ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Θέμα:
Συσκευή ανίχνευσης της θέσης του ήλιου με κίνηση σε δύο άξονες

Σπουδαστής : Ναθαναηλίδης Αναστάσιος

Επιβλέπων καθηγητής: Χατζάκης Ιωάννης

Νοέμβρης 2009

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγικά.....σελ.3

2.Ορισμένα θεωρητικά δεδομένα για τον υπολογισμό της θέσης του ήλιου.....σελ.4

3.Περιγραφή της κατασκευής.....σελ.6

3.1.Το μηχανικό μέρος.....σελ.6

3.2. Το ηλεκτρονικό μέρος.....σελ.7

4.Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.....σελ.8

4.1 Ο μικροελεγκτής DS89C50.....σελ.9

4.2. Το Real Time Clock DS1305.....σελ.10

4.3. Η επικοινωνία με τον υπολογιστή.....σελ.11

5.Μονάδα αισθητήρων θέσης.....σελ.12

6. Μονάδα φωτο-αισθητήρα ανίχνευσης της θέσης του ήλιου.....σελ.13

7.Η μονάδα οδήγησης βηματικών κινητήρων.....σελ.15

8.Η μονάδα τροφοδοσίας (Power Supply).....σελ.17

9.Η μονάδα χειρισμού του συστήματος και απεικόνισης δεδομένων.....σελ.18

10. Συμπερασματικά.....σελ.19

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η κατασκευή ενός συστήματος οδήγησης βηματικών κινητήρων το οποίο θα προσανατολίζει ένα φωτοβολταϊκό πάνελ σε θέση κάθετη στις ακτίνες του ήλιου, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το σύστημα πρέπει να έχει θετική ενεργειακή απόδοση (αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια / ενέργεια που καταναλώνεται) και μάλιστα μεγαλύτερη από αυτήν που μπορούμε να έχουμε από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ με σταθερό προσανατολισμό.

Το σύστημα ανίχνευσης του ήλιου (Sun Tracking System) που κατασκευάστηκε υπολογίζει θεωρητικά την θέση του ήλιου ανά τακτά χρονικά διαστήματα και οδηγεί μέσω δύο βηματικών κινητήρων το φωτοβολταϊκό πάνελ στη θέση αυτή. Στη συνέχεια διορθώνει τυχόν παρεκκλίσεις με την βοήθεια ενός φωτοαισθητήρα για να επιτύχει την ακριβή θέση.

Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί είτε μόνο με βάση τον θεωρητικό υπολογισμό της θέσης του ήλιου είτε μόνο με το φωτοαισθητήρα ενώ υπάρχει και η επιλογή για μετακίνηση σε συγκεκριμένη θέση που θέλει ο χρήστης. Η κίνηση πραγματοποιείται διαδοχικά σε δύο άξονες.

1.Εισαγωγή

Η ανάγκη για την κατασκευή στρεφόμενου φωτοβολταϊκού πάνελ ξεκινάει από την προσπάθεια για την όσο γίνεται μεγαλύτερη αξιοποίηση της τεράστιας δεξαμενής ενέργειας που λέγεται ήλιος.

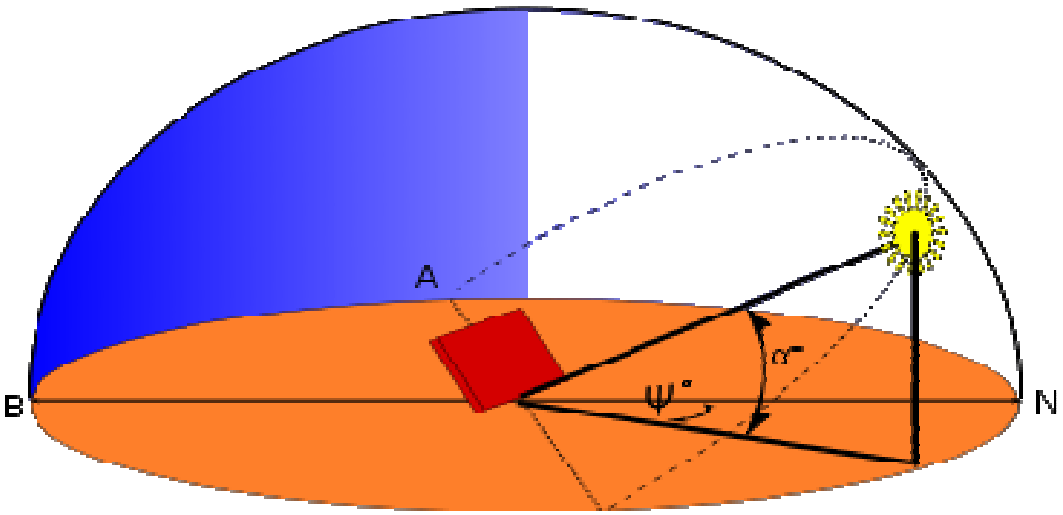
Τα πάνελ που ακολουθούν την πορεία του ήλιου μπορούν να αποδώσουν μέχρι και 33% περισσότερη ενέργεια από ότι τα σταθερά πάνελ.

Ήδη έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι, μηχανισμοί και κυκλώματα που επιτυγχάνουν την ανίχνευση της θέσης του ήλιου. Από τους τρόπους αυτούς επιλέχτηκε σε αυτήν την εργασία ο συνδυασμός δυο βασικών μεθόδων. Του θεωρητικού υπολογισμού με βάση τη γεωμετρία του ήλιου και τον υπολογισμό με βάση φωτοαισθητήρα. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων έρχεται να επικαλύψει δυσλειτουργίες και λάθη που μπορούν να γίνουν μεμονωμένα σε κάθε ένα τρόπο ξεχωριστά.

Για παράδειγμα τις θεωρητικές αποκλίσεις από τον υπολογισμό της θέσης του ήλιου μπορεί να τις διορθώσει ο αισθητήρας αλλά και την αντικειμενική δυσλειτουργία του αισθητήρα σε μη ηλιόλουστες , με συννεφιά μέρες να την καλύψει ο θεωρητικός υπολογισμός της ζητούμενης θέσης.

2.Ορισμένα θεωρητικά δεδομένα για τον υπολογισμό της θέσης του ήλιου

Για να μπορέσουμε να προσανατολίσουμε μια επίπεδη επιφάνεια κάθετα στις ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να γνωρίζουμε δύο δεδομένα: Τη γωνία αζιμουθίου του ήλιου και τη γωνία ύψους του ήλιου.



Ε.1

- Γωνία Αζιμουθίου του ήλιου (Ψ) ονομάζουμε τη γωνία που σχηματίζουν η προβολή των ηλιακών ακτίνων στο οριζόντιο επίπεδο με την κατεύθυνση του Νότου.

- Γωνία ύψους του ήλιου (α) είναι η γωνία μεταξύ των ηλιακών ακτίνων και του οριζόντιου επιπέδου

Οι μαθηματικές σχέσεις που προσδιορίζουν τις γωνίες αυτές δίνονται παρακάτω:
Γωνία αζιμουθίου του ήλιου:

$$\sin(\Psi) = \cos(\delta)\,\frac{\sin(\omega)}{\cos(\alpha)} \qquad \text{εξ.(1)}$$

όπου

δ: η ηλιακή απόκλιση
ω: η γωνία ώρας

Η **ηλιακή απόκλιση (δ)** είναι η γωνιακή απόσταση των ηλιακών ακτίνων βόρεια ή νότια του Ισημερινού και δίνεται από τη σχέση:

$$\delta = 23{,}45\cos\left[\frac{360}{365}(284+n)\right]$$

όπου n: η νιοστή μέρα του χρόνου (π.χ. 2/2=33)

Γωνία ώρας (ω) ενός σημείου στην επιφάνεια της γης είναι η γωνία κατά την οποία πρέπει να περιστραφεί ο μεσημβρινός του συγκεκριμένου σημείου για να γίνει παράλληλος με τις ακτίνες του ήλιου.

$$\omega = (Lst - 12)\ \frac{15^o}{60'}$$

όπου

Lst: η τοπική ηλιακή ώρα και δίνεται από τη σχέση:

$$Lst = lt + \frac{60'}{15^o}\ (Lstd + Lloc) + E - DT$$

όπου

lt: η τοπική αστική ώρα

Lstd: το γεωγραφικό μήκος του μεσημβρινού αναφοράς της τοπικής ώρας (Greenwich)

Lloc: Το γεωγραφικό μήκος της τοπικής περιοχής

E: Η εξίσωση του χρόνου: $E = 9.87\sin(2b) - 7.53\cos(b) - 1.5\sin(b)$ με $b = 360\ \frac{(n-81)}{364}$

DT: Είναι μονάδα όταν η μέρα είναι πιο μεγάλη από τη νύχτα. Διαφορετικά είναι μηδέν.

