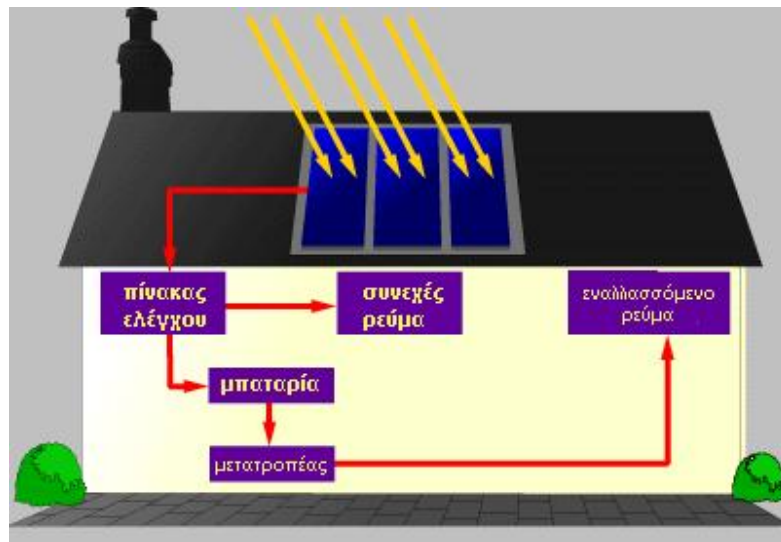


ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
ΤΟΥΤΟΥΝΤΖΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :
ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2005

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου
Φωτεινή, Αλέξανδρο, Ειρήνη
και σε όσους στάθηκαν δίπλα μου

Εισαγωγή

Με ιδιαίτερη ικανοποίηση ασχολήθηκα με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα που είχε σαν στόχο τη βελτίωση-κατασκευή ενός συστήματος σχετικό με την παρακολούθηση του ήλιου και τη συλλογή-καταγραφή ηλιακής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία μέσω μικροεπεξεργαστή.

Επεξεργάστηκα θέματα που αφορούν την ηλιακή ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, κινητήρες, ηλεκτρονικά εξαρτήματα σχεδιασμό και κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, προγραμματισμό μικροελεγκτών.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κύκλου εργασιών της ενεργειακής τεχνολογίας βασίζεται στην τεχνολογία για την εκμετάλλευση ορυκτών, πρωτογενών ενεργειακών πηγών. Τα αποθέματα όμως αυτά δεν είναι απεριόριστα και εξαντλούνται συνεχώς. Από την άλλη μεριά οι φυσικές διεργασίες όπως π.χ. τα διάφορα μετεωρολογικά ή βιολογικά φαινόμενα που είναι δυνατόν να μετρηθούν πλέον σήμερα από διάφορα όργανα, βασίζονται σε ανεξάντλητες ενεργειακές πηγές. Οι ενεργειακές αυτές πηγές είναι περιορισμένες ως προς την πυκνότητα απόδοσης τους.

Η αξιοποίηση μόνιμων πρωτογενών ενεργειακών πηγών (όπως ο ήλιος) είναι ιδιαίτερα μεγάλης σημασίας, δεδομένου ότι η χρήση τέτοιων πηγών προστατεύει το περιβάλλον από επιβλαβείς ουσίες.

Στην αρχή της εργασίας μπορούμε να δούμε πληροφορίες για τον ήλιο, την ηλιακή ενέργεια και για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που περιλαμβάνονται στο πρώτο κεφάλαιο.

Στη συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα μέρη της κατασκευής. Αναφέρονται διάφορες πληροφορίες για το ηλιακό πάνελ, τους κινητήρες, τα αισθητήρια, τους τερματικούς διακόπτες και για τη βάση στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων καθώς ο σκοπός και τα πλεονεκτήματα των αλλαγών που έγιναν στη συσκευή.

Στο τρίτο κεφάλαιο μπορούμε να τα δούμε αναλυτικά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της συσκευής παρακολούθησης του ήλιου.

Οι οδηγίες χρήσης ακολουθούν στο τέταρτο κεφάλαιο καθώς και ο χειρισμός, με αναλυτικά σχήματα και φωτογραφίες.

