



Conception Et Réalisation D'un Suiveur Solaire

NAIM Houcine^(1,2), YOUBI Souad⁽¹⁾, BENABADJI Noureddine⁽¹⁾, Hassini Abdelatif⁽¹⁾, BOUADI Abed⁽²⁾

(1) Laboratoire d'Analyse et des Applications du Rayonnement (LAAR)

(2) Laboratoire de Mobilisation et d'Optimisation des Systèmes Industriels (LAMOSI)

Département de Physique, Université des Sciences et de Technologie d'Oran (U.S.T.O.)

B.P. 1505, El M'nour, 31024, ORAN, ALGERIE

¹naim.houcine6@gmail.com

³benanour2000@yahoo.com

Abstract— Un système à panneaux solaires photovoltaïques (P.V.) fixes perd une quantité d'énergie pouvant avoisiner les 50% comparé à un système à P.V. motorisé. Dans cet article, nous décrivons la mise au point détaillée d'un dispositif de poursuite automatique du Soleil à bas coût, nécessitant très peu de composants, grâce à l'utilisation d'un microcontrôleur 8-bit doté d'une architecture RISC, facilement programmable en assembleur. Ce microcontrôleur est chargé d'assurer toutes les fonctions prévues dans ce dispositif (contrôle date-heure grâce au module RTCC, real time clock and calendar, gérer par un timer intégré de 16-bit, et manipulation d'une table L.U.T pour extraire les angles azimuth et élévation de la position du Soleil pendant le jour, table établit pour une année complète). Sa faible consommation (< 120 μ A sous 2V, 1MHz) le rend particulièrement recommandé pour la conception et la réalisation de dispositif à grande autonomie d'énergie, en particulier, les produits et accessoires dédiés à la mesure, le contrôle et la régulation dans les diverses domaines de l'énergie solaire

Keywords— Suiveur solaire, panneau photovoltaïque, microcontrôleur, PICmicro, horloge RTCC.

I. INTRODUCTION

Au cours d'une journée ensoleillée, un système bien orienté de 1 kWp peut produire 5,5 kWh d'énergie ; le même système avec suiveur, dans les mêmes conditions d'ensoleillement, peut produire jusqu'à 11 kWh d'énergie [1]. Pour disposer de ce rendement maximal, nous devons connaître la position exacte du soleil et pouvoir prédire sa trajectoire afin de diriger le plan du capteur solaire et minimiser ainsi l'angle d'incidence des rayons solaires.

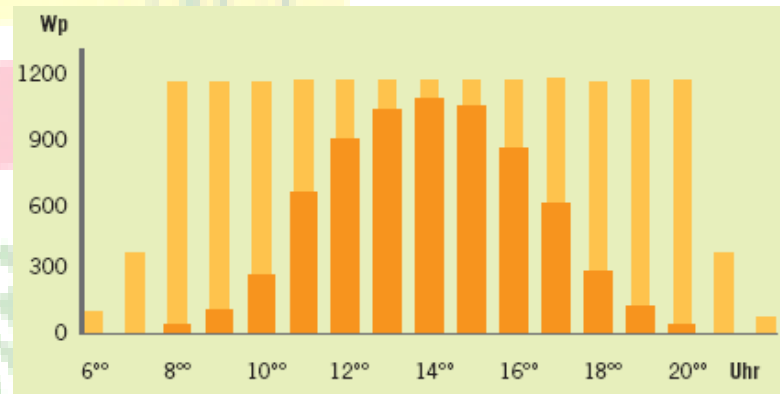


Fig 1. Production d'énergie d'un système à P.V. fixe comparé à celui motorisé.

II. DETERMINATION DE LA POSITION DU SOLEIL

Déterminer la position exacte du soleil revient à calculer ses coordonnées horizontales: les deux angles α et h .