Γωνία ύψους του ήλιου α:

$$\mathbf{\sin(a) = \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(\omega)} \qquad \text{εξ.(2)}$$

όπου

φ: το γεωγραφικό πλάτος

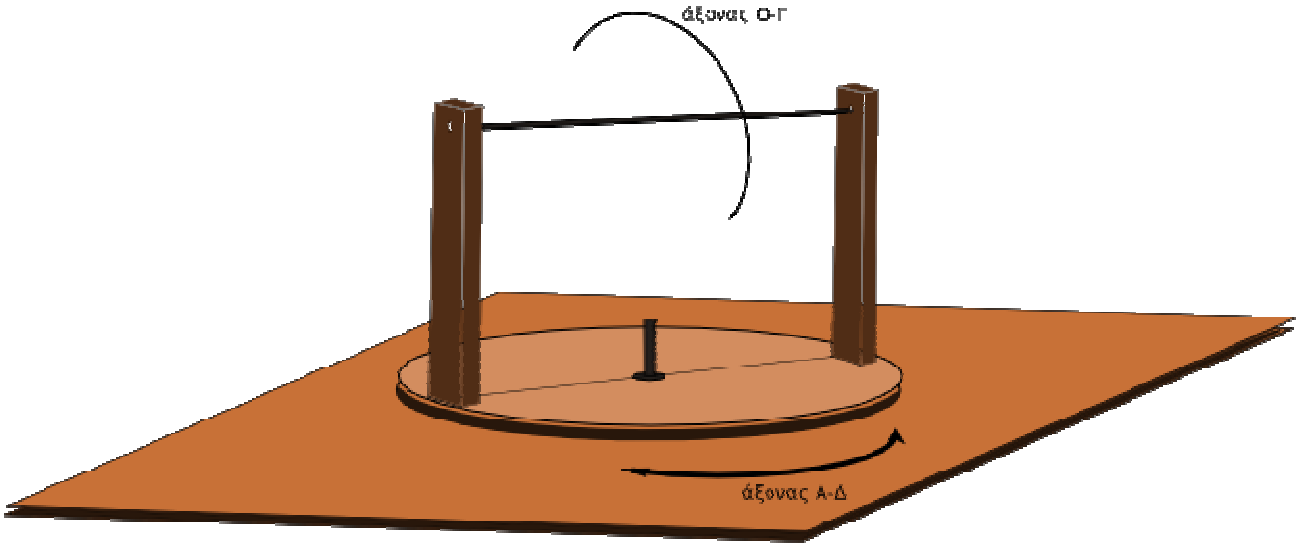
δ: η ηλιακή απόκλιση

ω: γωνία ώρας

3.Περιγραφή της κατασκευής

3.1Το μηχανικό μέρος

Το STS προκαλεί κίνηση σε δύο άξονες. Ο ένας είναι ο άξονας Ανατολή – Δύση και ο άλλος Ουρανός-Γη. Για να έχουμε κίνηση στους προαναφερόμενους άξονες επιλέχτηκε η παρακάτω διάταξη.(Ε.2)

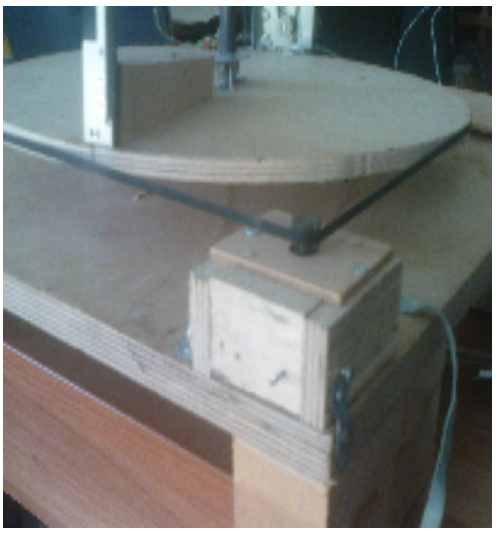


Ε.2

Ένας οριζόντια περιστρεφόμενος δίσκος που πραγματοποιεί την κίνηση Α-Δ ,πάνω στον οποίο βρίσκεται ένα οριζόντιος άξονας που πραγματοποιεί την κίνηση Ο-Γ. Τον δίσκο και τον άξονα τους κινούν δύο διπολικοί βηματικοί κινητήρες με βήμα 7.5^{o}. Η κίνηση μεταδίδεται με ιμάντες όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (Ε3:κίνηση στον κάθετο άξονα και Ε4:κίνηση στον οριζόντιο άξονα)



Ε.3



Ε.4

3.2Το ηλεκτρονικό μέρος

Το ηλεκτρονικό κομμάτι της κατασκευής χωρίζεται σε 6 βασικές μονάδες:
α. Την "**κεντρική μονάδα επεξεργασίας**" στην οποία πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων και ο έλεγχος των περιφερειακών μονάδων.

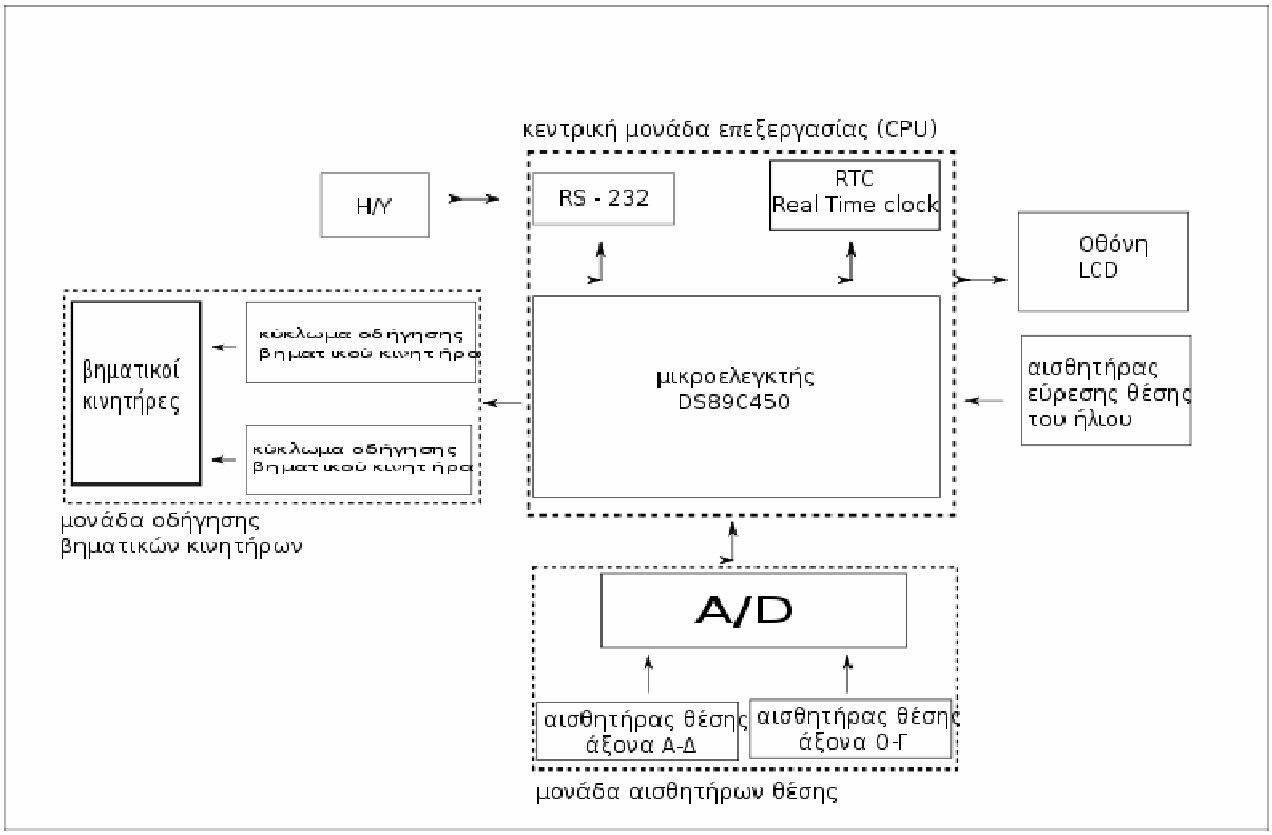
β. Η "**μονάδα των αισθητήρων θέσης**" όπου συγκεντρώνει την πληροφορία από τους αισθητήρες για την ακριβή θέση που βρίσκονται οι δύο άξονες κίνησης ανά πάσα στιγμή και την στέλνει στην κεντρική μονάδα για επεξεργασία.