Στο επόμενο κεφάλαιο βρίσκεται το λογισμικό (software) καθώς και ο τρόπος προγραμματισμού του.

Τέλος οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους με βοήθησαν και στάθηκαν δίπλα μου για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ο ΉΛΙΟΣ

1.1 Οι ενεργειακές πηγές του ανθρώπου

Μέχρι το 1780 οι κυριότερες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος ήταν το ξύλο, ο άνεμος και το νερό. Ο γαιάνθρακας που ανακαλύφθηκε μετά και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή ενέργειας ανατρέπει τα παλιά δεδομένα. Μετά από 45 χρόνια μπαίνει στη ζωή του ανθρώπου το αέριο. Το πετρέλαιο ανακαλύπτεται το 1859, αλλά γίνεται εμπορικά ενδιαφέρον μόνο το 1920 με τη διάδοση της μηχανής εσωτερικής καύσης. Η υδροηλεκτρική ενέργεια πρωτοχρησιμοποιείται το 1890 και ακολουθεί την εξέλιξη του ηλεκτρικού.

Η πιο πρόσφατη πηγή ενέργειας θεωρείται η πυρηνική. Η πρώτη εγκατάσταση πυρηνικού αντιδραστήρα λειτουργεί εμπορικά από το 1956.

Με πολυάριθμες τεχνικές διαδικασίες, οι ενεργειακές πρώτες ύλες και τα διάφορα συμβάντα στη φύση μετατρέπονται σε χρήσιμη προμήθεια ενέργειας. Έτσι το 97% του συνολικού κύκλου εργασιών της ενεργειακής τεχνολογίας βασίζεται στην τεχνολογία για την εκμετάλλευση ορυκτών πρωτογενών ενεργειακών πηγών. Οι πρωτογενείς αυτές πηγές έχουν αποθηκευτεί με την βοήθεια της ηλιακής ενεργείας εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Τα αποθέματα όμως αυτά δεν είναι απεριόριστα και εξαντλούνται συνεχώς.

Οι ενεργειακές πηγές διακρίνονται έτσι σε δύο ομάδες :

- Η μια είναι οι πηγές ενέργειας που η εκμετάλλευση τους συνδέεται με τον περιορισμό των αποθεμάτων τους.
- Η άλλη είναι οι μόνιμα διαθέσιμες ή ανανεώσιμες πρωτογενείς ενεργειακές πηγές (ΑΠΕ).

Στην περίπτωση της χώρας μας οι μη ανανεώσιμες πρωτογενείς μορφές ενεργείας συμμετέχουν με το 95% περίπου στη συνολική καταναλώσιμη ενέργεια. Τις πηγές αυτές αποτελούν το 1979 κατά 73% περίπου τα υγρά καύσιμα, κατά 22% τα στερεά καύσιμα(λιγνίτης) και κατά το υπόλοιπο 5% οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που προέρχονται μόνο από υδατοπτώσεις.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1.2.1 Γενικά για την ηλιακή ακτινοβολία

Με τον όρο «ηλιακή ακτινοβολία» ή ηλιακή ενέργεια αναφερόμαστε στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο. Ηλιακή ενέργεια είναι αιτία δημιουργίας των ατμοσφαιρικών κινήσεων και των διαφόρων διεργασιών στην ατμόσφαιρα και στα επιφανειακά στρώματα άλλες μορφές ενέργειας, όπως π.χ. εκείνη των άστρων, του εσωτερικού της γης, κ.τ.λ., είναι τόσο μικρές, συγκρινόμαστε με την ηλιακή ενέργεια, ώστε να μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.