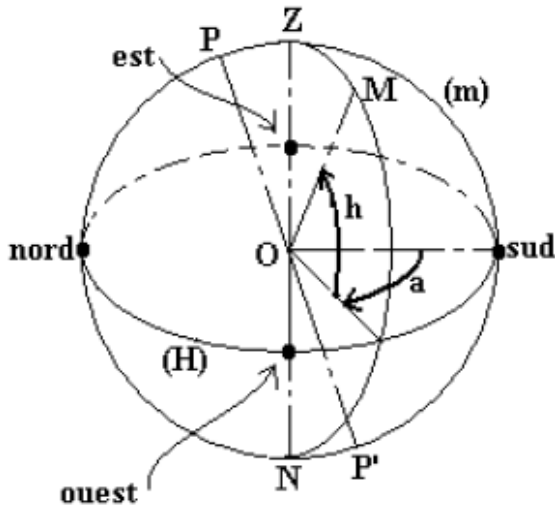


Fig. 2 Définition des angles a et h pour un point M de la voûte céleste.

A. Calcul des angles

La position du soleil est alors calculable en coordonnées horizontales par les formules suivantes :

$$\begin{cases} \sin a \cosh = \sin H \cos \delta \\ \cos a \cosh = \cos H \cos \delta \sin \varphi - \sin \delta \cos \varphi \\ \sin h = \cos H \cos \delta \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi \end{cases}$$

On a calculé, sous Excel, les angles azimut (a) et élévation du soleil (h) durant toute une journée, de 06 :00 à 18 :00 GMT, avec un pas de 12 minutes, et pour différentes valeurs du numéro du jour N (N variant de 1 à 365, par pas de 23 jours). Pour un lieu et un jour donné (φ , λ et N fixés), et pour diverses valeurs de l'angle horaire H, on obtient les valeurs de a et h sous forme de tableau de 61 éléments pour chaque paramètre.

B. Algorithme pour déterminer la position du soleil

Les étapes principales sont :

- Préciser le lieu : donner les coordonnées géographiques (longitude, latitude)
- (dans le cas de la ville d'Oran : latitude = 35.38° N, longitude = -0.37° W)
- Choisir la date et définir l'intervalle du temps.
- Calcul de l'équation du temps $E_t(N)$
- Calcul du temps solaire vrai TSV
- Calcul des coordonnées horaires (angle horaire (H) et la déclinaison $\delta(N)$)

- Calcul des coordonnées horizontales (azimut, zénith=élévation)
- Conversion des valeurs réelles de a et h en entier AZ et EL
- Calcul des écarts successifs : delta AZ et delta EL

III. MISE AU POINT DU DISPOSITIF ELECTRONIQUE

Le dispositif électronique suivant est réalisé à base d'un PIC16F716 [2] qui est le microcontrôleur 8-bit le moins chère de la gamme mid-range de la société MICROCHIP. Ce montage fournit en temps réel des informations sur la position du Soleil durant la journée, en fonction du temps, par rapport à la ville d'Oran. Ces informations (azimuth et élévation du Soleil durant une année), stockées dans la mémoire FlashROM du PIC, sont visualisées sur un afficheur LCD 2x16 caractères, et traduites sous forme de protocole DiSEqC v1.2 pour le pilotage d'un positionneur numérique. L'intérêt d'utiliser un moteur positionneur compatible DiSEqC v1.2 est de pouvoir bénéficier d'une précision angulaire inférieure à 1° , sans faire appel à un moteur pas à pas, très coûteux.

IV. DESCRIPTION HARDWARE

Le synoptique suivant indique les principaux modules de ce montage: un microcontrôleur 8-bit (PIC16F716), un module afficheur LCD 2x16 caractères, un clavier de 3 boutons poussoirs, un étage tampon pour le pilotage du positionneur numérique et enfin la section alimentation composée d'un régulateur série discret pour alimenter l'ensemble.