γ. Η "**μονάδα του φωτο-αισθητήρα ανίχνευσης της θέσης του ήλιου**" η οποία στέλνει την πληροφορία για την ακριβή θέση του ήλιου στην κεντρική μονάδα.

δ. Η "**μονάδα οδήγησης βηματικών κινητήρων**" που στρέφει στην επιθυμητή θέση κάθε φορά το φωτοβολταϊκό πάνελ.

ε. Η "**μονάδα παροχής ενέργειας του συστήματος**" που τροφοδοτεί με τις κατάλληλες τάσεις και ρεύματα το όλο σύστημα για τη σωστή λειτουργία του.

στ. Η "**μονάδα χειρισμού της λειτουργίας του συστήματος και απεικόνισης δεδομένων**" μέσω της οποίας ορίζει ο χρήστης την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος και αντλεί πληροφορίες γι αυτή.



Ε.5 (Το blog διάγραμμα λειτουργίας της συσκευής)

4.Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας αποτελεί τον εγκέφαλο του συστήματος. Βασίζεται στον μικροελεγκτή DS89C450 της Maxim. Διατελεί τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:

Α. Υπολογισμός της θέσης του ήλιου μέσω των εξισώσεων κίνησής του και κίνηση του συστήματος σε αυτές τις συντεταγμένες με τα παρακάτω βήματα:

- Αντλεί τις πληροφορίες για τον τρέχον χρόνο (έτος,μήνας, μέρα, ώρα, λεπτά) από το Real Time Clock (RTC) DS1305 της Maxim που βρίσκεται σ' αυτήν την βαθμίδα.
- Στην συνέχεια τις αξιοποιεί για να υπολογίσει τις λύσεις των μαθηματικών εξισώσεων που διέπουν την κίνηση της τροχιάς του ήλιου ανά χρονικά διαστήματα που ορίζει ο χρήστης και βρίσκει για αυτές τις χρονικές στιγμές την ακριβή θέση του ήλιου.
  Αυτή η θέση περιγράφεται από τις γωνίες που περιγράψαμε προηγούμενο κεφάλαιο και αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες θέσεις των δύο αξόνων Α-Δ και Ο-Γ. Αυτές οι θέσεις αποτελούν τις συντεταγμένες που πρέπει να πάρει το επίπεδο του φωτοβολταϊκού πάνελ για να είναι κάθετο στις ακτίνες του ήλιου.
- Διαβάζει την τρέχουσα θέση των δύο αξόνων μέσω των πληροφοριών που αντλεί από τους αισθητήρες θέσεις των αξόνων και στη συνέχεια την συγκρίνει με αυτήν που υπολόγισε ως θέση του ήλιου.
- Δίνει τα αντίστοιχα σήματα στο σύστημα οδήγησης των διπολικών βηματικών κινητήρων έτσι ώστε το σύστημα να κινηθεί καταλαμβάνοντας τις συντεταγμένες που ορίζουν την επιθυμητή θέση απέναντι στον ήλιο.

Β. Υπολογισμός της θέσης του ήλιου μέσω φωτο-αισθητήρα και κίνηση του συστήματος στις ίδιες συντεταγμένες. Σ' αυτή την κατάσταση ο μικροελεγκτής διαβάζει συνεχώς τα σήματα του φωτο-αισθητήρα και για όσο διάστημα αυτά δηλώνουν ότι οι συντεταγμένες του συστήματος δεν είναι οι επιθυμητές στέλνει τα ανάλογα σήματα στον οδηγό των βηματικών κινητήρων.

Γ. Ελέγχει με ανάλογα σήματα την κίνηση των βηματικών κινητήρων . Επίσης το ενεργοποιεί μόνο όταν υπάρχει κατάσταση κίνησης και το απενεργοποιεί σε συνθήκες αναμονής για εξοικονόμηση ενέργειας.

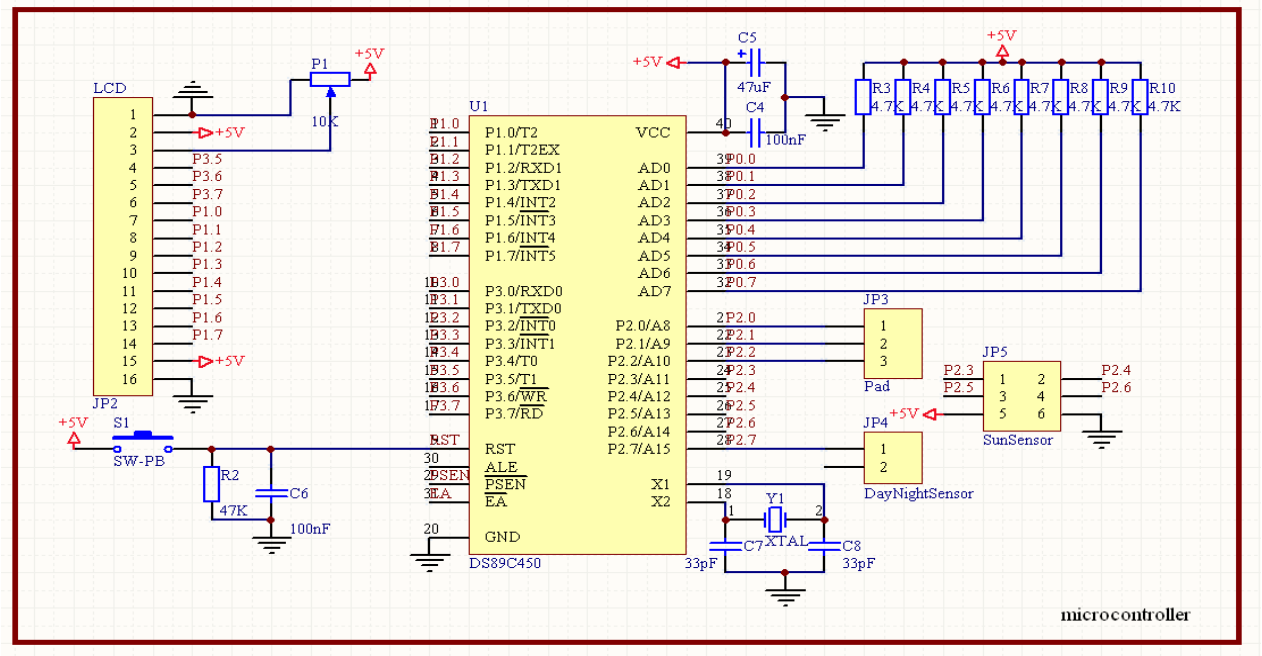
Δ. Υπολογίζει βάση των εξισώσεων κίνησης του ήλιου και των συντεταγμένων του τόπου που βρίσκεται το σύστημα, την ακριβή ώρα δύσης και ανατολής του ήλιου για κάθε μέρα. Οπότε γι αυτό το χρονικό διάστημα(νύχτα) ο μικροελεγκτής θέτει το όλο σύστημα εκτός λειτουργίας για εξοικονόμηση ενέργειας.