Οι σχετικές τιμές της κατακόρυφης ροής ενέργειας των διαφόρων πηγών μέσα στην τροπόσφαιρα και στην στρατόσφαιρα με μονάδα την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Πηγές ενέργειας στην τροπόσφαιρα και στρατόσφαιρα

	Πηγή ακτινοβολίας	Κατακόρυφη ροή ενέργειας (μέσες σχετικές τιμές)		
Ακτινοβολία στα όρια της στρατόσφαιρας	Ήλιος	1		
	Πανσέληνος	2.2×10^{-6}		
	Φως των αστέρων	1.3×10^{-9}		
	Κοσμικές ακτίνες	2.7×10^{-9}		
	Υπεριώδες του διαστήματος	7×10^{-9}		
	Νυχτερινό φως του ουρανού	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>ορατό</td> </tr> <tr> <td>υπέρυθρο</td> </tr> </table>	{	ορατό
{	ορατό			
	υπέρυθρο			
Θερμότητα από το εσωτερικό της γης		1.8×10^{-4}		

Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι, ακόμα και η μέγιστη(σε σχέση με της υπόλοιπες) ακτινοβολούμενη ενέργεια της πανσελήνου, δεν υπερβαίνει τα 0.002% της αντίστοιχης ηλιακής. Επίσης, από τον ίδιο αυτό πίνακα βλέπει κανείς ότι η τάξη μεγέθους της ενέργειας, λόγω της ροής θερμότητας από το εσωτερικό της γης, είναι πολύ μεγαλύτερη των υπολοίπων(εκτός της ηλιακής).

1.2.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου

Ο ήλιος είναι ένας γιγαντιαίος αντιδραστήρας συντήξεως ο οποίος αδιάλειπτα μετατρέπει υδρογόνο σε ήλιο οπότε και εκλύονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Η ενέργεια αυτή ανεβάζει την θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου σε 6000°C περίπου, είναι η πιο μεγάλη θερμική πηγή του συστήματός μας και προκαλεί στο διάστημα ακτινοβολία που η ένταση της στην επιφάνεια του ήλιου είναι 70 MW/m².

Η ακτινοβολία του ήλιου περιέχει 5% υπεριώδη ακτινοβολία 52% ορατό φως και 43% υπέρυθη.

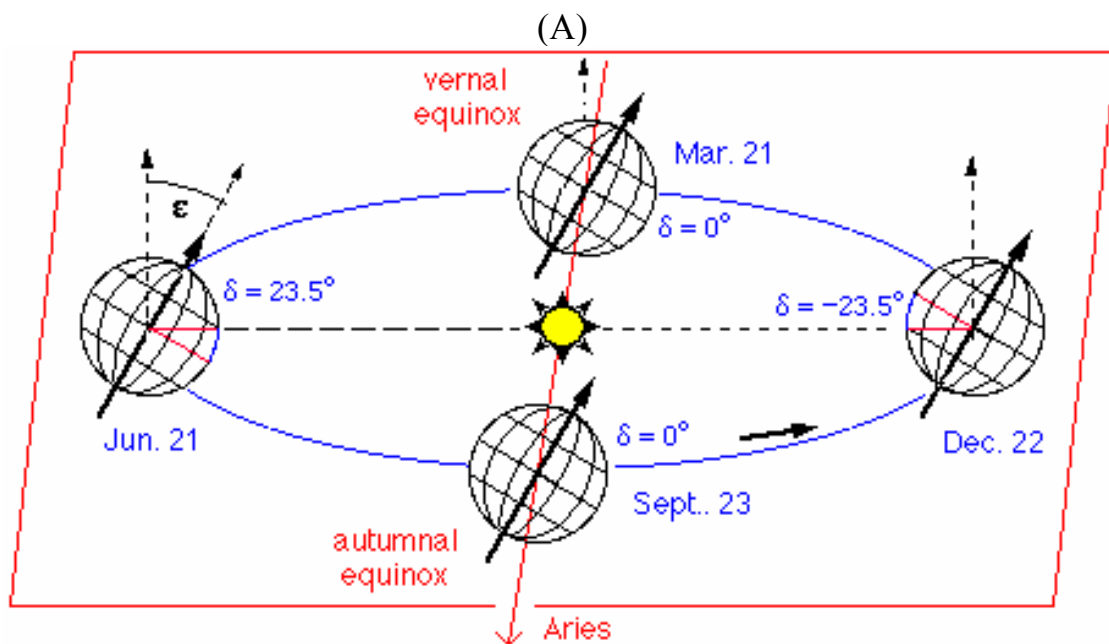
Στην αρχαιότητα ο Πτολεμαίος χαρακτήρισε τον ήλιο απλώς σαν πυρόσφαιρα. Η σημερινή άποψη είναι ότι ο ήλιος είναι κυρίως μια σφαίρα αερίου, που στα εξωτερικά στρώματα αποτελείται από περίπου 92,1% υδρογόνο, 7,8 % ήλιο και ένα υπόλοιπο από άλλα διάλυρα αέρια.