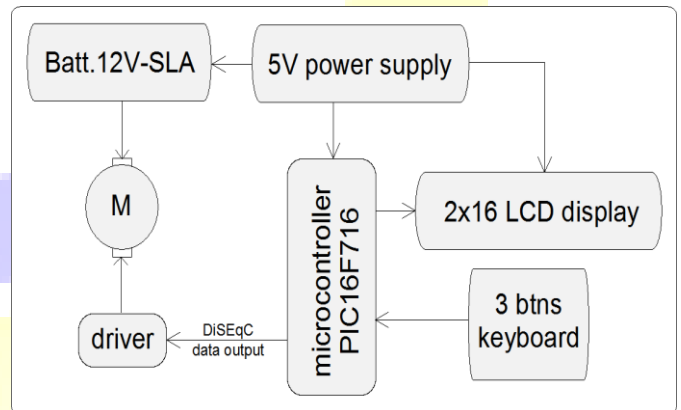


Fig. 3 Synoptique du montage réalisé.

A. Le microcontrôleur 8-bit (PIC16F716)

Il s'agit d'un microcontrôleur 8-bit de la gamme mid-range de la société américaine Microchip, devenu leader mondial dans cette catégorie de composants numériques programmables. Il est doté d'une architecture RISC, dont les

performances en vitesse d'exécution et taux d'occupation mémoire sont bien meilleurs que l'ancienne architecture CISC (exemple : Motorola 68705 ou Intel 8051). Il est alimenté par une tension de +5V. Ce choix a été plutôt imposé par la présence de l'afficheur LCD qui ne peut pas être fonctionnel en dehors d'une marge étroite autour de +5V (+/- 5%). Ce PIC16F716 est cadencé par une horloge principale de 4 MHz, nécessaire au fonctionnement de ce microcontrôleur (une instruction est exécutée en 1 μ s), et d'une horloge secondaire de 32768 Hz nécessaire au fonctionnement du module RTCC (Real Time Clock and Calendar)

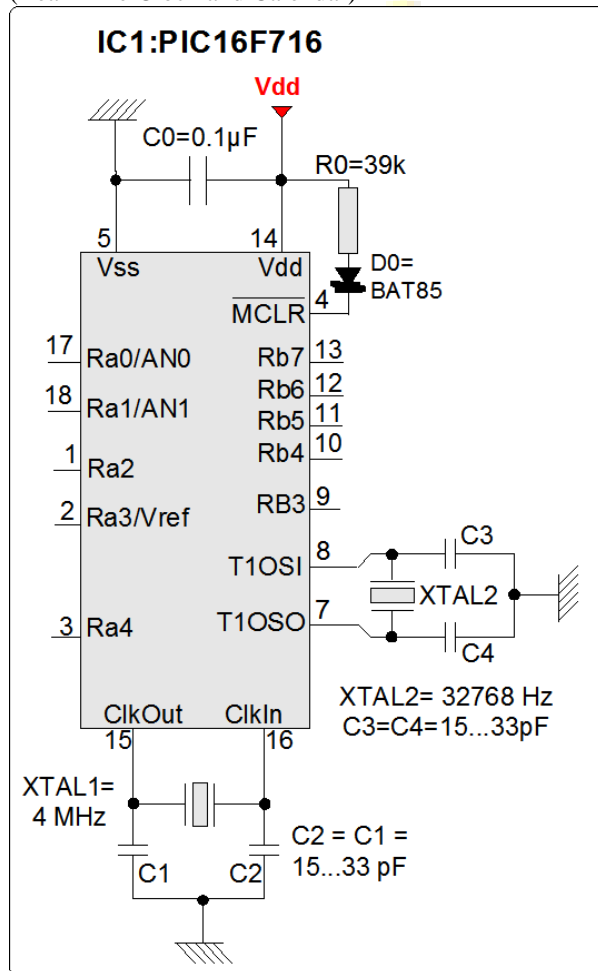


Fig.4 Circuit du PIC16F716, avec ses deux quartz

B. Le module afficheur LCD 2x16 caractères :

Un module afficheur LCD 2x16 caractères [3] nécessite au minimum 10 lignes I/O (entrées/sorties) de la part du PIC, en mode 8-bit, ou seulement 6 lignes I/O en mode 4-bit. Ce dernier mode a été donc choisi pour minimiser le nombre de lignes I/O. Nous avons davantage réduit ce minimum à 5 lignes seulement [4] :