Ε. Διαμορφώνει ένα κατάλογο (menu) το οποίο επιτρέπει μέσω μιας οθόνης υγρών κρυστάλλων και δυο πλήκτρων (push-buttons) να εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για την σωστή λειτουργία του συστήματος (ημερομηνία και ώρα, συντεταγμένες τοποθεσίας που βρίσκεται το σύστημα, επιλογή κατάστασης λειτουργίας του συστήματος(mode)) καθώς επίσης και απεικόνιση των πληροφοριών όπως τις συντεταγμένες του ήλιου(αντίστοιχες γωνίες), την ώρα ανατολής και δύσης κτλ).

Ζ. Επικοινωνεί με τον Η/Υ μέσω σειριακής θύρας RS-232 έχοντας έτσι την δυνατότητα για τον απευθείας επαναπρογραμματισμό του μικροελεγκτή αλλά και τον ενδεχόμενο μελλοντικό έλεγχο του συστήματος μέσω κατάλληλου λογισμικού.

4.1 Ο μικροελεγκτής DS89C50

Παρακάτω φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος του DS89C450.



E.6

Ο μικροελεγκτής χρονίζεται με κρύσταλλο των 11.0592MHz.

Η σύνδεση κάθε πόρτας εξηγείται παρακάτω:

Πόρτα 0 (P0)	**Πόρτα 1 (P1)**
P0.0:SCLK MAX187 (1&2)	P1.0: LCD Data
P0.1:DOUT MAX187 (1&2)	P1.1: LCD Data
P0.2:CS1 MAX187 (1)	P1.2: LCD Data
P0.3:CS2 MAX187 (2)	P1.3: LCD Data
P0.4:ENABLE motor1 or 2	P1.4: LCD Data
P0.5:ENABLE Stepper motor driving circuit	P1.5: LCD Data
P0.6:CLK L297	P1.6: LCD Data
P0.7:CW/CCW L297	P1.7: LCD Data

Πόρτα 2 (P2)	**Πόρτα 3 (P3)**
P2.0:Keypad	P3.0: CE RTC / RS232
P2.1:Keypad	P3.1: SCKLC RTC / RS232
P2.2:Keypad	P3.2: INT1b RTC
P2.3:Sunsesndor	P3.3: SDI_O RTC
P2.4:Sunsesndor	P3.4: INT0b RTC
P2.5:Sunsesndor	P3.5: LCD Control
P2.6:Sunsesndor	P3.6: LCD Control
P2.7:DayNightSensor	P3.7: LCD Control

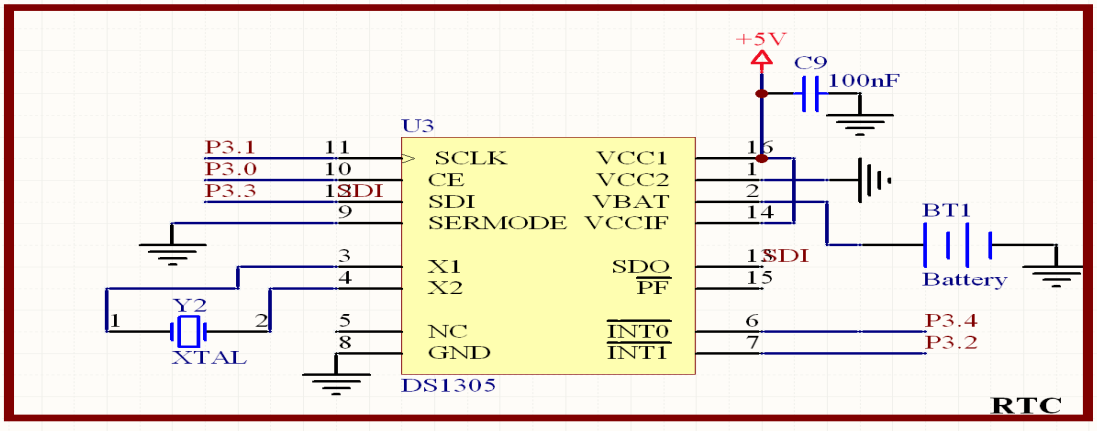
4.2To Real Time Clock DS1305

Το DS1305 χρονίζεται από κρύσταλλο 32.768kHz. Επικοινωνεί με 3-wire πρωτόκολλο με τον μικροελεγκτή ενώ με τη βοήθεια της μπαταρίας εξακολουθεί να λειτουργεί και να κρατάει τα δεδομένα του χρόνου και όταν το σύστημα είναι εκτός λειτουργίας. Τέλος διαθέτει δύο interrupts τα οποία αξιοποιούνται ως εξής:

Το RTC έχει δύο καταχωρητές για alarm. Όταν η ένδειξη του ρολογιού ταυτιστεί με την ένδειξη ενός από τους καταχωρητές τότε ενεργοποιείται το αντίστοιχο interrupt. Τους καταχωρητές αυτούς τους "φορτώνει" ο μικροελεγκτής.

Τον πρώτο, που αντιστοιχεί στο INT0, τον "φορτώνει" με την επόμενη χρονική στιγμή που θέλουμε στο σύστημα να ελέγξει το προσανατολισμό που έχει σε σχέση με τον ήλιο για να προχωρήσει σε διορθώσεις. Αυτό το ορίζει ο χρήστης στο αρχικό setup όπου επιλέγει ανά πιο χρονικό διάστημα θα κάνει αυτόν τον έλεγχο.

Τον δεύτερο, που αντιστοιχεί στο INT1 τον "φορτώνει" με την ώρα της ανατολής του ήλιου όπου το RTC θα αναλάβει να ενεργοποιήσει τον μικροελεγκτή ή την ώρα δύσης του ήλιου όπου το ίδιο interrupt θα δώσει σήμα στον μικροελεγκτή να πέσει σε κατάσταση "ύπνου".

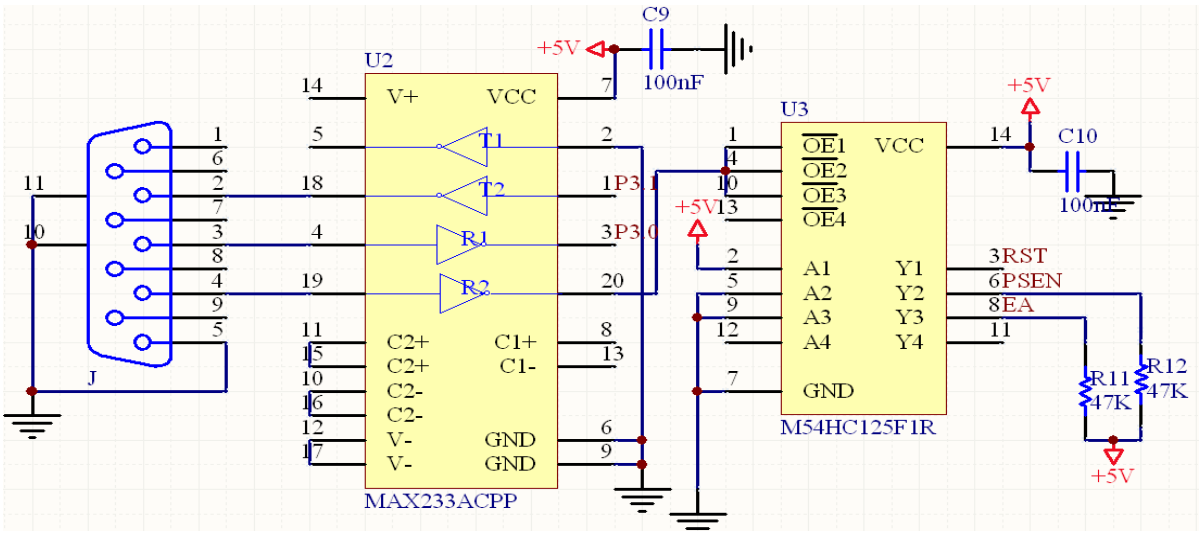


E.7

4.3 Η επικοινωνία με τον υπολογιστή

Η επικοινωνία με τον υπολογιστή γίνεται μέσω μιας σειριακής θύρας. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται για να είναι εφικτός άμεσα ο επαναπρογραμματισμός (διορθώσεις, βελτιώσεις, προσθέσεις) χωρίς να χρειάζεται να αφαιρεθεί ο μικροελεγκτής από την πλακέτα.