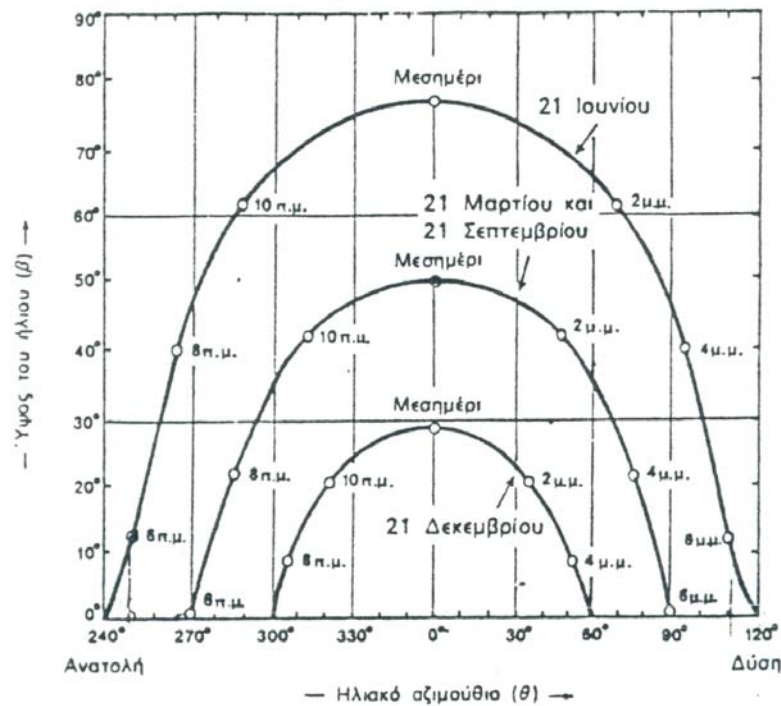
Ο ήλιος είναι ένα συνηθισμένο G2 αστέρι, και είναι ένα από τα 100 δισεκατομμύρια αστέρια που υπάρχουν στον κόσμο. Με διάμετρο 1.390.000 km, μάζα $1,989 \times 10^{30}$ kg και με θερμοκρασία 5800 K και 15.600.000 K στην επιφάνεια και στον πυρήνα αντίστοιχα.

1.2.3 Η τροχιά του ήλιου στον ουρανό

Όπως αντιλαμβανόμαστε η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας και η φωτονική της σύσταση παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ανάλογα με την ώρα, την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες και την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υγρασία, σε αιωρούμενα σωματίδια και σε άλλα συστατικά. Επίσης επηρεάζεται σε αξιόλογο βαθμό και από άλλους προβλεπόμενους ή απρόβλεπτους παράγοντες, όπως οι ηλιακές κηλίδες και εκρήξεις, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.λ.π.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια μιας χρονιάς, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές, σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης (δ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στην ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού.





(B)

Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδραση της στη τροχιά του ήλιου στον ουρανό.

A) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το αέρινο και το χειμερινό ηλιοστάσιο.

B) Παράδειγμα των αντίστοιχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος στη διάρκεια της ημέρας, κατά τα ηλιοστάσια καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος βόρειο 38° , όπως η Αθήνα. Οι ενδείξεις του μεσημεριού και των ωρών της ημέρας είναι σε ηλιακές τιμές.

