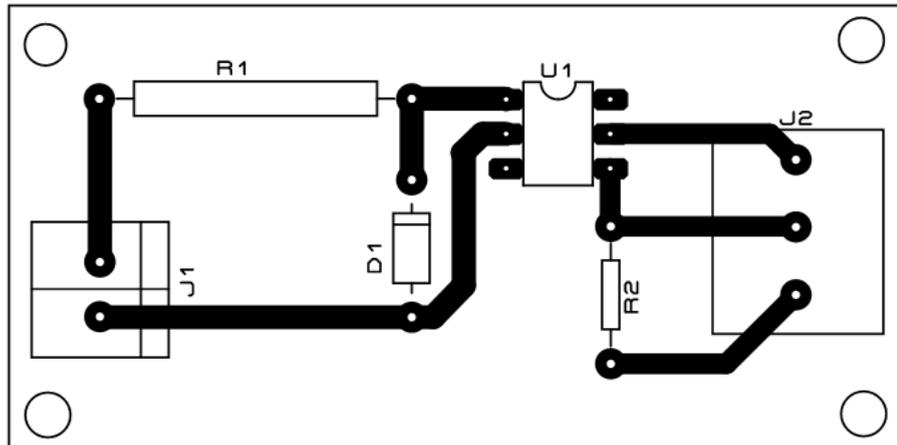


FIGURE II.15 – Schéma « ARES » de détecteur de passage par zéros.

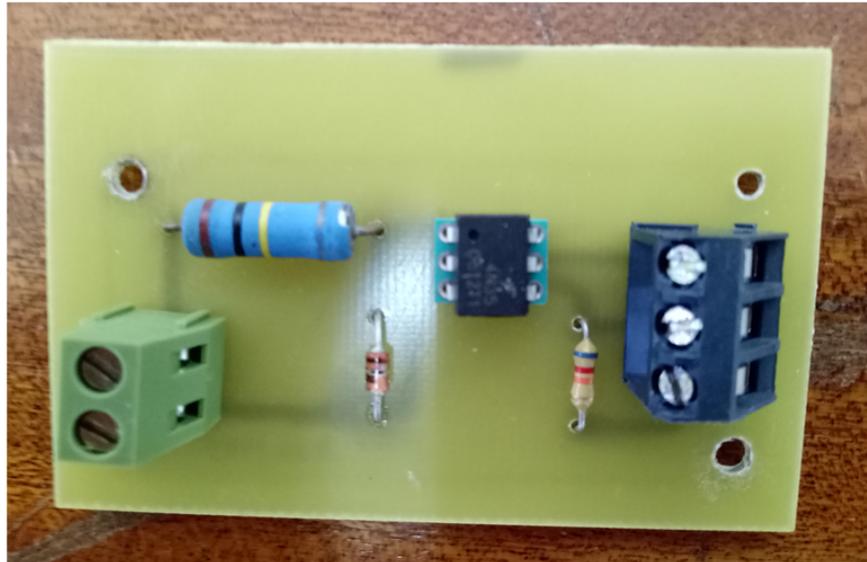


FIGURE II.16 – Circuit imprimé de détecteur de passage par zéros.

La figures II.14 à II.16 montrent clairement qu'avec un nombre faible de composants on peut créer facilement un signal carré de 3.3 V, tel que pendant l'alternance positive la LED de l'optocoupleur s'allume, et le phototransistor reçoit la lumière pour devenir saturé (interrupteur fermé). Ce qui implique une tension de sortie égale 3.3 V. Ainsi, pendant l'alternance négative la LED ne s'allume pas, donc le phototransistor est bloqué (interrupteur ouvert) ce qui implique une tension de sortie nulle. Donc à partir d'une tension de secteur et une tension continue de 3.3 V on peut créer facilement un signal carré.

Une diode est utilisée pour protéger la LED de l'optocoupleur et une résistance R_1 de $100\text{ k}\Omega$ limite le courant. Il faut savoir qu'un bon choix de la valeur de R_1 permet d'obtenir un éclairage suffisant de la LED, et par la suite un bon fonctionnement de l'optocoupleur, mais attention à la puissance dissipée par la résistance, pour notre

cas on a :

$$P = \frac{(230)^2}{100 \times 10^3} = 0.53 \text{ watt.} \quad (\text{II.22})$$

Donc il faut choisir une résistance avec une puissance supérieure à 0.53 watt pour éviter l'échauffement. Pour comprendre bien l'idée voir la figure II.17

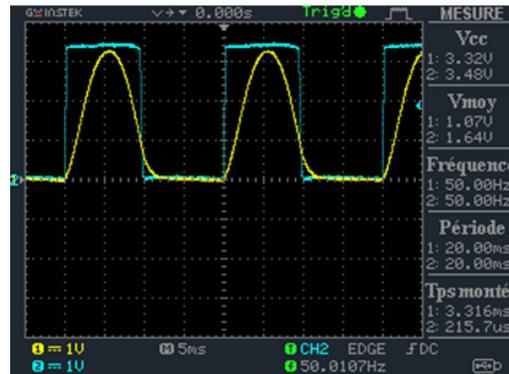


FIGURE II.17 – Test de circuit de passage par zéros.

La figure II.17 montre bien que le circuit de passage par zéros fonctionne correctement, tel que pendant l'alternance positive de tension générer à la sortie de capteur de tension, le signal générer par le détecteur de passage par zéros est égale à 3.3V, donc grâce à ce signal nous pouvons lancer la routine de l'interruption seulement pendant l'alternance positive de signal de tension, car dans le programme de dspic on a choisi de généré une interruption pendant chaque front montant (le bit `_INT0EP` qui contrôle le sens de génération de l'interruption est égal à 0 « interruption sur le front montant » ou 1 « interruption sur le front descendant ») [13]. Afin de tester que le programme fonctionnement correctement et vérifier aussi que l'interruption est générée seulement pendant l'alternance positive on a allumé une LED au début de la routine de l'interruption et éteindre la LED à la fin de cette routine, donc après la simulation du programme nous avons trouvé la figure suivante :

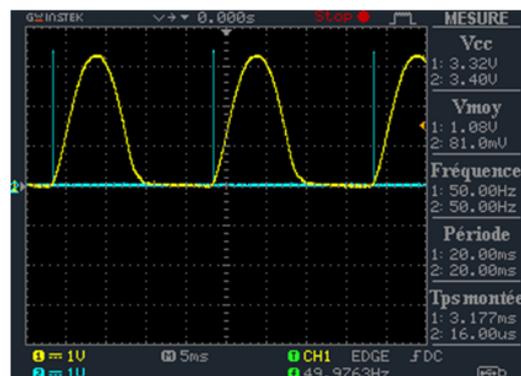


FIGURE II.18 – Vérification du programme de l'interruption.

Cette figure montre clairement que le programme fonctionne correctement, tel que une interruption est générée pendant chaque front montant de signal carré fourni

par le circuit de passage par zéros c'est-à-dire au début de chaque alternance positive de signal de tension, donc si on ajoute la ligne de programme qui permet de lancer le timer3 (T3CONbits.TON = 1;) [14] dans la routine de l'interruption on peut lancer le timer3 seulement dans l'alternance positive de signal de tension et par la suite l'échantillonnage ce fait seulement dans l'alternance positive, car avec une seule alternance positive on peut connaître plusieurs paramètres sur le signal de tension d'alimentation comme la valeur maximale, la valeur efficace...etc.

II.4.2-c DMA

Le DMA en français veut dire Accès Direct à la Mémoire. C'est un sous-système de Microchip qui facilite beaucoup le transfert des données entre la mémoire RAM et les périphériques sans l'intervention du CPU. Donc le CPU sera libéré pour qu'il procède à la réalisation d'autres tâches [15].

Dans notre projet on a utilisé deux canaux (CH0 et CH1) pour échantillonner le signal de tension et courant simultanément et pour cela il est nécessaire d'utiliser le DMA pour stocker les résultats de conversion. Dans ce cas le DMA est configuré de telle sorte que les résultats de conversion sont stockés comme le montre le tableau suivant :

AN0 - échantillon 1
AN3 - échantillon 1
AN0 - échantillon 2
AN3 - échantillon 2
....

Pour avoir obtenu la structure montrée dans le tableau précédent, il suffit de définir le bit ADDMABM du Registre AD1CON1 à 1 et le bit SMPI du registre AD1CON2 à 1.

II.4.3 Schéma de câblage du dsPIC33FJ128GP802

Pour pouvoir utiliser le dsPIC33FJ128GP802 il est nécessaire d'ajouter un certain nombre de composants externes comme le montre la figure suivante :

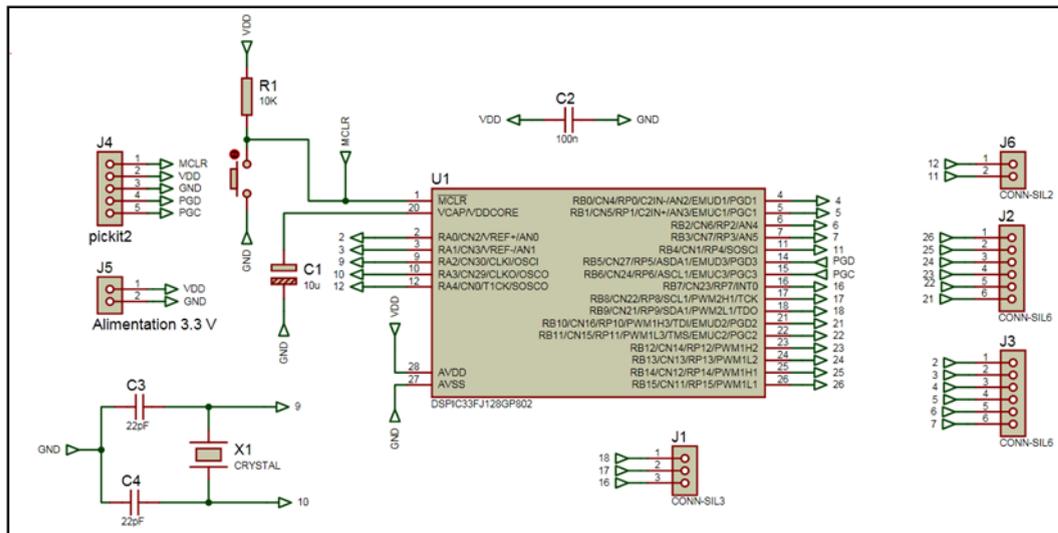


FIGURE II.19 – Schéma « ISIS » de câblage de dsPIC33FJ128GP802

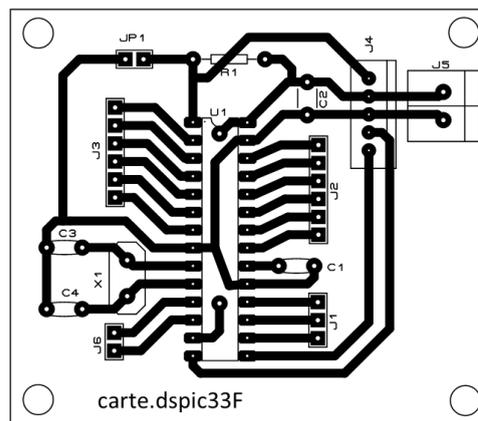


FIGURE II.20 – Schéma « ARES » de câblage de dsPIC33FJ128GP802.