Το hardware της σειριακής επικοινωνίας το αποτελεί το ολοκληρωμένο MAX233 το οποίο διαμορφώνει τα κατάλληλα επίπεδα τάσης και σε συνδυασμό με το software του μικροελεγκτή τα απαραίτητα σήματα για τη σειριακή μετάδοση και αποστολή δεδομένων.



5.Μονάδα αισθητήρων θέσης

Η μονάδα αυτή αποτελείται από δύο γραμμικά ποτενσιόμετρα με περιστρεφόμενο άξονα τα οποία αποτελούν τους αισθητήρες θέσης και δύο μετατροπείς σήματος αναλογικού σε ψηφιακό (A/D) οι οποίοι αναλαμβάνουν να τροφοδοτήσουν τον μικροελεγκτή με την τάση στα άκρα κάθε αισθητήρα σε ψηφιακή μορφή για επεξεργασία.

Πιο συγκεκριμένα:

Σε κάθε άξονα κίνησης "εφάπτονται" και οι άξονες των δύο πετενσιόμετρων, έτσι ώστε κάθε μετακίνηση στον άξονα π.χ. Α-Δ να μετακινεί ανάλογα και το δρομέα του πρώτου ποτενσιόμετρου. Στα άκρα του διαμορφώνεται μια πτώση τάσης ανάλογη της γωνίας περιστροφής του δίσκου. Το ίδιο συμβαίνει και με το δεύτερο ποτενσιόμετρο. Υπάρχει δηλαδή μια αντιστοιχία της γωνίας περιστροφής με την πτώση τάσης στα άκρα του ποτενσιόμετρου.

Αυτή η αναλογία πειραματικά βρέθηκε ότι εκφράζεται από την εξίσωση:

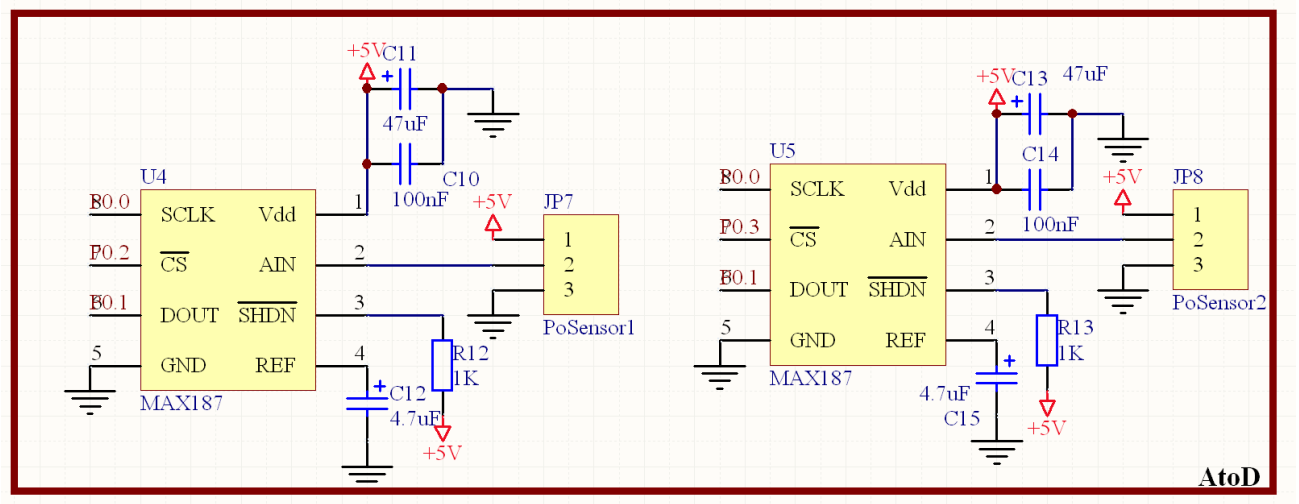
$\Phi^o = V_{αισ.} * 0.25 - 360^o$

Φ^o :η γωνία περιστροφής του άξονα

$V_{αισ.}$: η πτώση τάσης στα άκρα του αισθητήρα

Στην κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν δύο ποτενσιόμετρα των 5k τα οποία τροφοδοτούνται με τάση 5V.

Για την μετατροπή από αναλογικού σε ψηφιακό χρησιμοποιούμε δύο MAX187 τα οποία επικοινωνούν με τον μικροελεγκτή με 3-wire πρωτόκολλο.



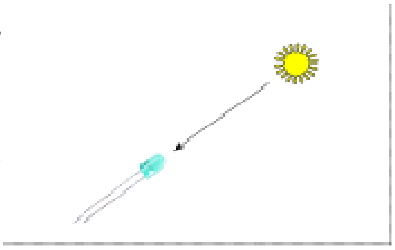
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σχηματικό κύκλωμα της μονάδας αισθητήρων θέσης:

Ε.9

Χρησιμοποιούμε κοινά σήματα και για τα δύο ολοκληρωμένα (τα SCLK και DOUT) με το μικροελεγκτή. Ο τελευταίος ενεργοποιεί όταν χρειάζεται κάθε φορά μέσω του σήματος ελέγχου CS το ολοκληρωμένο που θέλουμε να δώσει τα δεδομένα της θέσης του αισθητήρα.

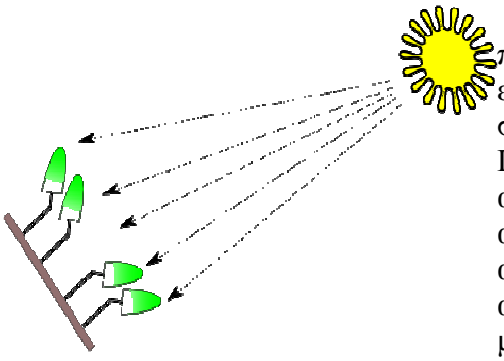
6. Μονάδα φωτο-αισθητήρα ανίχνευσης της θέσης του ήλιου

Για την ανίχνευση της κατεύθυνσης των ηλιακών ακτίνων αξιοποιήθηκε η ιδιότητα των πράσινων led να αναπτύσσουν μια τάση στα άκρα τους όταν πέφτει σ' αυτά μια δέσμη φωτός. Τη μέγιστη τάση (περίπου 1,5V) την αναπτύσσουν όταν έχουν ευθυγραμμιστεί με τη δέσμη όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Ε.10

Για την πραγματοποίηση του αισθητήρα επιλέχτηκε η παρακάτω διάταξη:

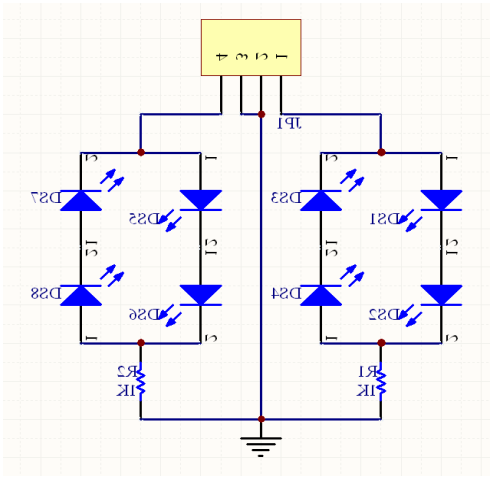


Ε.11

Δύο led τοποθετημένα σε ένα επίπεδο και προσανατολισμένα ελαφρώς το καθένα σε ένα σημείο του ορίζοντα (π.χ. Το ένα στην ανατολή και το άλλο στη δύση). Όταν το επίπεδο με τα LED είναι στραμμένο κάθετα στις ακτίνες του ήλιου και απορροφούν την ίδια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας τότε αυτά αναπτύσσουν την ίδια τάση στα άκρα τους. Όταν υπάρχει απόκλιση του επιπέδου σε σχέση με την ηλιακή δέσμη είτε προς ανατολή είτε προς την δύση τότε το ένα αναπτύσσει μεγαλύτερη τάση στα άκρα από το άλλο.