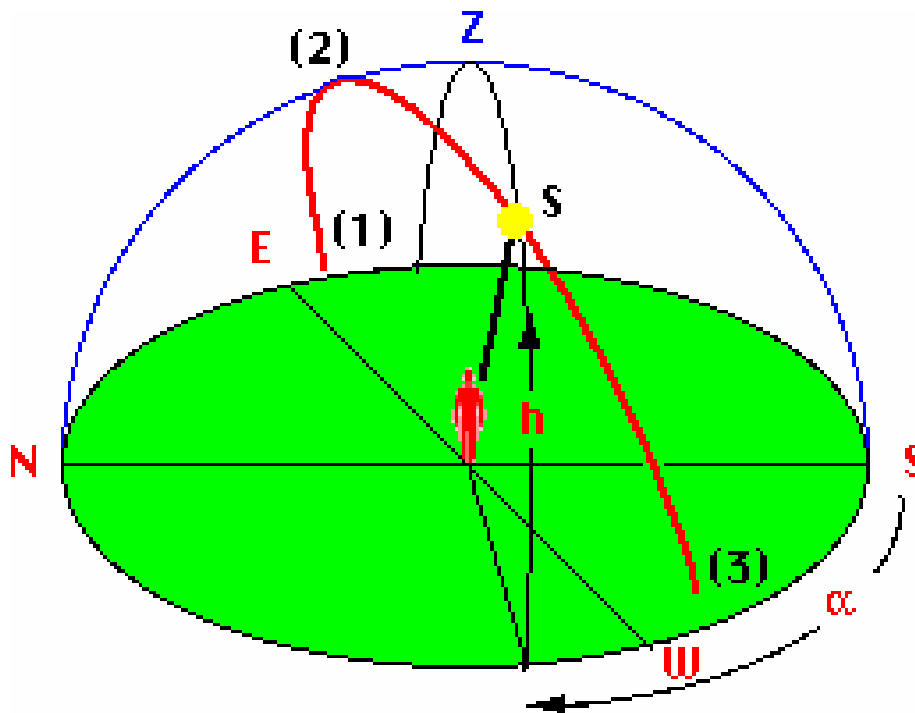
Κάθε μέρα ο ήλιος διαγράφει μια κυκλική τροχιά στο διάστημα και φτάνει το μεγαλύτερο του ύψος το μεσημέρι.

Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες της τιμές είναι $+23,45^{\circ}$ στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και $-23,45^{\circ}$ στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο).

Όπως προχωράμε προς την άνοιξη και το καλοκαίρι, οι κυκλικές τροχιές διαγράφονται βορειότερα στον ουρανό, με νωρίτερη ανατολή και αργότερη δύση στο βόρειο ημισφαίριο, ενώ τον χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Το χειμώνα ανατέλλει νότια της ανατολής, ενώ το καλοκαίρι βόρεια. Παράλληλα, διαμορφώνονται οι αντίστοιχες μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στις διάφορες εποχές του έτους. Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη για τη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της

εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε έναν τόπο, είναι η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει τον μέσο όρο των ωρών που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Επίσης, αριθμός των ηλιοφωγών ημερών, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται καθόλου από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, που ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.

Η πραγματική θέση του ήλιου στον ουρανό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του παρατηρητή ενός τόπου και περιγράφεται συνήθως με δύο γωνίες(συντεταγμένες) : το ύψος του ήλιου (h) και το αζιμούθιο(α).



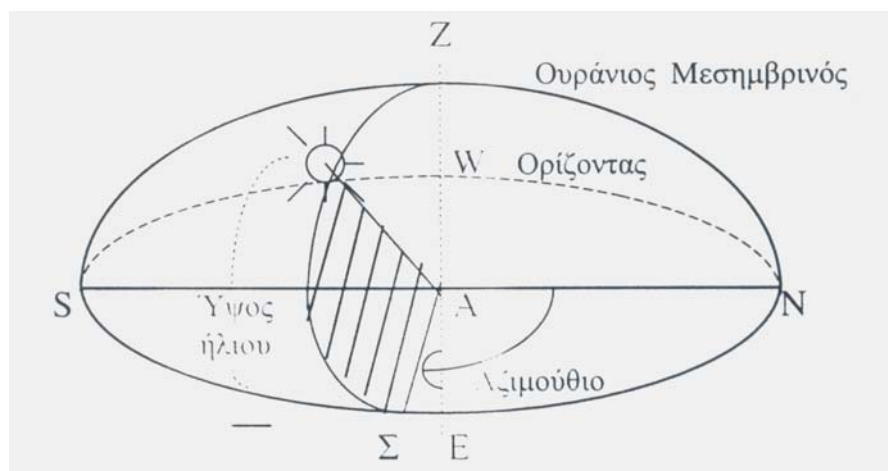
Οι γωνίες του ύψους (h) και του αζιμούθιου (α), που περιγράφουν κάθε στιγμή τη θέση του ήλιου στον ουρανό.