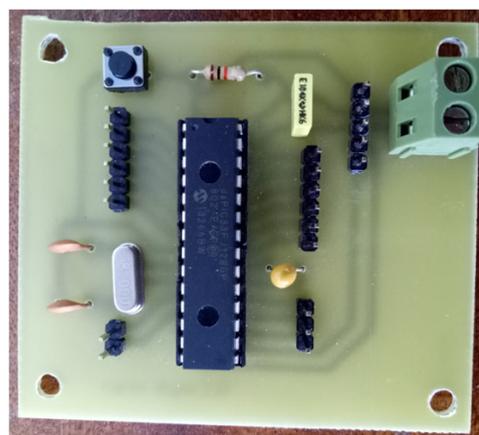


FIGURE II.21 – Circuit imprimé de câblage de dsPIC33FJ128GP802.

Les figures II.19 à II.21 montrent bien que le dsPIC33F ne nécessite pas beaucoup

de composants externes pour fonctionner correctement, on a besoin seulement d'un :

- Connecteur J4 qui est utilisé pour relier le dsPIC33F à l'ordinateur [16]. Généralement on utilise un PICKit2 qui est un élément essentiel pour la programmation de dsPIC et qui sert aussi pour débogage du code présent dans le dsPIC. Le mode Debugger est un simulateur qui existe dans l'environnement de développement MPLAB et sert à tester le fonctionnement de n'importe quel programme avant l'envoyer au microcontrôleur. Au passage il est également possible par fois d'utiliser le PICKit2 pour alimenter le dsPIC en cas d'absence d'une alimentation externe de 3.3V.



FIGURE II.22 – PICKit2 et son brochage [16].

- Connecteur J5 qui est relié à une alimentation externe, généralement de 3.3V à 3.6V.
- MCLR dont son pin sert à la programmation et à la mise en marche du dsPIC.
- osc1/osc2 dont ces pins sont les entrées du quartz. Ce dernier est utilisé pour générer le signal d'horloge, dans notre cas nous avons utilisé un quartz de 8MHz. Il est aussi conseillé dans le cas d'utilisation des pins osc1 et osc2 d'ajouter généralement deux condensateurs de 15 à 22pF pour que le quartz oscille convenablement. Donc il faut bien choisir ces deux condensateurs pour que la fréquence d'oscillation ne diminue jamais.
- VCAP dont son pin est relié à la masse par l'intermédiaire d'un condensateur de 10 μF (l'idéal est un condensateur de type *Tantalum* polarisé), car sans ce condensateur on ne peut pas programmer le dsPIC.
- Les broches AV_{DD} et AV_{SS} sont alimenter généralement lorsque on utilise le convertisseur analogique-numérique pour indiquer la valeur minimale et maximale du signal analogique étudié. Selon les applications les broches AV_{DD} et AV_{SS} peuvent être alimentation par la même tension du dsPIC 3.3V
- PGD/PGC qui sont les broches de programmation ou de communication en cas ou il est en mode Debugger.

II.5 Afficheur LCD

Dans notre projet on a besoin d'afficher plusieurs informations sur la consommation globale des charges, pour cela nous allons choisi d'utiliser un afficheur LCD. Les raisons de choisir ce type d'afficheur sont les suivants :

- Il est facile à brancher aux circuits imprimés.
- Pour un bon fonctionnement il nécessite peu de composant externe.
- Un nombre de lignes et de caractères acceptable pour cette application (2 lignes et 16 caractères).
- Il est capable d'afficher des lettres, des chiffres et quelques symboles.

L'afficheur LCD sera directement relié aux pins du dsPIC33F. De plus, ce type d'écran consomme peu d'énergie environs 1 à 5mA. Pour commander un afficheur LCD il existe deux modes : Une commande en 4 bits qui ne nécessite pas beaucoup de broches, sept broches sont nécessaires pour les relier aux portes d'entrée/sortie du dsPIC33F afin de commander l'afficheur. Dans ce mode le nombre de 8 bits sera divisé en deux : les quatre premiers bits seront envoyés, c'est les quatre plus à gauche (les bits de poids fort) puis les quatre autres, les quatre les plus à droite (les bits de poids faible). Ainsi on peut commander l'afficheur en 8 bits, tel que ce mode nécessite un nombre élevée des broches par rapport au cas de mode 4 bits, donc avec ce mode (8 bits) on a besoin de 11 broches des portes d'entrée/sortie du dsPIC33F pour commandé l'afficheur, aussi avec le mode 8 bits la vitesse de changement d'information est deux fois plus rapide que celle de 4 bits. De plus, pour comprendre bien comment utiliser ce afficheur il faut connaitre le rôle des différents pins de l'écran LCD :

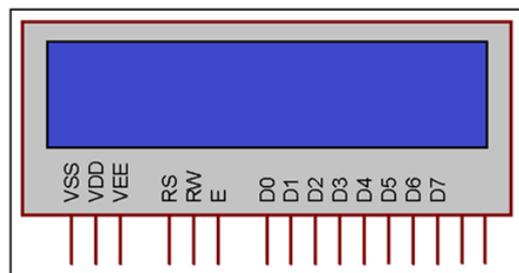


FIGURE II.23 – Afficheur LCD et son brochage.

- Les pins V_{SS} et V_{DD} sont utilisé pour alimenter l'écran LCD (alimentation positive +5V).
- Le pin V_{EE} est branché à un potentiomètre afin de régler l'affichage, c'est-à-dire qu'il est utilisé pour régler le contraste de l'écran.
- Le pin R_S , est capable de faire la différence entre une commande et une donnée, tel que par exemple un niveau bas indique une commande et un

niveau haut indique une donnée.

- Le pin R/W est toujours connecté au grounds, c'est un sélecteur de mode lecture ou écriture (Read/Write).
- Le pin E est utilisé pour lancer ou pas l'écriture dans les zones mémoire.
- Les pins D_0 à D_3 sont utilisés pour transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD pour la communication 8 bits. Cependant pour la communication 4 bits ces bits sont reliés au grounds (les bits de poids fort).
- Les pins D_4 à D_7 sont aussi utilisés pour transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD pour la communication (8 bits ou 4 bits), ils représentent les bits de poids faible.
- Les deux derniers pins tout à droite sont utilisés pour alimenter la LED du rétro-éclairage.



FIGURE II.24 – Afficheur LCD alphanumérique 2×16 .

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté en détail tous les composants nécessaires pour réaliser un compteur électrique générale qui est un compteur électronique. Cependant, il manque les systèmes de communication et la gestion des charges à distance. Ainsi, ce compteur ne présente aucune unité de communication, mais il permet de fournir un nombre élevé d'informations sur la consommation, donc ce compteur est entre tous les compteurs électroniques réalisés aujourd'hui. De plus, d'après ce chapitre on remarque bien que le compteur réalisé dans notre projet présente un avantage qui n'existe pas dans les autres compteurs électroniques, c'est que ce compteur contient plusieurs circuits électriques sous forme de modules, ce qui facilite beaucoup la maintenance du compteur en cas de panne ou de problème électrique. Aussi selon les besoins on peut changer facilement les circuits, c'est-à-dire pour que le compteur devienne capable de mesurer des courants maximaux, il suffit de changer le circuit de capteur de courant au lieu de changer complètement le compteur, ce qui a été proposée par les encadreurs.

Chapitre III

Conception et analyse de compteur électrique

SOMMAIRE

III.1 INTRODUCTION	31
III.2 PARAMÈTRES ENTRANT AU COMPTEUR RÉALISÉ	31
III.2.1 Mesure de tension	31
III.2.2 Mesure de courant	32
III.3 CALCUL DES PUISSANCES	33
III.4 CALCULE DE FACTEUR DE PUISSANCE	34
III.5 CALCULE DE L'ÉNERGIE	36
III.6 DESCRIPTION GÉNÉRALE D'UN PROTOTYPE DE COMPTEUR INTELLIGENT	37
III.7 TEST DE VALIDATION DE NOTRE PROTOTYPE	38
III.7.1 Cas d'une charge résistive	38
III.7.2 Cas d'une charge inductive	41
III.8 PROBLÈMES RENCONTRÉS DANS LA RÉALISATION DE PROJET	44
III.9 CONCLUSION	44

III.1 Introduction

Dans les deux premiers chapitres nous avons vu en détail les différents compteurs électriques existant, puis les éléments constituant les compteurs électriques intelligents. Ensuite, les composants nécessaires pour la réalisation des compteurs intelligents sans système de communication. Ainsi, dans ce chapitre nous allons parler sur la conception de notre compteur, ainsi que les différents tests que nous avons réalisés.

III.2 Paramètres entrant au compteur réalisé

Les paramètres importants que le compteur électrique à besoin pour le calcul de la puissance active et réactive est la mesure de la tension et du courant. C'est ce que nous allons présentant maintenant.

III.2.1 Mesure de tension

La mesure de tension ce fait par le capteur de tension LV25-p. Ce capteur permet de donner une image de la tension en un signal analogique entre 0 à 3.38 V. Afin de calculer la valeur numérique de notre tension fournie par le réseau électrique, nous avons utilisé un convertisseur analogique-numérique, les résultats de conversion obtenus sont représentés dans la figure III.1

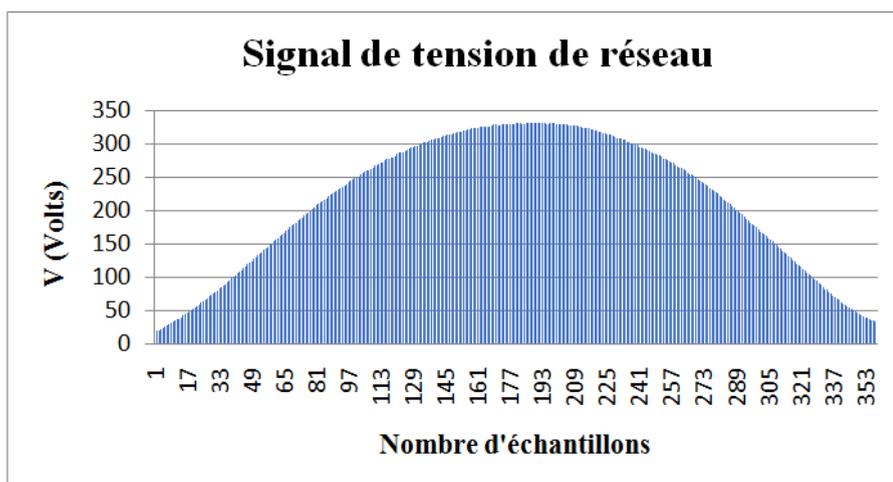


FIGURE III.1 – Signal de tension après la conversion analogique-numérique.

Cette figure montre bien l'efficacité de notre capteur LV25-p pour la mesure de la tension, car grâce à ce capteur le signale obtenu après la conversion analogique-numérique ne présente aucun bruit. De plus, il a une excellente précision et une très bonne linéarité, cette linéarité facilite beaucoup le calcul de tension. Pour déterminer le coefficient de linéarité nous avons utilisé un oscilloscope numérique. Ainsi,

pour une tension efficace de 230 V à l'entrée de notre capteur nous avons une tension de 2.6 V à la sortie. Ainsi la valeur maximale de tension à la sortie de notre capteur est calculée comme suit :

$$V_{in} = \frac{V_{out} \times 3.38}{1023} [V]. \quad (\text{III.1})$$

avec V_{out} représente la valeur numérique maximale obtenu par l'ADC. Sachant que la valeur efficace de la tension de réseau est égale à :

$$V = \frac{(V_{out} \times 3.38) \times 230}{1023 \times 2.6} = 0.3 \times V_{out} [V]. \quad (\text{III.2})$$

Ainsi, la valeur maximale de la tension du réseau est calculée par l'équation suivante :

$$V_{max} = V \times \sqrt{2} [V]. \quad (\text{III.3})$$

III.2.2 Mesure de courant

La mesure de courant ce fait par le capteur de courant ACS712-30A. Ce dernier facilite beaucoup la mesure du courant alternatif. Il permet de fournir une tension analogique entre 0 et 3.38V, qui représente l'image du courant réel. Donc on n'a pas besoin d'ajouter un redresseur pour éliminer l'alternance négative de notre signal de courant comme dans le cas du capteur de tension. Cependant, dans le cas de la présence du bruit, la valeur de l'offset ne reste pas égale 2.5V à la sortie de capteur ou 757 après l'ADC. Ainsi, ce changement de la valeur de l'offset influe beaucoup sur la mesure du courant et par la suite sur la précision de notre capteur. Pour vérifier son bon fonctionnement nous avons utilisé une charge résistive de quatre Lampe (chacune de 100W pour une tension de 230V).