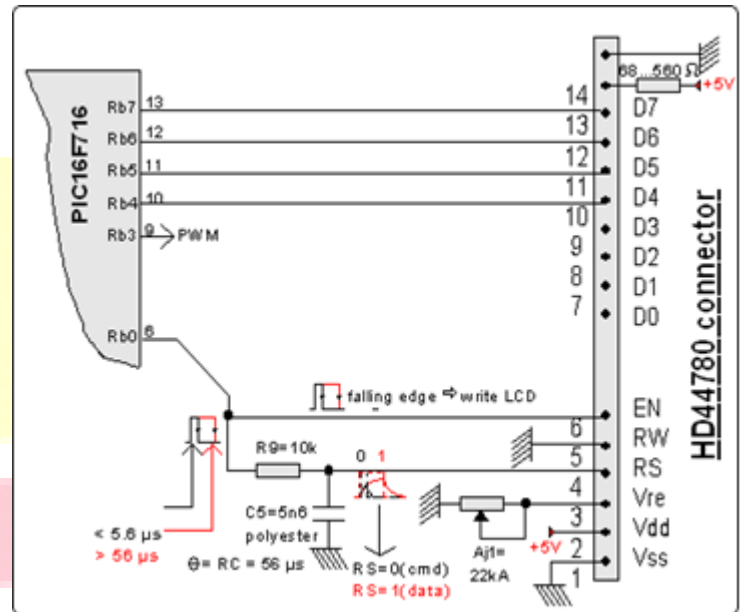


Fig. 5 Module afficheur LCD en mode 4-bit, mais utilisant seulement 5 lignes I/O depuis le microcontrôleur.

C. Le clavier de 3 boutons poussoirs :

Le clavier rudimentaire est composé de trois mini boutons poussoirs seulement : un pour incrémenter, un pour décrémenter, et un pour passer à la fonction suivante. Ce minimum indispensable a été dictée essentiellement pour le réglage de l'horloge-calendrier RTCC (Real Time Clock and Calendar) ; ce programme supplémentaire a été rajouté pour des impératifs de consultation quotidienne de la position du Soleil en azimuth et élévation (durant une année).

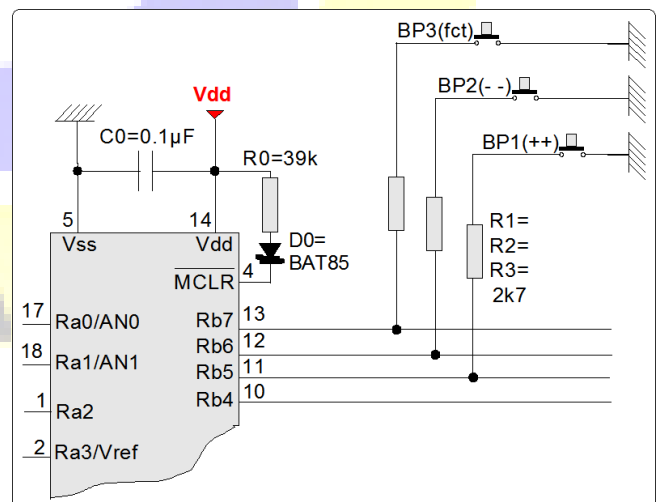


Fig. 6 Clavier de 3 mini boutons poussoirs.