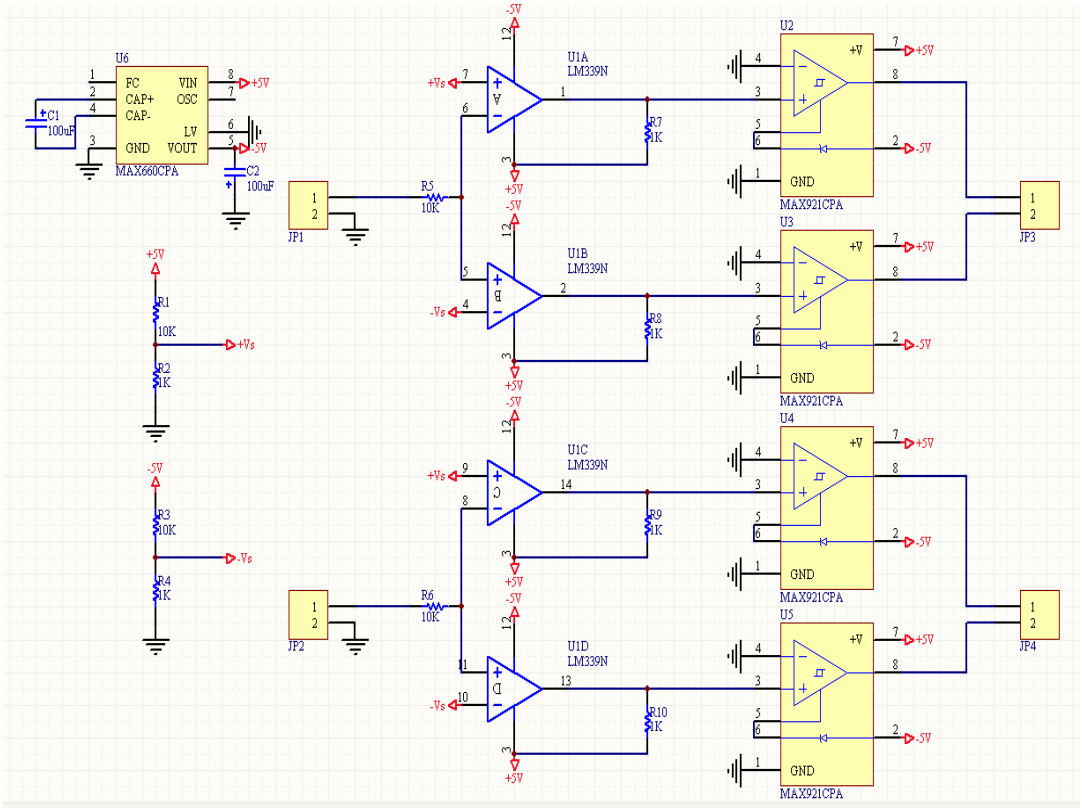
Αν αυτά τα συνδέσουμε έτσι ώστε το ρεύμα που παράγει το ένα LED να ανταγωνίζεται το άλλο τότε όταν θα έχουμε ισορροπία (δηλαδή και τα δύο θα φωτίζονται το ίδιο οπότε θα παράγουν το ίδιο ρεύμα τότε το τελικό ρεύμα θα είναι μηδενικό. Σε διαφορετική περίπτωση θα έχουμε την εμφάνιση κάποιου ρεύματος θετικού ή αρνητικό ανάλογα πιο LED υπερτερεί.

Για να μπορούμε να έχουμε ένα μεγαλύτερο επίπεδο σε τάση και ρεύμα συνδέουμε σε κάθε LED και ένα ακόμα σε σειρά. Επειδή ο έλεγχος της θέσης πρέπει να γίνεται σε δύο άξονες , τοποθετούμε μία ακόμα όμοια συστοιχία LED στον άξονα Ο-Γ. Έτσι έχουμε το παρακάτω κυκλωματικό διάγραμμα:



Ε.12

Στη συνέχεια την έξοδο από την διάταξη αυτή των LED την διαχειριζόμαστε με ένα σύστημα συγκριτών το οποίο μεταφράζει τις διάφορες δυνατές καταστάσεις σε σήματα προκειμένου να δείξει στον μικροελεγκτή προς ποια κατεύθυνση πρέπει να στρέψει το πάνελ ώστε να βρίσκεται σε κάθετη θέση απέναντι στις ακτίνες του ήλιου.



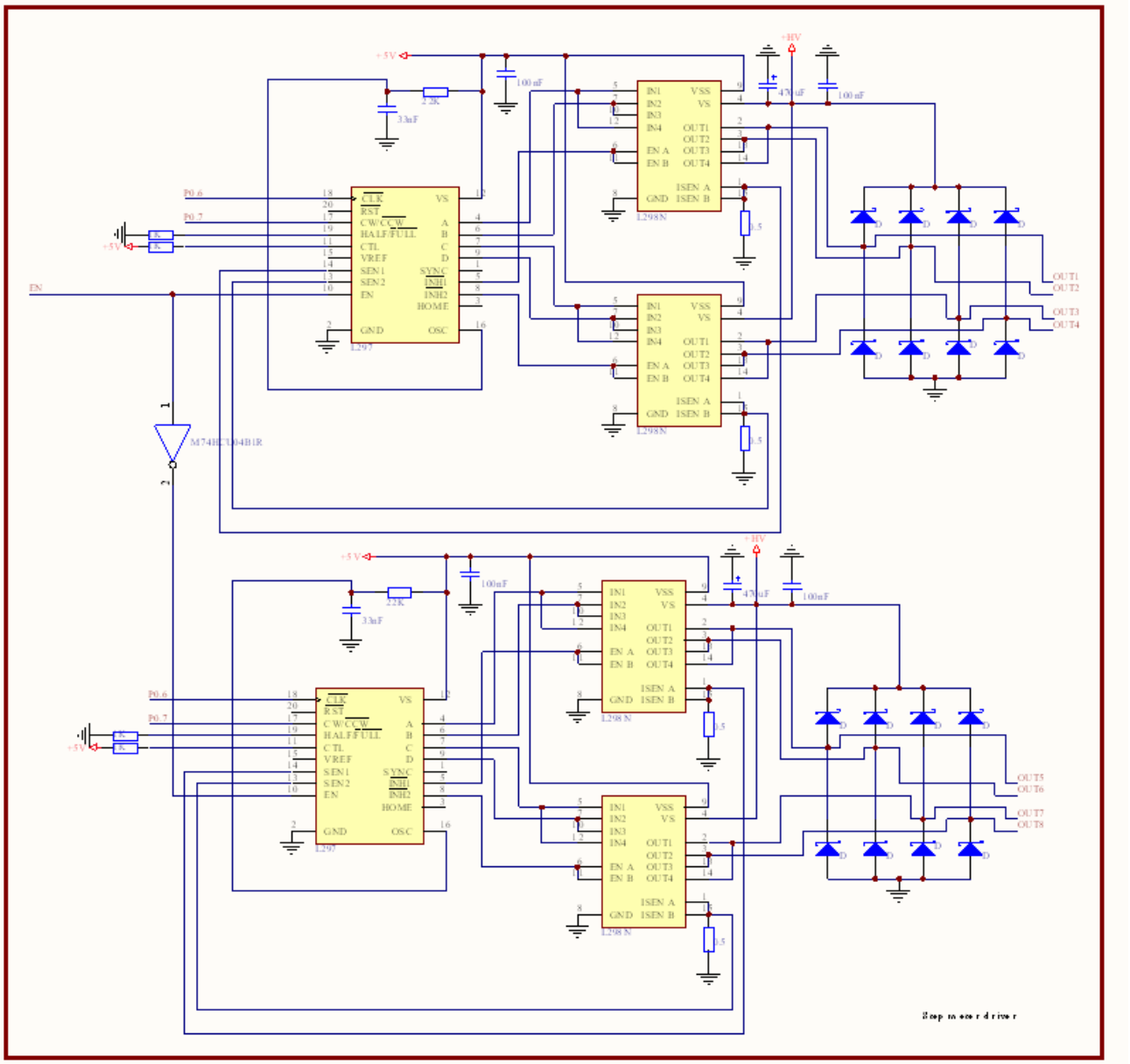
E.13

Στην έξοδό του το παραπάνω κύκλωμα βγάζει τις παρακάτω δυνατές καταστάσεις:

Ανατολή	**Δύση**	**Ουρανός**	**Γη**	**Εντολή για τον μικροελεγκτή**
0	0	0	0	Τίποτα
0	0	0	1	Μετακίνηση προς τα πάνω
0	0	1	0	Μετακίνηση προς τα κάτω
0	1	0	0	Μετακίνηση προς ανατολή
1	0	0	0	Μετακίνηση προς δύση
0	1	0	1	Μετακίνηση προς ανατολή & Μετακίνηση προς τα πάνω
1	0	0	1	Μετακίνηση προς δύση & Μετακίνηση προς τα πάνω
0	1	1	0	Μετακίνηση προς ανατολή & Μετακίνηση προς τα κάτω
1	0	1	0	Μετακίνηση προς δύση & Μετακίνηση προς τα κάτω

7. Η μονάδα οδήγησης βηματικών κινητήρων

Το κύκλωμα βασίζεται στο ζευγάρι των ολοκληρωμένων L297 – L298 όπου το πρώτο αναλαμβάνει να διαμορφώσει την κατάλληλη ακολουθία παλμών για το δεύτερο το οποίο αποτελεί μια διπλή πλήρη γέφυρα Η ικανή να οδηγήσει ένα βηματικό κινητήρα. Σε αυτή τη διάταξη επιλέχτηκε να τοποθετηθούν δύο L298 σε παράλληλη σύνδεση μεταξύ τους για να είναι σε θέση το σύστημα να οδηγεί ρεύματα μεγαλύτερα των 2Α.
Για την προστασία από ανάστροφα ρεύματα που μπορούν να προκληθούν λόγω των πηνίων των κινητήρων, χρησιμοποιήθηκε η γέφυρα των διόδων που φαίνεται στο σχήμα.

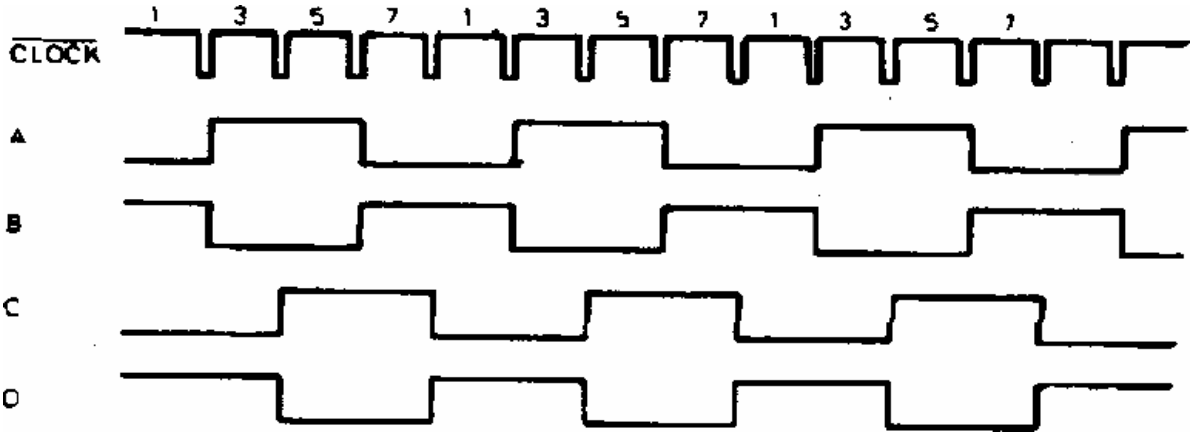


Ε.14

Ο stepper motor controller L297:

- Ενεργοποιείται και μαζί μ' αυτόν και το υπόλοιπο σύστημα οδήγησης των κινητήρων , μόνο την στιγμή που επρόκειτο να έχουμε κίνηση ελέγχοντας το Enable pin από τον μικροελεγκτή.
- Τροφοδοτείται από τον μικροελεγκτή από δύο επιπλέον σήματα: Το σήμα χρονισμού clock (clk) και το σήμα ελέγχου για περιστροφή του κινητήρα σύμφωνα με την κίνηση του ρολογιού ή αντίστροφα (CW/CCW).
- Λειτουργεί σε κατάσταση πλήρους βήματος (full step mode) διατηρώντας το HALF/FULL pin σε χαμηλά επίπεδα.
- Στέλνει τα σήματα για το διπολικό βηματικό κινητήρα μέσω των ABCD phase lines (pins:4,6,7,9) και διατηρεί τα INH1 και INH2 σε κατάσταση λογικού 1 τα οποία ενεργοποιούν το L298. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται διατηρώντας το CNTRL pin σε υψηλό επίπεδο.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα 4 σήματα:



- Ρυθμίζει το ρεύμα ώστε να μην ξεπερνάει τις επιθυμητές τιμές κορυφής για κάθε πηνίο του κινητήρα παρακολουθώντας μέσω των SEN1 και SEN2 pins την πτώση τάσης στα άκρα δύο πολύ μικρών αντιστάσεων της τάξης του 0.5Ω.

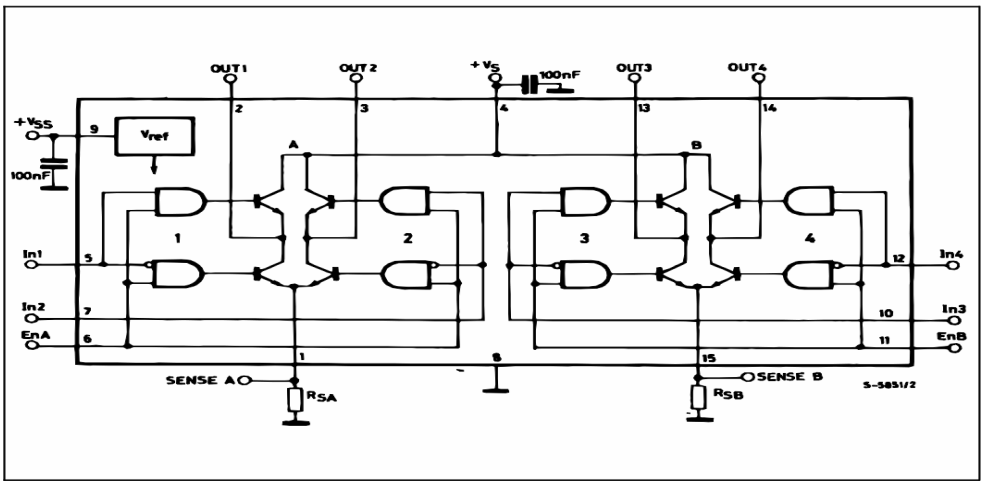
Οι δύο πλήρεις γέφυρες του L298 οδηγούνται από τα τέσσερα σήματα και αναλαμβάνουν να διοχετεύσουν τα κατάλληλα χρονισμένα παλμικά ρεύματα στα δύο πηνία του βηματικού κινητήρα προκαλώντας την βηματική κίνηση του ρότορα.

Στο blog διάγραμμα του εσωτερικού του L298 παρακάτω, φαίνονται οι 4 είσοδοι (IN1...4) και οι 4 έξοδοι (OUT1...4) προς τα πηνία.

Επειδή επιλέχτηκε η παράλληλη σύνδεση δύο L298 οι είσοδοι ανά ζευγάρι αποτελούν μία είσοδο όπως φαίνεται στο σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος. Δηλαδή για το πρώτο πηνίο έχουμε IN1-IN4 και IN2-IN3 από το πρώτο L298 και η ίδια διάταξη στο δεύτερο L298 για το δεύτερο πηνίο.