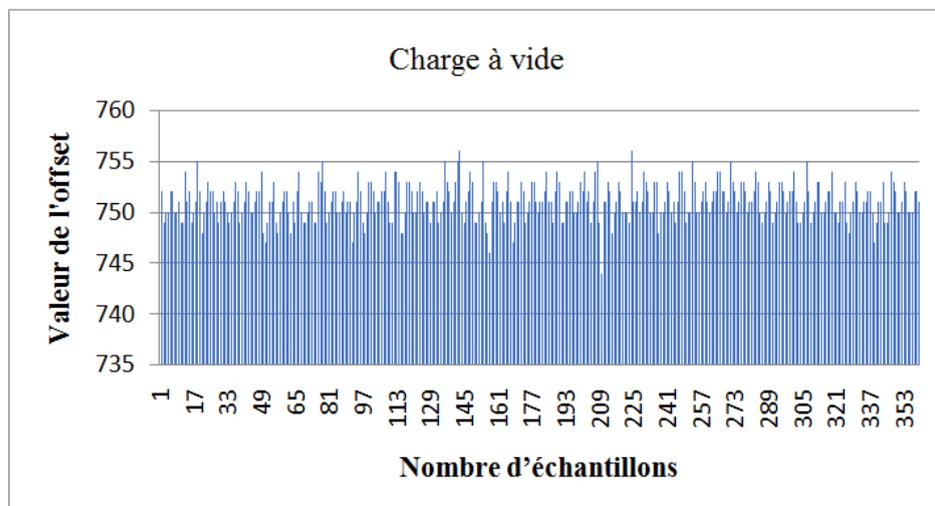


FIGURE III.2 – Signal de courant à la sortie de capteur à vide.

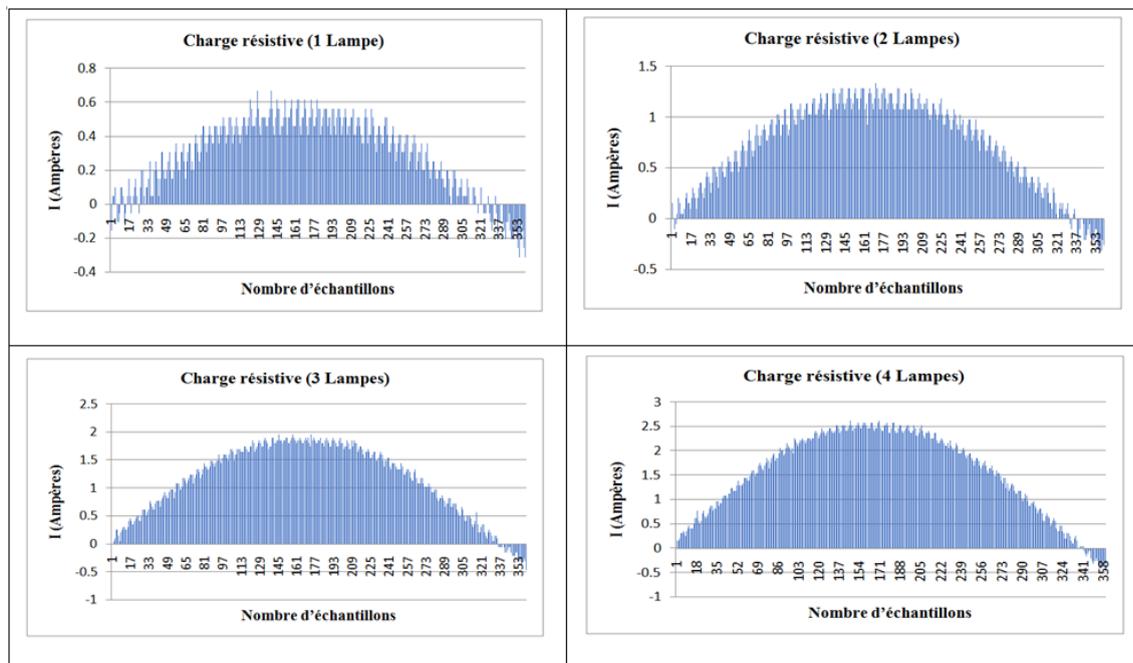


FIGURE III.3 – Signal de courant à la sortie de capteur pour une charge résistive.

D'après la figure III.2 on voit que dans le cas d'aucune charge la valeur de l'offset vari entre 744 et 756, ce qui montre la présence de bruits de mesures, qui influe sur la mesure de courant. A cause de ces bruits on ne peut pas connaitre la valeur exacte de l'offset qui permet d'obtenir la valeur correcte du courant dans le cas de la présence de la charge. De plus, le changement de la valeur de l'offset permet d'obtenir toujours un décalage de la valeur de courant, c'est-à-dire on peut obtenir plusieurs valeurs de courant même si la charge ne change pas. Concernant la figure III.3, il montre clairement que dans le cas d'une seule lampe le signal de courant présente plusieurs bruits et qui peut avoir une influence sur la valeur du déphasage. Heureusement, en augmentant la charge, on a constaté une nette amélioration du signal obtenu ce qui nous conduit à obtenir de meilleurs résultats.

III.3 Calcul des puissances

La puissance active par définition est la valeur moyenne de la puissance instantanée, donnée par l'expression suivante :

$$P = \langle p(t) \rangle \text{ avec : } p(t) = v(t) \times i(t) [W] \quad (\text{III.4})$$

Cette méthode reste une bonne méthode pour le calcul de la puissance active car il est facile à implémenter dans le microcontrôleur, sauf que dans notre projet nous avons pris seulement une demi-période du signal de la tension et du courant. De plus, à cause du bruit présent dans le capteur de courant, cette méthode ne donne

pas de bon résultat, pour cela nous avons dans notre projet calculé la puissance active par l'équation suivante :

$$P = V \times I \times \cos(\varphi) \quad (\text{III.5})$$

Où φ représente le déphasage entre le signal de tension et de courant. Concernant la puissance réactive il est calculé par l'équation suivant :

$$Q = V \times I \times \sin(\varphi) \quad (\text{III.6})$$

Et enfin pour calculer la puissance apparente nous avons l'expression :

$$S = V \times I \quad (\text{III.7})$$

D'après cette équation nous pouvons dire que sa valeur est correcte et dépendra sur la précision des capteurs, c'est-à-dire aux valeurs mesurées de tension et de courant efficace.

III.4 Calcul de facteur de puissance

Le calcul de facteur de puissance nécessite de connaître le déphasage entre la tension et le courant, ce déphasage comme le montre la figure III.4 c'est le décalage en secondes entre le signal de tension et le signal de courant.

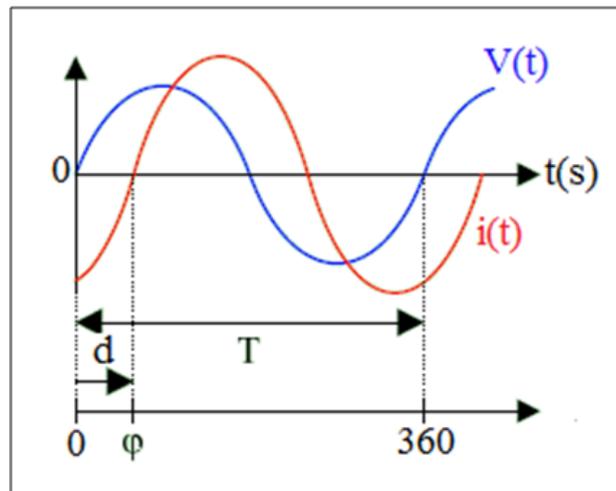


FIGURE III.4 – Déphasage entre tension et courant.

La figure III.4 montre bien le déphasage entre la tension et le courant et comme ces deux grandeurs sont sinusoïdales de même fréquence, nous pouvons écrire :

$$\frac{d}{T} = \frac{\varphi(\text{rad})}{2\pi} = \frac{\varphi(^{\circ})}{360} \quad (\text{III.8})$$

Ainsi, le facteur de puissance est donnée par « $\cos(\varphi)$ », autre chose pour calculer le déphasage à partir de microcontrôleur nous avons créé un compteur dans le programme pour compter le nombre d'échantillons qui est situé entre le signal de courant et le signal de tension, ensuite traduire ce nombre d'échantillons en décalage par secondes, (car on a 180 échantillons équivalent à 0.005 seconde). Encore, grâce aux signale d'interruption et l'échantillonnage simultané choisi durant la configuration de l'ADC, nous pouvons obtenir à même instant les alternances de tension et courant ce qui facilite beaucoup la détermination de décalage entre le signale de tension et courant, tel que dans le cas d'une charge résistive la tension est en phase avec le courant, donc le nombre d'échantillons situé entre le signal de courant et le signal de tension est égale à zéros et par la suite le $\cos(\varphi)$ est égale à 1, ainsi pour déterminer le décalage entre la tension et le courant dans le cas d'une charge inductive ou capacitive nous avons compter le nombre d'échantillons inférieure à la valeur de l'offset de courant 757, donc lorsque on connaitre le nombre d'échantillons entre les deux signaux, on peut calculer facilement le décalage « d » en secondes entre la tension et le courant, après nous avons calculer le déphasage comme la suite :

$$\varphi = \frac{d \times 2\pi}{T} \text{ avec : } T = 0.02 \text{ seconde.} \quad (\text{III.9})$$

Afin de bien comprendre l'idée voici les figures suivantes :

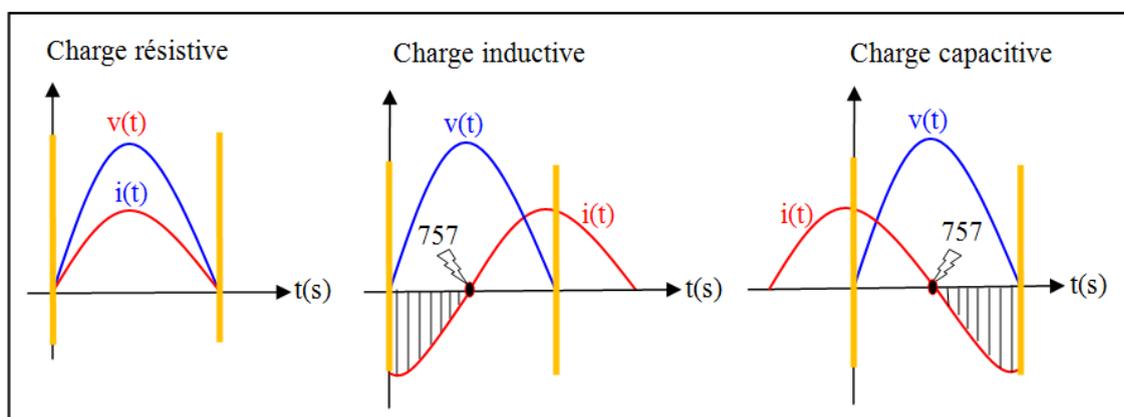


FIGURE III.5 – Déphasage entre tension et courant pour different charges.