D. L'étage tampon pilote du moteur positionneur :

Cet étage permet le pilotage du positionneur numérique, à travers un transistor bipolaire tampon, qui permet de translater le niveau de tension de sortie du PIC (limité à +5V) vers un niveau de tension requis par ce moteur (+13V +/- 5%) si le mode lent est utilisé, ou (+18V +/- 5%) si le mode rapide est utilisé. Le PIC génère la fréquence de 22 kHz grâce à la routine assembleur emit22kHz dans laquelle est calculé avec précision la durée ON de l'état haut et la durée OFF de l'état bas d'une période T : (ON=23 µs, OFF=22 µs, T=45 µs). Les messages compatibles DiSEqC v1.2 ont été extraits du document [5] [6] [7] [8] d'EUTELSAT.

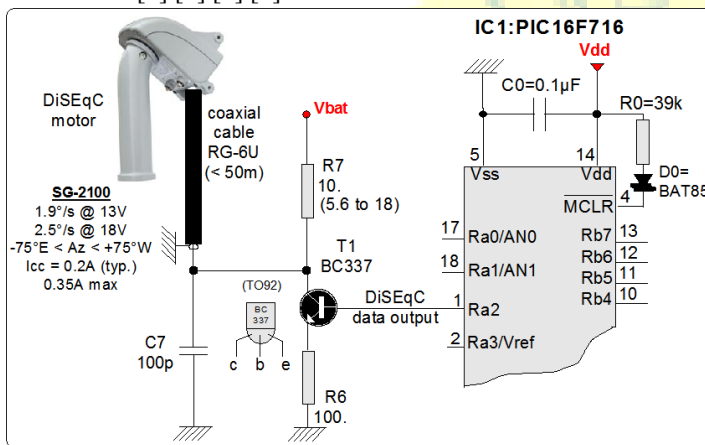


Fig. 7 Circuit tampon pour le pilotage du positionneur numérique.

E. La section alimentation :

La section alimentation est composée d'un double régulateurs série discret :

La section alimentation est composée d'un double régulateurs série discret : Le premier (ballast T31) est destiné à abaisser à 13.8V, la tension typique de 17V fournie par un P.V. de 12V, afin de maintenir la batterie interne au dispositif à sa pleine charge ; Le second (ballast T20) est nécessaire pour fournir une tension stable de 5V aux circuits actifs (microcontrôleur et afficheur LCD). Cette solution discrète a été préférée au classique régulateur intégré 78L05 [9], afin de minimiser le courant de polarisation (0.6 mA au lieu de 5 mA).

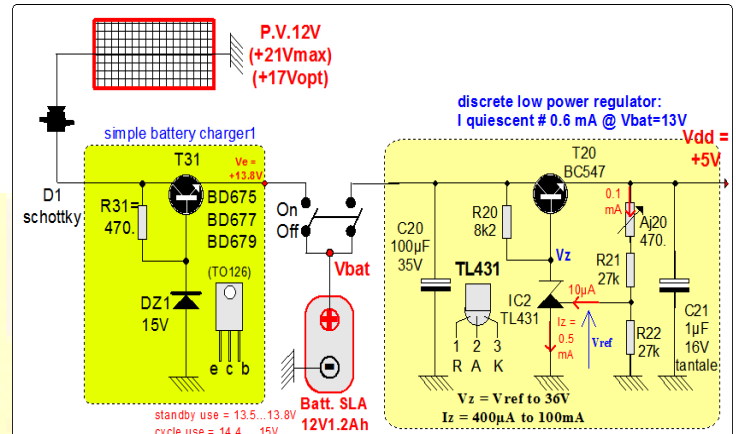


Fig. 8 Section alimentation à double régulateurs série discret.

V. DESCRIPTION FIRMWARE

Le tableau de stockage de la position du Soleil (AZ : azimuth et EL : élévation) a été relevé toutes les 12 minutes pour une année, sur un tableau (EXCEL), et nécessite une capacité mémoire de 1 Ko. Le PIC 16F716 a un espace mémoire FlashROM de 2 Kilo octets : le 1er Ko a été réservé pour le programme assembleur (sous MPLAB v7.52 [10]), et le second pour le tableau.