Το ύψος του ήλιου είναι η γωνιακή του απόσταση από τον ορίζοντα του τόπου. Μετράται επί του κατακόρυφου κύκλου του ήλιου από τον ορίζοντα έως το ζενίθ, από 0° έως 90° και συμβολίζεται με h .

Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική της γωνία, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στη κατακόρυφο, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του

ήλιου. Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου.

Η δεύτερη χαρακτηριστική γωνία του ήλιου, το ηλιακό αζιμούθιο, είναι η γωνιακή απόσταση από τον ορίζοντα, με αρχή τον βορρά προς ανατολάς και τέλος τον κατακόρυφο κύκλο του ήλιου. Συμβολίζεται με α και μετράται από 0° έως 360° . Προς τα δεξιά από τον νότο, το ηλιακό αζιμούθιο παίρνει θετικές τιμές, και προς τα αριστερά αρνητικές. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται συνεχώς καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.



1.2.4 Εξίσωση τροχιάς του ήλιου

Η παρακάτω εξίσωση περιγράφει την πορεία του ήλιου στον ουρανό. Στο πρόγραμμά μας (κεφάλαιο 5) τη χρησιμοποιήσαμε για να παρακολουθεί το πάνελ αυτόματα την πορεία του ήλιου.

Μεταβλητές της εξίσωσης του ήλιου:

- AzimuthAngle : Γωνία αζιμουθίου του ήλιου σε μοίρες
- AltitudeAngle : Γωνία ύψους σε μοίρες
- Longitude : Γεωγραφικό μήκος (Για το Ηράκλειο $25,2^0$)
- Latitude : Γεωγραφικό πλάτος (Για το Ηράκλειο $35,2^0$)
- TimeZone : Ζώνη ώρας (Για το Ηράκλειο +2)
- Daylight : Αλλαγή ώρας (Θερινή: -60', Χειμερινή: 0)
- Declination : Απόκλιση σε μοίρες (+ Βόρειο ημισφαίριο)
- EotAdjustment : Εξίσωση του χρόνου σε λεπτά
- HourAngle : Γωνιακή Ωρα σε μοίρες
- Hour : Ωρα
- Minutes : Λεπτά
- Year : Έτος
- Month : Μήνας
- Date : Ημερομηνία
- PI : $\pi = 3,1415926\dots$
- floor : Στρογγυλοποιεί προς τον μικρότερο ακέραιο αριθμό

Για την παρακολούθηση του ήλιου χρειαζόμαστε ένα σύνολο από μαθηματικές πράξεις που περιγράφονται παρακάτω.

$$\text{Meridian} = \text{TimeZone} * 15$$

$$\text{MinutesAfterMidnight} = 60 * \text{Hours} + \text{Minutes}$$

$$\text{SolarMinutesAfterMidnight} = \text{MinutesAfterMidnight} + (4 * (\text{Longitude} - \text{Meridian})) + \text{Daylight}$$

Εάν ο Month > 2 τότε :

$$\text{correctedYear} = \text{Year}$$

$$\text{correctedMonth} = \text{Month} - 3$$

διαφορετικά :

$$\text{correctedYear} = \text{Year} - 1$$

$$\text{correctedMonth} = \text{Month} + 9$$

$$t = ((\text{SolarMinutesAfterMidnight} / 60.0 / 24.0) + \text{Date} + \text{floor}(30.6 *$$