De plus, le calcul de facteur de puissance ce fait à l'extérieur de programme, c'est-à-dire nous avons créé un tableau qui contient tous les valeurs de $\cos(\varphi)$ en fonction de nombre d'échantillons, ainsi ce tableau contient 180 valeurs, équivalent à 180 échantillons, aussi similaire à $\pi/2$, car quelque soit le type de la charge le déphasage maximale c'est $\pi/2$ pour une charge purement inductif ou $-\pi/2$ pour une charge purement capacitive. Ainsi pour le calcul de $\sin(\varphi)$ nous avons créé aussi un tableau de 180 valeurs qui contient tous les valeurs de $\sin(\varphi)$ selon le déphasage produit entre la tension et le courant.

Enfin, les lignes de programme implémenté dans le microcontrôleur afin de calculer

les puissances sont :

```

K = (Courant[0]-757); // La première valeur numérique de courant stocker dans le DMA.
M = Tension[0];      // La première valeur numérique de tension stocker dans le DMA.
if(k<=M)              // Cas d'une charge résistive ou inductive.
{
  for(i=0;i<=179;i++)
  {
    if(Courant[i]<=757)
    {
      j++; //j le nombre d'échantillons entre le signal de courant et le signal de tension.
    }
    else
    {
      i=179;
    }
  }
  cosfi=cosphi[j]; // Calcul de Facteur de Puissance.
  P=V*I*cosphi[j]; // Calcul de la puissance active dans le cas d'une charge résistive ou inductive.
  Q=V*I*sinphi[j]; // Calcul de la puissance réactive dans le cas d'une charge résistive ou inductive.
}
if(k>M)              // Cas d'une charge capacitive.
{
  for(i=359;i<=179;i--)
  {
    if(Courant[i]<=757)
    {
      j++;
    }
    else
    {
      i=179;
    }
  }
  cosfi=cosphi[j]; // Calcul de Facteur de Puissance.
  P=V*I*cosphi[j]; // Calcul de la puissance active dans le cas d'une charge capacitive.
  Q=(-1)*V*I*sinphi[j]; //Calcul de la puissance réactive dans le cas d'une charge capacitive.
}
j = 0;

```

III.5 Calcul de l'énergie

L'énergie électrique par définition est la puissance obtenue par un appareil multiplié par le temps d'utilisation de cet appareil, donc nous pouvons écrire :

$$E = P \times t \quad (\text{III.10})$$

L'unité reconnue par le système internationale de l'énergie électrique est le Joule, mais généralement pour des raisons de facturation il est préféré d'utiliser le KWh comme unité d'énergie. Concernant le programme utilisé dans notre microcontrôleur nous avons choisi de calculer l'énergie à chaque seconde comme suit :

$$E = \frac{P \times 1}{3600 \times 1000} [KWh] \quad (\text{III.11})$$

Ensuite, nous ajouterons cette énergie à chaque seconde afin de calculer l'énergie totale consommée par l'installation.

III.6 Description générale d'un prototype de compteur intelligent

Pour la réalisation de notre compteur nous proposons la figure III.6, qui donne la méthode de branchement de tous les circuits réalisés dans le chapitre 2.

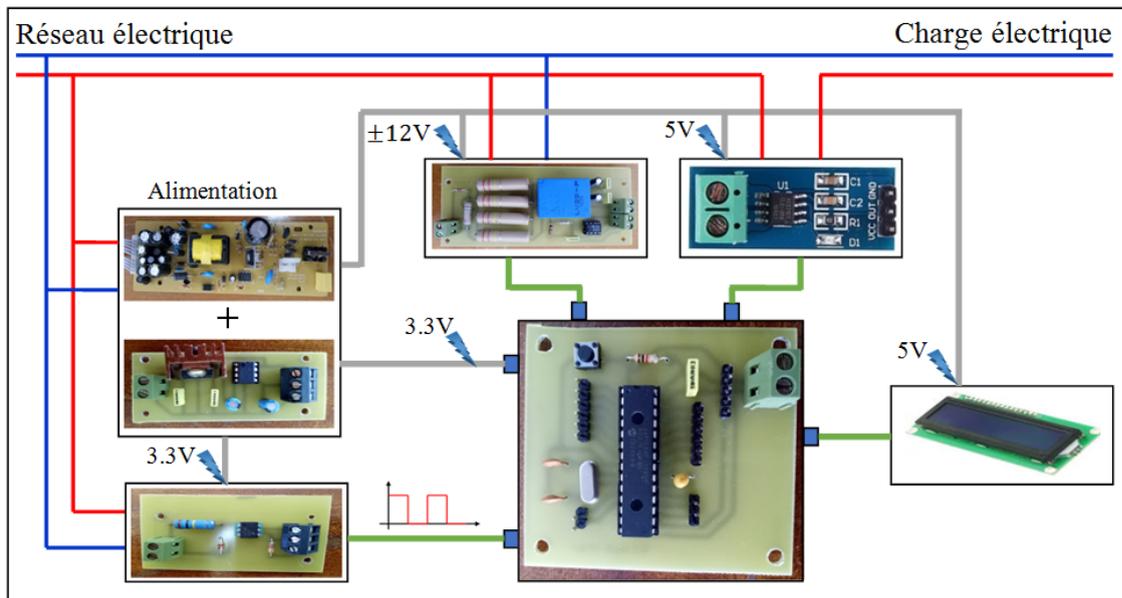


FIGURE III.6 – Schéma globale de prototype de notre compteur intelligent.

Après l'assemblage final des circuits de notre compteur intelligent nous obtenons la figure suivante :

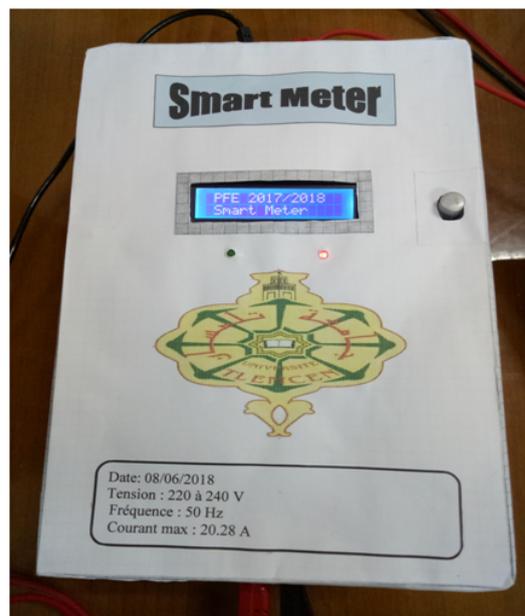


FIGURE III.7 – Prototype final de notre compteur intelligent.

Ce compteur intelligent est un compteur électronique monophasé conçu pour la mesure des données de consommation comme la tension, le courant, les différentes formes de puissance (active et réactive), la puissance apparente, le facteur de puissance et l'énergie électrique. Aussi pour afficher toutes ces données de consommation sur le compteur il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir pour faire apparaître l'information recherchée. De plus, le compteur réalisé contient deux LED : une LED vert qui clignote lorsque la charge sera branchée, et une LED rouge qui s'allume dans le cas d'absence de charge.

Ainsi, le principe de fonctionnement de ce compteur est simple car il est basé sur les informations obtenues par le capteur de tension et de courant qui, après mesure, sont transmises vers un microcontrôleur de type dsPIC33FJ128GP802 afin de calculer les données de consommation qui seront affichées sur un afficheur LCD. Les principales caractéristiques techniques de notre compteur sont :

- **Tension nominale 220 à 240 V.**
- **Fréquence 50 Hz.**
- **Courant maximale 20.28 A.**

III.7 Test de validation de notre prototype

Pour valider les calculs obtenus par notre compteur intelligent, nous avons choisi d'alimenter deux types de charges, à savoir :

III.7.1 Cas d'une charge résistive

Dans le cas d'une charge résistive nous avons choisi d'utiliser quatre lampes (chacune de 100W et fonctionnant sous une tension de 230V). Afin d'assurer l'analyse de ces charges nous avons réalisé le montage présenté sur la Figure III.8. D'après cette figure nous voyons que le compteur intelligent est branché directement entre l'alimentation et une charge résistive. Cependant, dans la réalité le compteur est branché en premier au réseau électrique, suivi d'un disjoncteur qui est placé avant les charges afin de protéger l'installation contre les courts circuits et les surcharges. Ainsi, après avoir vérifié le montage présenté dans la Figure III.8 nous avons alimenté notre charge comme le montre la figure III.9.



FIGURE III.8 – Schéma de connexion de la charge résistive lors du test.

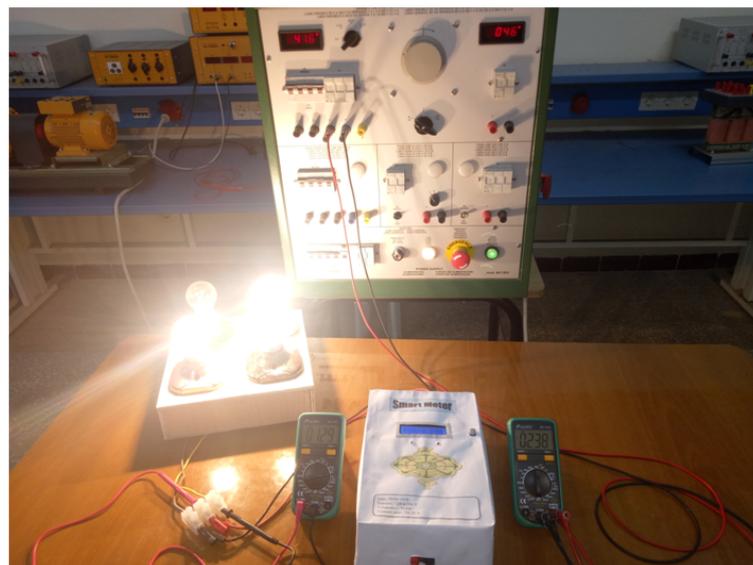


FIGURE III.9 – Alimentation de la charge résistive.



FIGURE III.10 – Observation des données de consommation d’une charge résistive.

D’après cette figure nous voyons que le compteur intelligent réalisé pendant ce projet donne de bons résultats dans le cas d’une charge résistive, malgré la présence de bruit de mesure due au capteur de courant. Nous avons parfois obtenu des valeurs exacte de courant, mais généralement presque dans tous les cas on a toujours eu un décalage entre 0.03 et 0.07.

Ensuite, afin de tester le fonctionnement de capteur de tension et de courant et voir l’influence de ces derniers sur les mesures de compteur nous avons changé les valeurs de la charge résistive comme le montre les tableaux suivants :

Charges	Tension relevée par le voltmètre (V)	Tension relevée par le compteur (V)	Courant relevé par l’ampèremètre (A)	Courant relevé par le compteur(A)
0 Lampes	238	238.49	0	0
1 Lampes	238	238.19	0.42	0.42 à 0.47
2 Lampes	238	238.19	0.86	0.81 à 0.88
3 Lampes	237	237.01	1.30	1.27 à 0.33
4 Lampes	237	237.01	1.73	1.70 à 1.77

TABLE III.1 – Analyse des valeurs de tension et de courant pour une charge résistive.

Charges	Puissance active(W)	Puissance réactive(VAR)	Puissance apparente(VA)	Facteur de puissance $\cos(\varphi)$
0 Lampes	0.00	0.00	0.00	indéfini
1 Lampes	109.61	0.00	109.61	1
2 Lampes	193.93	0.00	193.93	1
3 Lampes	310.43	0.00	310.43	1
4 Lampes	419.50	0.00	419.50	1

TABLE III.2 – Données de consommation relevée par le compteur pour une charge résistive.