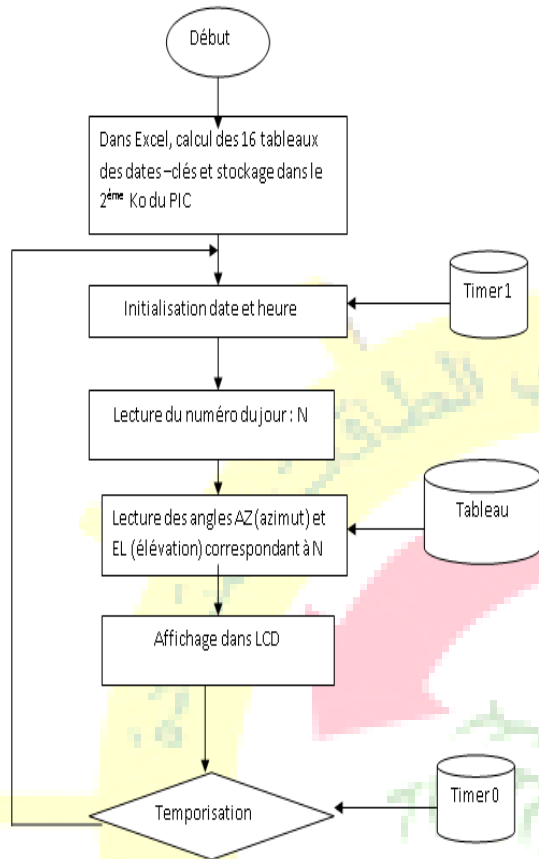


Fig. 9 Organigramme fonctionnel du programme assembleur.

VI. CONCLUSION

Le dispositif décrit dans cet article se veut être d'un coût très abordable, utilisant un nombre de composants très limités, facilement disponibles et occupant un espace très restreint,

afin de l'intégrer facilement dans un système complet de tracking solaire, à base de moteur positionneur compatible DiSEqC 1.2. Cette 1^{ère} version est utile seulement pour la ville d'Oran (coordonnées enregistrées : latitude=35°37N, longitude=0°39W). Une extension est facilement envisageable pour d'autres villes, en rajoutant une mémoire EEPROM externe d'au moins 1Ko (genre 24LC08) dans laquelle seront stockés les 16 tableaux des valeurs AZ (azimuth) et EL (élévation) de la position de Soleil au cours d'une journée (de 06h00 GMT à 18h00 GMT) pour une année, à recalculer dans Excel.

REFERENCES

- [1] site web: www.aenergy.fr
- [2] PIC16F716 datasheet, DS41206B : 8-bit flash-based microcontroller with A/D converter and enhanced capture/compare/pmw, MICROCHIP, 2007
- [3] Noureddine BENABADJI, Microcontroller drives LCD with just one wire, EDN, electronic design network, December 03, 2007
- [4] Niven, Rex, RC low pass filter expands microcontroller's output port, EDN, electronic design network, June 21, 2007
- [5] DiSEqC Bus functional specification, version 4.2, EUTELSAT, February 25, 1998
- [6] DiSEqC Positioner Application Note, version 1.0, EUTELSAT, March 15, 1998
- [7] DiSEqC Applications Information For Using a PIC Microcontroller in DiSEqC And Simple Switcher, version 1.0, EUTELSAT, June 01, 1999
- [8] DiSEqC Monitor : PIC listens in on satellite receiver control bus, ELEKTOR ELECTRONICS, 9 / 2006
- [9] 78L05 positive voltage regulator data book, p.2-157 à 2-162, TEXAS INSTRUMENTS, 1984
- [10] MPLAB v7.52, integrated development environment assembler software, MICROCHIP, 2006