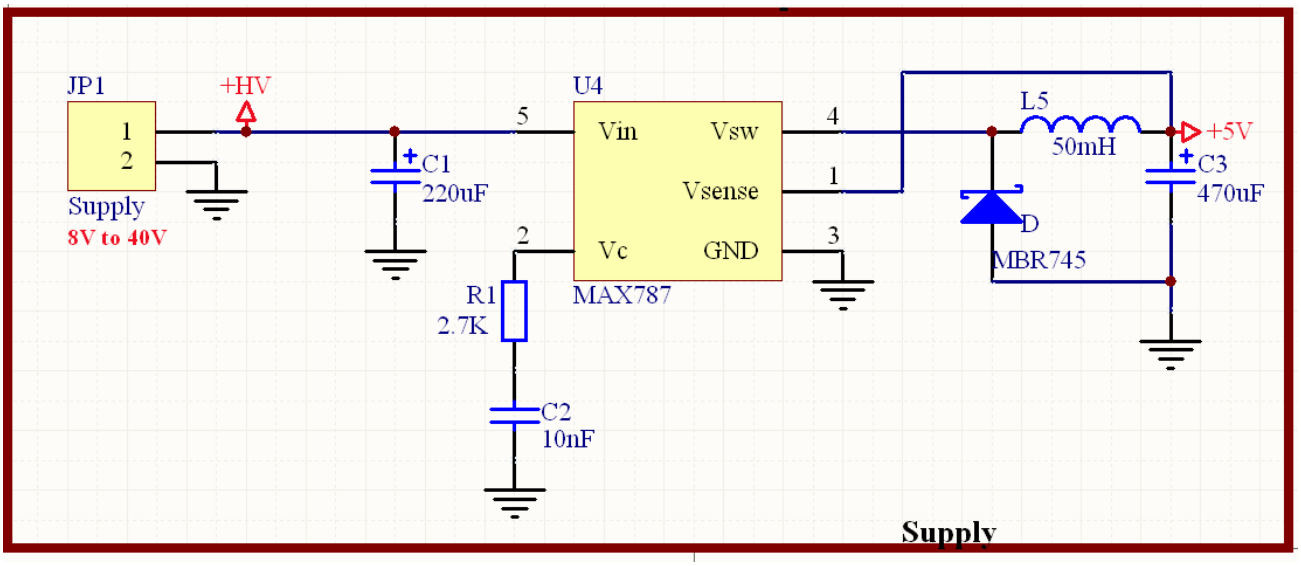
Τα Enable του ολοκληρωμένου αναλαμβάνουν να τα διαχειρίζονται τα INH1 και INH2 του L297. Ενώ τα pins senseA και senseB ελέγχουν το ρεύμα που περνάει από τα πηνία του κινητήρα όπως ακριβώς και το L297.

BLOCK DIAGRAM



8. Η μονάδα τροφοδοσίας (Power Supply)

Η τροφοδοσία του συστήματος εξαρτάται από την τάση και το ρεύμα λειτουργίας των βηματικών κινητήρων που επιλέγουμε για την κίνηση στους δύο άξονες. Η δυνατότητα αυτή περιορίζεται από τα όρια που θέτει το τροφοδοτικό μεταγωγής υποβιβασμού τάσης MAX787 του οποίου η κλίμακα της τάσης στην είσοδό του είναι από 8 έως 40V. Στη συνέχεια αυτό αναλαμβάνει να σταθεροποιήσει την έξοδό του στα 5V που είναι και η τάση λειτουργίας όλων των ολοκληρωμένων στην κατασκευή μας και να παράσχει το ρεύμα που απαιτούν όλες οι υπόλοιπες μονάδες.



E.15

9. Η μονάδα χειρισμού του συστήματος και απεικόνισης δεδομένων

Η μονάδα αυτή αποτελείται από μία LCD οθόνη και ένα πληκτρολόγιο τριών πλήκτρων και μας επιτρέπει να εισάγουμε μέσω ενός απλού μενού τα απαραίτητα δεδομένα για την λειτουργία του συστήματος, να επιλέξουμε ένα από τα 4 mode λειτουργίας του συστήματος καθώς και να ελέγχουμε ανά πάσα στιγμή την κατάσταση λειτουργίας του.

Περιγραφή του μενού

Πριν γίνει εισαγωγή στο μενού στην οθόνη παρουσιάζεται η ένδειξη της τρέχουσας ώρας και ημερομηνίας και η επιλογή για εισαγωγή δεδομένων (setup) ή για απεικόνιση δεδομένων (data)

To Setup:

Κατά σειρά εμφανίζονται οι οθόνες (με δυνατότητα επιστροφής και διόρθωσης των εισαγόμενων δεδομένων) στις οποίες ζητείται η καταχώριση

1. Ημερομηνίας(μέρα, μήνας, έτος)
2. Ώρας(ώρας, λεπτού, δευτερολέπτου)
3. Γεωγραφικό πλάτος
4. Γεωγραφικό μήκος
5. Κατάσταση λειτουργίας (Mode):1.Clock Mode 2. Sun Mode 3. Sun-Clock Mode 4 Hand Mode
6. Χρονικό διάστημα ανά το οποίο το σύστημα θα κάνει έλεγχο σε σχέση με τη θέση του ήλιου για την διόρθωση των γωνιών ώστε να βρίσκεται πάντα στην επιθυμητή θέση. (Alarm)

Στο Hand Mode απεικονίζονται κάθε φορά οι τρέχουσες συντεταγμένες και δίνεται η δυνατότητα μέσω του πληκτρολογίου για την μετακίνηση στην επιθυμητή θέση.

Προβολή δεδομένων (Data):

1. Παρουσιάζει την τρέχουσα κατάσταση λειτουργίας (Mode)
2. Γεωγραφικό μήκος και πλάτος
3. Συντεταγμένες του ήλιου την τρέχουσα στιγμή
4. Την ώρα ανατολής και δύσης (ώρα ενεργοποίησης και απενεργοποίησης του συστήματος)
5. To alarm

Κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο επιχειρείται η εύρεση της σωστής θέσης απέναντι στον ήλιο, στην οθόνη απεικονίζεται το ποιος κινητήρας είναι σε λειτουργία ,η τρέχουσα θέση του και η θέση στην οποία σκοπεύει να φτάσει (σε μοίρες).

10.Συμπερασματικά

Το εν λόγω σύστημα μπορεί να προσανατολίζει μια επίπεδη επιφάνεια φωτοβολταϊκών στοιχείων σε θέση κάθετη προς τις ακτίνες του ήλιου με σκοπό την μεγαλύτερη απόδοση στην απορρόφηση ενέργειας από τον ήλιο.

Αυτό το επιτυγχάνει είτε υπολογίζοντας τις απαραίτητες γωνίες για την εύρεση της θέσης του ήλιου από τις μαθηματικές εξισώσεις που διέπουν την κίνησή του είτε με τη χρήση φωτοαισθητήρα.

Στην πειραματική διαδικασία η κίνηση με βάση τον θεωρητικό υπολογισμό έδειξε να δουλεύει με αρκετή ακρίβεια.

Ο αισθητήρας σε συνθήκες πειράματος (με τεχνητό φως) λειτούργησε σχετικά ικανοποιητικά. Σε πραγματικές συνθήκες όπου το φως του ήλιου ήταν πολύ έντονο δεν έδωσε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Επίσης η μηχανική διάταξη για την κίνηση σε δύο άξονες που χρησιμοποιεί αυτή η συσκευή δεν είναι η καταλληλότερη για λειτουργία σε συνθήκες πέραν του εργαστηρίου.

Η μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί βασική προϋπόθεση για την χρηστική αξία του συστήματος ώστε να διασφαλίζεται η θετική απόδοση. Στο σύστημα μπορούμε αυθαίρετα να θέτουμε ανά πιο χρονικό διάστημα θέλουμε να γίνεται εξέταση της θέσης του ήλιου. Αυτό θα μπορούσε, μετά από συνεχής μετρήσεις κατά τη διάρκεια ενός έτους, να προσδιοριστεί συγκεκριμένα πιο είναι το αποδοτικότερο χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα πρέπει να γίνεται η εξέταση αυτή.