Le tableau III.1 montre que les valeurs de tension obtenue par le compteur sont presque identiques aux valeurs mesurées par un voltmètre de grande précision. Donc nous pouvons dire que le capteur de tension LV25-p utilisé reste un bon choix pour cette application.

Cependant, les valeurs de courant mesuré par le compteur sont un peu différentes aux valeurs mesurées par un ampèremètre de grande précision. Selon le fabricant d'ACS712-30A ce capteur génère un bruit de 7 mV dans le cas d'aucune charge ou d'une faible charge, de plus, nous obtenons un décalage dans la valeur de courant de (0.03 à 0.07A). Ce décalage dans la valeur de courant est négligé dans le programme du microcontrôleur ce qui implique que dans le cas d'aucune charge le compteur affiche 0 A et donc affiche une puissance nul. Ainsi, d'après ces résultats nous pouvons dire que la valeur correcte de la puissance dépend seulement de la précision des valeurs obtenues par les capteurs surtout le capteur de courant car grâce au signal de courant échantillonné nous pouvons déterminer le déphasage entre le signal de tension et du courant.

Concernant le tableau III.2, il montre clairement que la méthode implémentée dans le microcontrôleur pour le calcul des différentes puissances fonctionne correctement dans le cas d'une charge résistive, car quelque soit la puissance de la charge nous obtenons une puissance réactive nul et la puissance active est égale à la puissance apparente tous le temps. De plus, d'après les résultats précédent le calcul du facteur de puissance donne des résultats correcte malgré la présence du bruit généré par le capteur de courant dans le cas d'une faible charge.

III.7.2 Cas d'une charge inductive

Dans le cas d'une charge inductive nous avons utilisé un bloc à inductance variable comme le montre le montage suivant :



FIGURE III.11 – Alimentation de la charge inductive.



FIGURE III.12 – Observation des données de consommation pour une charge inductive.

D'après la figure III.12 nous pouvons dire que pour une charge inductive donnée, le capteur de tension donne un bon résultat, mais dans le cas du capteur de courant nous observons bien qu'il donne un résultat très proche à la valeur réelle avec le même décalage obtenu dans le cas d'une charge résistive. Donc pour une même charge nous obtenons plusieurs valeurs de courant dont l'erreur varie entre 0.03 et 0.07, autrement malgré que la tension reste fixe aux bornes de la charge le courant change faiblement.

Ensuite, afin de tester le fonctionnement du capteur de tension et de courant et l'influence de ces derniers sur les calculs réalisés par le compteur nous avons changé la charge inductive comme le montre les tableaux suivants :

Charges	Tension relevée par le voltmètre (V)	Tension relevée par le compteur (V)	Courant relevé par l'ampèremètre (A)	Courant relevé par le compteur(A)
Charge nul	220	219.33	0.00	0.00
L=1.75H 550Ω	220	218.14	0.39	0.32 à 0.38
L=3.5H 1100Ω	220	218.43	0.18	0.14 à 0.20
L=7H 2200Ω	220	219.33	0.06	0.00

TABLE III.3 – Analyse des valeurs de tension et de courant pour une charge inductive.

Charges	Puissance active(W)	Puissance réactive(VAR)	Puissance apparente(VA)	Facteur de puissance $\cos(\varphi)$
Charge nul	0.00	0.00	0.00	indéfini
L=1.75H 550Ω	0.06	84.94	84.94	0.00067
L=3.5H 1100Ω	0.02	30.93	30.93	0.00067
L=7H 2200Ω	0.00	0.00	0.00	indéfini

TABLE III.4 – Données de consommation relevée par le compteur pour une charge inductive.

D'après le tableau III.3 nous voyons que le capteur de tension donne des résultats un peu différents aux valeurs mesurer par un voltmètre de grande précision, cependant nous pouvons considérer que ce décalage est faible. Concernant la mesure de courant nous voyons clairement que dans le cas d'aucune charge le compteur affiche une valeur nulle, car le capteur de courant donne pour une charge nulle une valeur entre 0.03 et 0.07A et pour cela dans le programme du microcontrôleur nous avons éliminé cette valeur afin que le compteur affiche une valeur nulle. Dans le cas de la présence d'une charge, le compteur affiche des valeurs de courant très proche aux valeurs mesuré par un ampèremètre de grande précision, mais pour la même charge le compteur fournit plusieurs valeurs de courant décalé entre eux avec le même décalage obtenu dans le cas d'une charge résistive. Ce résultat montre que le capteur de courant utilisé n'est pas précis dans le cas des charges faibles. De plus dans le cas de la troisième charge (L= 7H, 2200Ω) le compteur affiche 0A malgré l'ampère-mètre affiche 0.06A, car comme nous avons dit précédemment dans le programme de microcontrôleur nous avons éliminé tous les valeurs inférieurs à 0.07A pour que le compteur affiche 0A pour une charge nulle et pour cela dans le cas de faible charge le compteur affiche zéros et par la suite il affiche une puissance nulle.

Ainsi, le tableau III.4 montre bien que dans le cas de bon fonctionnement de capteur de courant (les valeurs de courant mesurer par le compteur sont très proche aux valeurs mesurer par un ampèremètre de grande précision) le compteur affiche des très bons résultats pour le calcul de puissance, tel que nous remarquons que pour une charge purement inductive on a toujours une puissance réactive égale au puissance apparente et la puissance active est presque nulle, ainsi un facteur de puissance nulle, donc d'après tous ces résultats nous pouvons dire que dans le cas de bon fonctionnement des capteurs utiliser la méthode implémenter dans le microcontrôleur pour calculer les différents formes de puissance sa marche bien et donne des très bon résultats.

III.8 Problèmes rencontrés dans la réalisation de projet

Durant la réalisation de notre projet nous avons rencontré quelques problèmes, nous pouvons citer le cas de circuit de l'alimentation à découpage, tel que cette alimentation n'est pas capable de fournir des tensions symétrique comme la tension $\pm 12V$ qui est nécessaire pour alimenter le capteur de tension, donc afin de résoudre ce problème et crée une tension de $\pm 12V$ nous avons réaliser un simple circuit imprimé à base d'un circuit intégré de type ICL7660S. Ainsi, dans le cas de circuit de capteur de tension, où nous avons rencontré des difficultés pour trouver une résistance de $54K\Omega$ de grande puissance afin de brancher ce capteur au réseau de 230V. Pour résoudre ce problème nous avons utilisé quatre résistances en parallèle afin d'obtenir une résistance autour de $54K\Omega$ et éviter l'échauffement de ces mêmes résistances.

Un autre problème dont nous avons rencontré dans notre projet, dont malheureusement nous n'avons pas trouvé de solution, c'est le bruit présent à la sortie du capteur de courant, qui avait une importante influence sur le calcul de la puissance.

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vérifié et analyser les mesures et les calculs réaliser par le compteur électrique. Nous avons également montré que d'après les résultats pratique obtenue on voit bien que le signal échantillonné de tension obtenu après une conversion analogique-numérique est presque identique au signal obtenu avant sa conversion, ce qui montre que le programme développer dans le microcontrôleur fonctionne correctement. Il montre aussi la précision de mesure présenté par le capteur de tension, par contre dans le cas de capteur de courant on voit bien que les signaux échantillonnés obtenu pour une charge résistive présentent plusieurs bruits. Donc ce dernier influe beaucoup sur les calculs surtout le calcul de puissance. Malgré cela la méthode implémenter dans le microcontrôleur pour le calcul de la puissance reste une méthode simple et facile à réaliser qui ne nécessite pas beaucoup calcule. Pour terminer nous pouvons dire que dans le cas d'un bon capteur de courant que notre

compteur intelligent fonctionne correctement et donne des bons résultats, donc nous avons répondu aux attentes sur le but de projet de fin d'étude, qui est l'amélioration des performances d'acquisition des signaux pour compteur intelligent.

Conclusion générale

Les objectifs fixés dans notre mémoire ont été atteints de sorte qu'on a pu présenter en premier lieu la structure, fonctions et utilités d'un compteur électrique intelligent. C'est ce qui nous a permis de faire beaucoup de pratique en réalisant la quasi-totalité des circuits électroniques en plus de leur conception. Les essais ont été très probants, à l'exception du circuit de capteur de courant qui a vu la présence d'un signal parasite « bruit » et ce pour le cas de faible charge. Cependant, plus on augmente la charge plus la précision de capteur augmente et les bruits générés ont diminué.

Ainsi, dans le premier chapitre nous avons donné une idée générale sur l'évolution des compteurs électriques. De plus, nous avons montré l'importance de l'intégration des compteurs intelligents dans le réseau de distribution et les avantages qu'ils peuvent apporter pour la mesure des données de consommation par rapport aux anciens compteurs (électromécanique et électronique). Nous avons également montré que le compteur intelligent d'une part aide le producteur d'énergie à être capable d'assurer une meilleure gestion du réseau électrique car ils pourront maîtriser mieux les pointes de consommation par exemple, et d'autre part il aide les consommateurs à avoir une information en temps réel de leurs consommations et pourront également recevoir des factures plus détaillées sur leur consommation.

L'évolution des compteurs électriques présentée dans le premier chapitre a été complétée par une étude dans le second chapitre sur les composants et les circuits nécessaires pour la réalisation d'un compteur intelligent sans les systèmes de communication. Ainsi à travers ce chapitre nous avons présenté les principaux périphériques reliant un dsPIC33FJ128GP802 que nous avons utilisé. L'utilisation de ce dernier dans la réalisation de notre projet a beaucoup facilité les calculs et le traitement des données. Aussi, grâce à ce microcontrôleur nous avons pu faire l'échantillonnage simultané de plusieurs entrées analogiques, qui reste une fonction nécessaire afin d'augmenter la précision dans le calcul de la puissance active et réactive.

Pour terminer, dans le troisième chapitre, nous avons réalisé et testé le compteur

intelligent que nous avons réalisé. Les résultats pratiques obtenu nous ont montré le bon fonctionnement des capteurs utiliser surtout le capteur de tension, car le capteur de courant dans le cas d'une faible charge généré plusieurs bruits. De plus, avec ce type de capteur il y a toujours eu un décalage de tension si la charge n'été pas brancher. Nous avons également observé que la méthode utiliser pour le calcul de la puissance est une méthode simple et facile à implémenté dans le microcontrôleur et donne de bons résultats.

Ainsi, ce mémoire nous a permis d'apprendre énormément de chose tel que la programmation de microcontrôleur avec le logiciel MPLAB, l'utilisation du logiciel PROTEUS pour simuler nos circuits électroniques et le LATEX pour écrire ce mémoire. De plus, ce mémoire a permis l'ouverture d'un champ d'application et de recherche relativement important, dont les perspectives que nous pouvons proposer à ce travail sont présentées selon quatre axes importants, à savoir :

- Prendre en compte tous les résultats obtenus dans ce mémoire afin de les améliorer encore plus. De plus, il serait intéressant d'ajouter au compteur intelligent les systèmes de communication qui n'a pas été introduit.
- Le remplacement du capteur de courant par un autre capteur plus performant qui permettrait d'apporter une grande précision pour la mesure du courant quel que soit le type de charge.
- Ajouter une batterie au compteur pour que les données ne s'effacent pas dans le cas de coupure d'électricité et pour que l'affichage reste toujours possible.
- Ajouter une mémoire non-volatile de type EEPROM afin de rendre le compteur intelligent capable de sauvegarder tous les informations de consommation.

Bibliographie

- [1] Bouazi Smail Rahmoune Abdelouahab. *Étude de stockage d'énergie SMES dans les réseaux intelligents*, 2015/2016.
- [2] Klopfert Frédéric. *L'apport des compteurs intelligents à une consommation plus durable de l'électricité*, 2007-2008.
- [3] Lamiae HASNAOUI and Salma GABBADI. *Étude des compteurs d'énergie électrique*, 06 Juin 2017.
- [4] Mostafa NAGA et Bowen BAI Tanya ANGELOVA. *Compteurs intelligents*.
- [5] D. P. Chandima K. S. K. Weranga, Sisil Kumarawadu. *Smart Metering Design and Applications*, 2014.
- [6] SOULIMANE NADIA et SEBBAGH YASSAMINE. *Étude et réalisation d'un système de communication par radiofréquence pour un compteur électrique avancé aux zones non urbaines*, 28 Juin 2017.
- [7] Mr. FILALI Mohammed Mr. BENSALAH Belqassim. *Étude et réalisation d'un circuit de commande avec MPPT d'un hacheur pour système photovoltaïque*, 14 /06/2015.
- [8] Monoarul Alam Siddiqui et Md. Ehtesum Mahmudul Islam. *In partial fulfillment of the requirements for the Bachelor of Science degree in Electrical and Electronic Engineering*.
- [9] Alex CHAMORRO COLOMA. *Correction de mouvements parasites en temps réel basé sur l'interférométrie laser Self-Mixing*, 29 Août 2012.
- [10] *(DS70292G)*, *dsPIC33FJ128GP802 Datasheet*, microchip technology inc edition, 2007-2012.
- [11] *(DS70216D)*, *Section 39. Oscillator (Part III)*, microchip technology inc edition, 2007-2012.
- [12] *(DS70183D)*, *Section 16. Analog-to-Digital Converter (ADC)*, microchip technology inc edition, 2006-2012.
- [13] *(DS70214C)*, *Section 32. Interrupts (Part III)*, microchip technology inc edition, 2007-2012.
- [14] *(DS70205D)*, *Section 11. Timers*, microchip technology inc edition, 2007-2011.

-
- [15] (*DS70215C*), *Section 38. Direct Memory Access (DMA) (Part III)*, microchip technology inc edition, 2007-2012.
- [16] (*DS51553E*), *PICkitTM 2, Programmer/Debugger*, user.s guide, microchip technology inc edition, 2008.

Annexe A : Datasheet - ICL7660S



DATASHEET

ICL7660S, ICL7660A

Super Voltage Converters

FN3179

Rev 7.00

January 23, 2013

The ICL7660S and ICL7660A Super Voltage Converters are monolithic CMOS voltage conversion ICs that guarantee significant performance advantages over other similar devices. They are direct replacements for the industry standard ICL7660 offering an **extended** operating supply voltage range up to 12V, with **lower** supply current. A **Frequency Boost pin** has been incorporated to enable the user to achieve lower output impedance despite using smaller capacitors. All improvements are highlighted in the "Electrical Specifications" section on page 3. **Critical parameters are guaranteed over the entire commercial and industrial temperature ranges.**

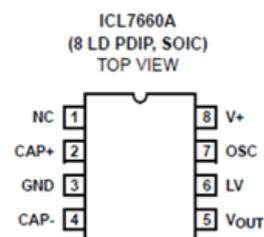
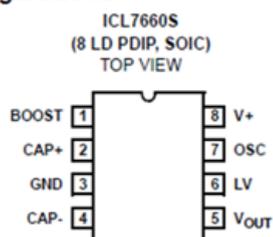
The ICL7660S and ICL7660A perform supply voltage conversions from positive to negative for an input range of 1.5V to 12V, resulting in complementary output voltages of -1.5V to -12V. Only two non-critical external capacitors are needed, for the charge pump and charge reservoir functions. The ICL7660S and ICL7660A can be connected to function as a voltage doubler and will generate up to 22.8V with a 12V input. They can also be used as a voltage multipliers or voltage dividers.

Each chip contains a series DC power supply regulator, RC oscillator, voltage level translator, and four output power MOS switches. The oscillator, when unloaded, oscillates at a nominal frequency of 10kHz for an input supply voltage of 5.0V. This frequency can be lowered by the addition of an external capacitor to the "OSC" terminal, or the oscillator may be over-driven by an external clock.

The "LV" terminal may be tied to GND to bypass the internal series regulator and improve low voltage (LV) operation. At medium to high voltages (3.5V to 12V), the LV pin is left floating to prevent device latchup.

In some applications, an external Schottky diode from V_{OUT} to CAP- is needed to guarantee latchup free operation (see Do's and Don'ts section on page 8).

Pin Configurations



Features

- Guaranteed Lower Max Supply Current for All Temperature Ranges
- Wide Operating Voltage Range: 1.5V to 12V
- 100% Tested at 3V
- Boost Pin (Pin 1) for Higher Switching Frequency
- Guaranteed Minimum Power Efficiency of 96%
- Improved Minimum Open Circuit Voltage Conversion Efficiency of 99%
- Improved SCR Latchup Protection
- Simple Conversion of +5V Logic Supply to $\pm 5V$ Supplies
- Simple Voltage Multiplication $V_{OUT} = (-)nV_{IN}$
- Easy to Use; Requires Only Two External Non-Critical Passive Components
- Improved Direct Replacement for Industry Standard ICL7660 and Other Second Source Devices
- Pb-Free Available (RoHS Compliant)

Applications

- Simple Conversion of +5V to $\pm 5V$ Supplies
- Voltage Multiplication $V_{OUT} = \pm nV_{IN}$
- Negative Supplies for Data Acquisition Systems and Instrumentation
- RS232 Power Supplies
- Supply Splitter, $V_{OUT} = \pm V_S$

Annexe B : Datasheet - capteur de tension LV 25-P



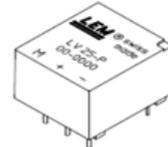
Voltage Transducer LV 25-P

For the electronic measurement of voltages : DC, AC, pulsed..., with a galvanic isolation between the primary circuit (high voltage) and the secondary circuit (electronic circuit).



$$I_{PN} = 10 \text{ mA}$$

$$V_{PN} = 10 \dots 500 \text{ V}$$



Electrical data

I_{PN}	Primary nominal r.m.s. current	10	mA			
I_p	Primary current, measuring range	$0 \dots \pm 14$	mA			
R_M	Measuring resistance	R_{Mmin}	R_{Mmax}			
				with $\pm 12 \text{ V}$	@ $\pm 10 \text{ mA}_{max}$	30
			@ $\pm 14 \text{ mA}_{max}$	30	100	Ω
		with $\pm 15 \text{ V}$	@ $\pm 10 \text{ mA}_{max}$	100	350	Ω
	@ $\pm 14 \text{ mA}_{max}$	100	190	Ω		
I_{SN}	Secondary nominal r.m.s. current	25	mA			
K_N	Conversion ratio	2500 : 1000				
V_C	Supply voltage ($\pm 5\%$)	$\pm 12 \dots 15$	V			
I_C	Current consumption	$10 (@ \pm 15 \text{ V}) + I_S$	mA			
V_d	R.m.s. voltage for AC isolation test ¹⁾ , 50 Hz, 1 mn	2.5	kV			

Accuracy - Dynamic performance data

X_G	Overall Accuracy @ $I_{PN}, T_A = 25^\circ\text{C}$	@ $\pm 12 \dots 15 \text{ V}$	± 0.9	%
		@ $\pm 15 \text{ V} (\pm 5\%)$	± 0.8	%
ϵ_L	Linearity		< 0.2	%
I_o	Offset current @ $I_p = 0, T_A = 25^\circ\text{C}$	Typ	± 0.15	mA
		Max	± 0.15	mA
I_{OT}	Thermal drift of I_o	$0^\circ\text{C} \dots +25^\circ\text{C}$	± 0.06	± 0.25 mA
		$+25^\circ\text{C} \dots +70^\circ\text{C}$	± 0.10	± 0.35 mA
t_r	Response time ²⁾ @ 90 % of V_{Pmax}	40		μs

General data

T_A	Ambient operating temperature	$0 \dots +70$	$^\circ\text{C}$
T_S	Ambient storage temperature	$-25 \dots +85$	$^\circ\text{C}$
R_P	Primary coil resistance @ $T_A = 70^\circ\text{C}$	250	Ω
R_S	Secondary coil resistance @ $T_A = 70^\circ\text{C}$	110	Ω
m	Mass	22	g
	Standards ³⁾	EN 50178	

Features

- Closed loop (compensated) voltage transducer using the Hall effect
- Insulated plastic case recognized according to UL 94-V0.

Principle of use

- For voltage measurements, a current proportional to the measured voltage must be passed through an external resistor R_1 which is selected by the user and installed in series with the primary circuit of the transducer.

Advantages

- Excellent accuracy
- Very good linearity
- Low thermal drift
- Low response time
- High bandwidth
- High immunity to external interference
- Low disturbance in common mode.

Applications

- AC variable speed drives and servo motor drives
- Static converters for DC motor drives
- Battery supplied applications
- Uninterruptible Power Supplies (UPS)
- Power supplies for welding applications.

Notes : ¹⁾ Between primary and secondary

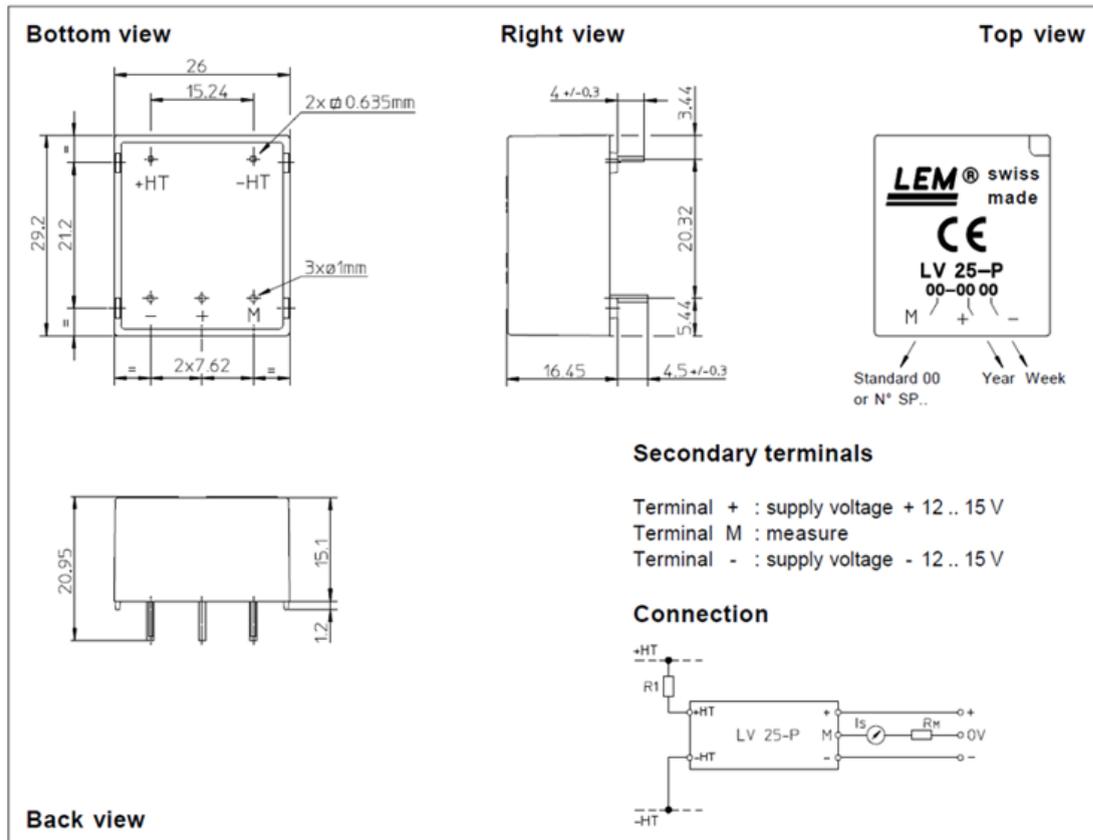
²⁾ $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$ (L/R constant, produced by the resistance and inductance of the primary circuit)

³⁾ A list of corresponding tests is available

981125/14



Dimensions LV 25-P (in mm. 1 mm = 0.0394 inch)



Mechanical characteristics

- General tolerance ± 0.2 mm
- Fastening & connection of primary 2 pins
0.635 x 0.635 mm
- Fastening & connection of secondary 3 pins $\varnothing 1$ mm
- Recommended PCB hole 1.2 mm

Remarks

- I_s is positive when V_p is applied on terminal +HT.
- This is a standard model. For different versions (supply voltages, turns ratios, unidirectional measurements...), please contact us.

Instructions for use of the voltage transducer model LV 25-P

Primary resistor R_1 : the transducer's optimum accuracy is obtained at the nominal primary current. As far as possible, R_1 should be calculated so that the nominal voltage to be measured corresponds to a primary current of 10 mA.

Example: Voltage to be measured $V_{PN} = 250$ V

a) $R_1 = 25$ k Ω / 2.5 W, $I_p = 10$ mA	Accuracy = ± 0.8 % of V_{PN} (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$)
b) $R_1 = 50$ k Ω / 1.25 W, $I_p = 5$ mA	Accuracy = ± 1.6 % of V_{PN} (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$)

Operating range (recommended) : taking into account the resistance of the primary windings (which must remain low compared to R_1 , in order to keep thermal deviation as low as possible) and the isolation, this transducer is suitable for measuring nominal voltages from 10 to 500 V.

LEM reserves the right to carry out modifications on its transducers, in order to improve them, without previous notice.

Annexe C : Datasheet - amplificateur LF356N



LF155, LF156, LF256, LF257
LF355, LF356, LF357

SNOSBH0D –MAY 2000–REVISED NOVEMBER 2015

LFx5x JFET Input Operational Amplifiers

1 Features

- Advantages
 - Replace Expensive Hybrid and Module FET Op Amps
 - Rugged JFETs Allow Blow-Out Free Handling Compared With MOSFET Input Devices
 - Excellent for Low Noise Applications Using Either High or Low Source Impedance—Very Low $1/f$ Corner
 - Offset Adjust Does Not Degrade Drift or Common-Mode Rejection as in Most Monolithic Amplifiers
 - New Output Stage Allows Use of Large Capacitive Loads (5,000 pF) Without Stability Problems
 - Internal Compensation and Large Differential Input Voltage Capability
- Common Features
 - Low Input Bias Current: 30 pA
 - Low Input Offset Current: 3 pA
 - High Input Impedance: $10^{12} \Omega$
 - Low Input Noise Current: $0.01 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
 - High Common-Mode Rejection Ratio: 100 dB
 - Large DC Voltage Gain: 106 dB
- Uncommon Features
 - Extremely Fast Settling Time to 0.01%:
 - 4 μs for the LFx55 devices
 - 1.5 μs for the LFx56
 - 1.5 μs for the LFx57 ($A_V = 5$)
 - Fast Slew Rate:
 - 5 $\text{V}/\mu\text{s}$ for the LFx55
 - 12 $\text{V}/\mu\text{s}$ for the LFx56
 - 50 $\text{V}/\mu\text{s}$ for the LFx57 ($A_V = 5$)
 - Wide Gain Bandwidth:
 - 2.5 MHz for the LFx55 devices
 - 5 MHz for the LFx56
 - 20 MHz for the LFx57 ($A_V = 5$)
 - Low Input Noise Voltage:
 - 20 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ for the LFx55
 - 12 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ for the LFx56
 - 12 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ for the LFx57 ($A_V = 5$)

2 Applications

- Precision High-Speed Integrators
- Fast D/A and A/D Converters
- High Impedance Buffers
- Wideband, Low Noise, Low Drift Amplifiers
- Logarithmic Amplifiers
- Photocell Amplifiers
- Sample and Hold Circuits

3 Description

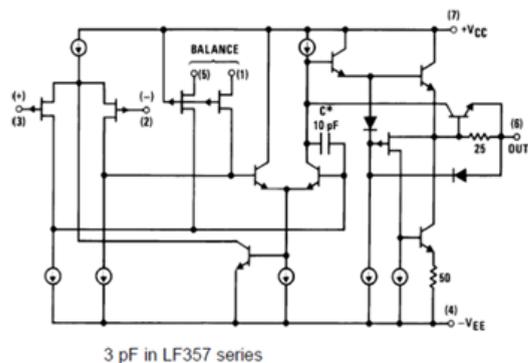
The LFx5x devices are the first monolithic JFET input operational amplifiers to incorporate well-matched, high-voltage JFETs on the same chip with standard bipolar transistors (BI-FET™ Technology). These amplifiers feature low input bias and offset currents/low offset voltage and offset voltage drift, coupled with offset adjust, which does not degrade drift or common-mode rejection. The devices are also designed for high slew rate, wide bandwidth, extremely fast settling time, low voltage and current noise and a low $1/f$ noise corner.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LFx5x	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm × 9.08 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Simplified Schematic



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

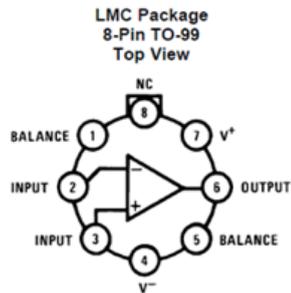


www.ti.com

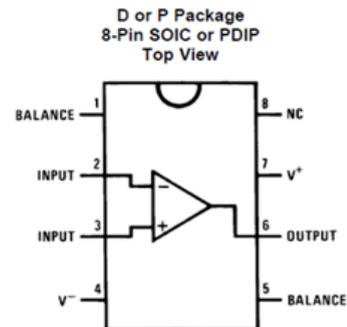
LF155, LF156, LF256, LF257
LF355, LF356, LF357

SNOSBH0D –MAY 2000–REVISED NOVEMBER 2015

5 Pin Configuration and Functions



Available per JM38510/11401 or
JM38510/11402



Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
BALANCE	1, 5	I	Balance for input offset voltage
+INPUT	3	I	Noninverting input
-INPUT	2	I	Inverting input
NC	8	—	No connection
OUTPUT	6	O	Output
V+	7	—	Positive power supply
V-	4	—	Negative power supply

LF155, LF156, LF256, LF257
LF355, LF356, LF357



SNOSBH00 – MAY 2000 – REVISED NOVEMBER 2015

www.ti.com

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

		MIN	MAX	UNIT	
Supply voltage	LF155x, LF256x, LF356B		±22	V	
	LF35x		±18		
Differential input voltage	LF15x, LF25x, LF356B		±40	V	
	LF35x		±30		
Input voltage ⁽⁴⁾	LF15x, LF25x, LF356B		±20	V	
	LF35x		±16		
Output short circuit duration		Continuous		—	
T _{JMAX}	LMC package	LF15x	150	°C	
		LF25x, LF356B, LF35x	115		
	P package	LF25x, LF356B, LF35x	100		
	D package	LF25x, LF356B, LF35x	100		
Soldering information (lead temp.)	TO-99 package	Soldering (10 sec.)		°C	
	PDIP package	Soldering (10 sec.)			
	SOIC package	Vapor phase (60 sec.)	LF25x, LF356B, LF35x		215
		Infrared (15 sec.)	LF25x, LF356B, LF35x		220
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	°C	

- Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- The maximum power dissipation for these devices must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{JMAX}, θ_{JA}, and the ambient temperature, T_A. The maximum available power dissipation at any temperature is P_D = (T_{JMAX} - T_A) / θ_{JA} or the 25°C P_{JMAX}, whichever is less.
- If Military/Aerospace specified devices are required, contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

6.2 ESD Ratings

		VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾⁽²⁾	±1000 V

- JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
- 100 pF discharged through 1.5-kΩ resistor

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V _S	LF15x	±15	V _S	±20	V
	LF25x	±15	V _S	±20	
	LF356B	±15	V _S	±20	
	LF35x			±15	
T _A	LF15x	-55	T _A	125	°C
	LF25x	-25	T _A	85	
	LF356B	0	T _A	70	
	LF35x	0	T _A	70	

Annexe D : Datasheet - capteur de courant ACS712



ACS712

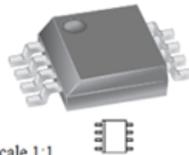
Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

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



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

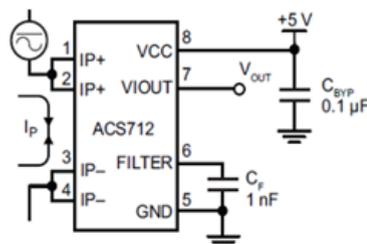
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power 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.

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 _{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFR1}	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

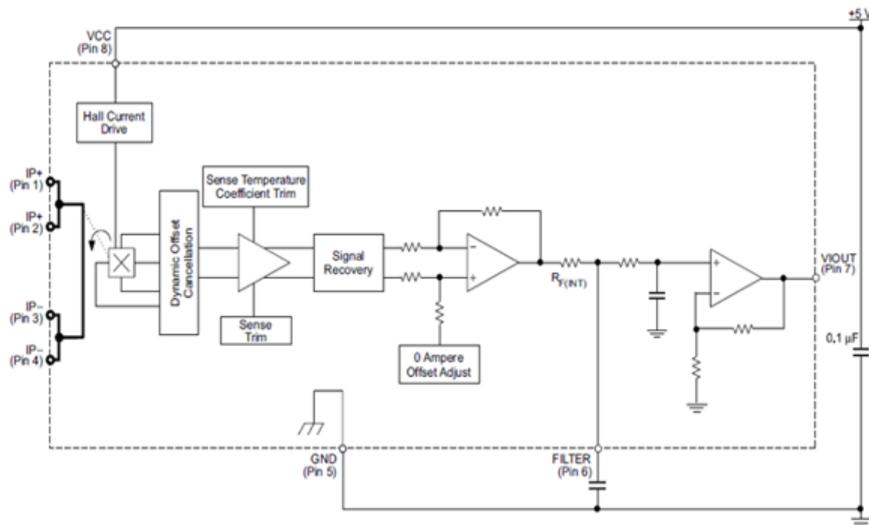


Allegro Microsystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

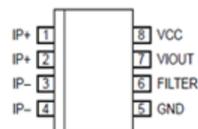
ACS712

*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 E : Datasheet - dsPIC33FJ128GP802



dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, and dsPIC33FJ128GPX02/X04

16-bit Digital Signal Controllers (up to 128 KB Flash and 16K SRAM) with Advanced Analog

Operating Conditions

- 3.0V to 3.6V, -40°C to +150°C, DC to 20 MIPS
- 3.0V to 3.6V, -40°C to +125°C, DC to 40 MIPS

Clock Management

- 2% internal oscillator
- Programmable PLL and oscillator clock sources
- Fail-Safe Clock Monitor (FSCM)
- Independent Watchdog Timer
- Low-power management modes
- Fast wake-up and start-up

Core Performance

- Up to 40 MIPS 16-bit dsPIC33F CPU
- Single-cycle MUL plus hardware divide

Advanced Analog Features

- 10/12-bit ADC with 1.1Msps/500 ksps rate:
 - Up to 13 ADC input channels and four S&H
 - Flexible/Independent trigger sources
- 150 ns Comparators:
 - Up to two Analog Comparator modules
 - 4-bit DAC with two ranges for Analog Comparators

Input/Output

- Software remappable pin functions
- 5V-tolerant pins
- Selectable open drain and internal pull-ups
- Up to 5 mA overvoltage clamp current/pin
- Multiple external interrupts

System Peripherals

- 16-bit dual channel 100 ksps Audio DAC
- Cyclic Redundancy Check (CRC) module
- Up to five 16-bit and up to two 32-bit Timers/Counters
- Up to four Input Capture (IC) modules
- Up to four Output Compare (OC) modules
- Real-Time Clock and Calendar (RTCC) module

Communication Interfaces

- Parallel Master Port (PMP)
- Two UART modules (10 Mbps)
 - Supports LIN 2.0 protocols
 - RS-232, RS-485, and IrDA® support
- Two 4-wire SPI modules (15 Mbps)
- Enhanced CAN (ECAN) module (1 Mbaud) with 2.0B support
- I²C module (100K, 400K and 1Mbaud) with SMBus support
- Data Converter Interface (DCI) module with I²S codec support

Direct Memory Access (DMA)

- 8-channel DMA with no CPU stalls or overhead
- UART, SPI, ADC, ECAN, IC, OC, INT0

Qualification and Class B Support

- AEC-Q100 REVG (Grade 0 -40°C to +150°C)
- Class B Safety Library, IEC 60730, VDE certified

Debugger Development Support

- In-circuit and in-application programming
- Two program breakpoints
- Trace and run-time watch

Packages

Type	SPDIP	SOIC	QFN-S	QFN	TQFP
Pin Count	28	28	28	44	44
I/O Pins	21	21	21	35	35
Contact Lead/Pitch	.100"	1.27	0.65	0.65	0.80
Dimensions	.285x.135x1.365"	7.50x2.05x17.9	6x6x0.9	8x8x0.9	10x10x1

Note: All dimensions are in millimeters (mm) unless specified.

dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, AND dsPIC33FJ128GPX02/X04

dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, AND dsPIC33FJ128GPX02/X04 PRODUCT FAMILIES

The device names, pin counts, memory sizes, and peripheral availability of each device are listed below. The following pages show their pinout diagrams.

TABLE 1: dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, AND dsPIC33FJ128GPX02/X04 CONTROLLER FAMILIES

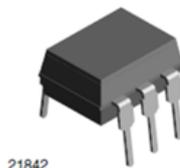
Device	Pins	Program Flash Memory (Kbyte)	RAM (Kbyte) ⁽¹⁾	Remappable Peripheral										RTCC	I ² C™	CRC Generator	10-bit/12-bit ADC (Channels)	16-bit Audio DAC (Pins)	Analog Comparator (2 Channels/Voltage Regulator)	8-bit Parallel Master Port (Address Lines)	I/O Pins	Packages
				Remappable Pins	16-bit Timer ⁽²⁾	Input Capture	Output Compare Standard PWM	Data Converter Interface	UART	SPI	ECAN™	External Interrupts ⁽³⁾										
dsPIC33FJ128GP804	44	128	16	26	5	4	4	1	2	2	1	3	1	1	1	13	6	1/1	11	35	QFN TQFP	
dsPIC33FJ128GP802	28	128	16	16	5	4	4	1	2	2	1	3	1	1	1	10	4	1/0	2	21	SPDIP SOIC QFN-S	
dsPIC33FJ128GP204	44	128	8	26	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	13	0	1/1	11	35	QFN TQFP	
dsPIC33FJ128GP202	28	128	8	16	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	10	0	1/0	2	21	SPDIP SOIC QFN-S	
dsPIC33FJ64GP804	44	64	16	26	5	4	4	1	2	2	1	3	1	1	1	13	6	1/1	11	35	QFN TQFP	
dsPIC33FJ64GP802	28	64	16	16	5	4	4	1	2	2	1	3	1	1	1	10	4	1/0	2	21	SPDIP SOIC QFN-S	
dsPIC33FJ64GP204	44	64	8	26	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	13	0	1/1	11	35	QFN TQFP	
dsPIC33FJ64GP202	28	64	8	16	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	10	0	1/0	2	21	SPDIP SOIC QFN-S	
dsPIC33FJ32GP304	44	32	4	26	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	13	0	1/1	11	35	QFN TQFP	
dsPIC33FJ32GP302	28	32	4	16	5	4	4	1	2	2	0	3	1	1	1	10	0	1/0	2	21	SPDIP SOIC QFN-S	

Note 1: RAM size is inclusive of 2 Kbytes of DMA RAM for all devices except dsPIC33FJ32GP302/304, which include 1 Kbyte of DMA RAM.
 2: Only four out of five timers are remappable.
 3: Only two out of three interrupts are remappable.

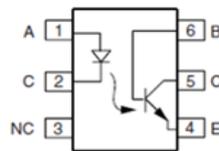
Annexe F : Datasheet - optocoupleur 4N35


4N35, 4N36, 4N37

Vishay Semiconductors

Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection


21842



177004-5

FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V_{RMS}
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC


RoHS
COMPLIANT

APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

DESCRIPTION

Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

AGENCY APPROVALS

- Underwriters laboratory file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO; EN 60065, EN 60335, EN 60950 certificate no. 25156

ORDER INFORMATION	
PART	REMARKS
4N35	CTR > 100 %, DIP-6
4N36	CTR > 100 %, DIP-6
4N37	CTR > 100 %, DIP-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT				
Reverse voltage		V _R	6	V
Forward current		I _F	50	mA
Surge current	t ≤ 10 μs	I _{FSM}	1	A
Power dissipation		P _{diss}	70	mW
OUTPUT				
Collector emitter breakdown voltage		V _{CEO}	70	V
Emitter base breakdown voltage		V _{EBO}	7	V
Collector current		I _C	50	mA
	t ≤ 1 ms	I _C	100	mA
Power dissipation		P _{diss}	70	mW
COUPLER				
Isolation test voltage		V _{ISO}	5000	V _{RMS}
Creepage			≥ 7	mm
Clearance			≥ 7	mm
Isolation thickness between emitter and detector			≥ 0.4	mm

4N35, 4N36, 4N37

Vishay Semiconductors Optocoupler, Phototransistor Output,
with Base Connection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (1)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
COUPLER				
Comparative tracking index	DIN IEC 112/VDE 0303, part 1		175	
Isolation resistance	$V_{IO} = 500 \text{ V}$, $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	R_{IO}	10^{12}	Ω
	$V_{IO} = 500 \text{ V}$, $T_{amb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	R_{IO}	10^{11}	Ω
Storage temperature		T_{stg}	- 55 to + 150	$^\circ\text{C}$
Operating temperature		T_{amb}	- 55 to + 100	$^\circ\text{C}$
Junction temperature		T_J	100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature (2)	max.10 s dip soldering: distance to seating plane $\geq 1.5 \text{ mm}$	T_{sld}	260	$^\circ\text{C}$

Notes

(1) $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.

Stresses in excess of the absolute maximum ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute maximum ratings for extended periods of the time can adversely affect reliability.

(2) Refer to wave profile for soldering conditions for through hole devices (DIP).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (1)							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT							
Junction capacitance	$V_R = 0 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$		C_j		50		pF
Forward voltage (2)	$I_F = 10 \text{ mA}$		V_F		1.3	1.5	V
	$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_{amb} = - 55 \text{ }^\circ\text{C}$		V_F	0.9	1.3	1.7	V
Reverse current (2)	$V_R = 6 \text{ V}$		I_R		0.1	10	μA
Capacitance	$V_R = 0 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$		C_O		25		pF
OUTPUT							
Collector emitter breakdown voltage(2)	$I_C = 1 \text{ mA}$	4N35	BV_{CEO}	30			V
		4N36	BV_{CEO}	30			V
		4N37	BV_{CEO}	30			V
Emitter collector breakdown voltage(2)	$I_E = 100 \text{ } \mu\text{A}$		BV_{ECO}	7			V
OUTPUT							
Collector base breakdown voltage (2)	$I_C = 100 \text{ } \mu\text{A}$, $I_B = 1 \text{ } \mu\text{A}$	4N35	BV_{CBO}	70			V
		4N36	BV_{CBO}	70			V
		4N37	BV_{CBO}	70			V
Collector emitter leakage current (2)	$V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 0$	4N35	I_{CEO}		5	50	nA
		4N36	I_{CEO}		5	50	nA
	$V_{CE} = 30 \text{ V}$, $I_F = 0$, $T_{amb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	4N37	I_{CEO}		5	50	nA
		4N35	I_{CEO}			500	μA
		4N36	I_{CEO}			500	μA
		4N37	I_{CEO}			500	μA
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0$		C_{CE}		6		pF
COUPLER							
Resistance, input output (2)	$V_{IO} = 500 \text{ V}$		R_{IO}	10^{11}			Ω
Capacitance, input output	$f = 1 \text{ MHz}$		C_{IO}		0.6		pF

Notes

(1) $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

(2) Indicates JEDEC registered value.

Amélioration des performances d'acquisition des signaux pour un compteur intelligent

Résumé

L'introduction d'une certaine intelligence dans le réseau de distribution d'électricité comme le compteur intelligent devient un facteur nécessaire dans la vie quotidienne de chacun, car il facilite beaucoup la gestion des réseaux d'électricité et assure un bon équilibre entre l'offre et la demande. Dans notre projet nous avons montré l'importance des compteurs intelligents pour la mesure des informations de consommation. De plus, nous avons parlé en détail des circuits nécessaires pour réaliser un compteur intelligent capable de fournir un nombre élevé d'informations sur la consommation. Pour terminer, nous avons donné une idée sur le calcul de la puissance via un dsPIC de type dsPIC33F128GP802.

Mots clés

Compteur intelligent, Capteur, dsPIC33F, ADC, DMA.

Improvement performs of acquisition signals for a smart Meter

Abstract

The introduction of a certain intelligence in the electricity distribution network as the smart meter becomes a necessary factor in the daily life of everyone, because it greatly facilitates the management of electricity grids and ensures a good balance between supply and demand. In our project we have shown the importance of smart meters for the measurement of consumption information. In addition, we spoke in detail of the circuits necessary to realize a smart meter able to provide a large number of information on consumption. Finally, we gave an idea on the calculation of the power via a dsPIC of type dsPIC33F128GP802.

Keywords

Smart Meter, Sensor, dsPIC33F, ADC, DMA.

تحسين أداء اكتساب الإشارات للعداد الذكي

ملخص

إدخال بعض الذكاء في شبكة توزيع الكهرباء مثل العداد الذكي أصبح عاملاً ضرورياً في الحياة اليومية لكل شخص لأنه يسهل إلى حد كبير إدارة شبكات الكهرباء ويضمن توازن جيد بين العرض والطلب. في مشروعنا هذا نحن نهدف إلى تبين أهمية العدادات الذكية لقياس معلومات الاستهلاك. بالإضافة إلى ذلك، تحدثنا بالتفصيل عن الدارات الكهربائية اللازمة لصناعة عداد ذكي قادر على توفير عدد كبير من المعلومات حول الاستهلاك الكهربائي. أخيراً، أعطينا فكرة حول كيفية حساب الاستطاعة بواسطة المتحكم dsPIC33F128GP802.

الكلمات المفتاحية

عداد ذكي، مستشعر، dsPIC33F، ADC، DMA.