$$\begin{aligned} & \text{correctedMonth} + 0.5) + \text{floor} (365.25 * (\text{correctedYear} - 1976)) - \\ & 8707.5) / 36525.0 \\ G &= 357.528 + 35999.05 * t \\ G &= G - \text{floor} (G / 360.0) * 360 \\ C &= (1.915 * \sin (G * \text{PI} / 180)) + (0.020 * \sin (2.0 * G * \text{PI} / 180)) \\ L &= 280.460 + (36000.770 * t) + C \\ L &= L - \text{floor} (L / 360.0) * 360 \\ \text{Alpha} &= L - 2.466 * \sin (2.0 * L * \text{PI} / 180) + 0.053 * \sin (4 * L * \text{PI} / 180) \\ \text{Obliquity} &= 23.4393 - 0.013 * t \\ \text{Declination} &= \arctan (\tan (\text{Obliquity} * \text{PI} / 180) * \sin (\text{Alpha} * \text{PI} / 180)) \\ & * 180 / \text{PI} \\ \text{EotAdjustment} &= (L - C - \text{Alpha}) / 15.0 * 60.0 \\ \text{ClockTimeToLSOTAdjustment} &= (4 * (\text{Longitude} - \text{Meridian})) + \\ & \text{EotAdjustment} + \text{Daylight} \\ \text{SolarMinutesAfterMidnight} &= \text{MinutesAfterMidnight} + \\ & \text{ClockTimeToLSOTAdjustment} \end{aligned}$$

Εάν $\text{SolarMinutesAfterMidnight} < 0$ τότε :

$$\text{SolarMinutesAfterMidnight} = \text{SolarMinutesAfterMidnight} + 24 * 60$$

Ενώ εάν $\text{SolarMinutesAfterMidnight} \geq 24 * 60$ τότε :

$$\text{SolarMinutesAfterMidnight} = \text{SolarMinutesAfterMidnight} - 24 * 60$$

$$\text{HourAngle} = - (\text{SolarMinutesAfterMidnight} - 12 * 60) / 4$$

$$\begin{aligned} \text{AltitudeAngle} &= (180 / \text{PI}) * \arcsin ((\cos (\text{Latitude} * \text{PI} / 180) * \\ & \cos (\text{Declination} * \text{PI} / 180) * \cos (\text{HourAngle} * \text{PI} / 180)) \\ & + (\sin (\text{Latitude} * \text{PI} / 180) * \sin (\text{Declination} * \text{PI} / 180))) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AzimuthAngle} &= (180 / \text{PI}) * \arccos (((\sin (\text{AltitudeAngle} * \text{PI} / 180) * \\ & \sin (\text{Latitude} * \text{PI} / 180)) - \sin (\text{Declination} * \text{PI} / 180)) / \\ & (\cos (\text{AltitudeAngle} * \text{PI} / 180) * \cos (\text{Latitude} * \text{PI} / 180))) \end{aligned}$$

Εάν $\text{AzimuthAngle} * \text{HourAngle} < 0$ τότε :

$$\text{AzimuthAngle} = - \text{AzimuthAngle}$$

$$\text{AzimuthAngle} = 180 - \text{AzimuthAngle}$$

1.2.5 Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης

Από τα τεράστια πόσα της ηλιακής ενέργειας μονό τα 2 δισεκατομμυριοστά αυτής φτάνουν στα ανώτερα όρια της ατμοσφαιράς. Η ποσότητα αυτή, κατά τη διέλευση της από τα διάφορα ατμοσφαιρικά στρώματα και μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια της γης, υφίσταται απώλειες και μεταβολές που οφείλονται, κατά κύριο λόγο, στη διάχυση και απορρόφηση.

Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης απευθείας με της ηλιακές ακτίνες λέγεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ταυτόχρονα, ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται από την ατμόσφαιρα και φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους ως διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία απ' όλα τα σημεία του ουρανού.

Επίσης, ένα μέρος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται από το έδαφος και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα απ' όπου και επιστρέφει στην επιφάνεια του εδάφους κ.λ.π. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται ανακλώμενη. Η επιφάνεια του εδάφους, σαν αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σ' αυτή, θερμαίνεται και εκπέμπει, με τη σειρά της, προς την ατμόσφαιρα ακτινοβολία που ονομάζεται γήινη ακτινοβολία.

Τέλος, η ίδια η ατμόσφαιρα, θερμαινόμενη και αυτή, ακτινοβολεί με τη σειρά της προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική ακτινοβολία ή ακτινοβολία της ατμόσφαιρας.

Οι παραπάνω ακτινοβολίες παρουσιάζουν διαφορετική η καθεμία φασματική σύνθεση. Απ' αυτές, η άμεση και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ονομάζονται ακτινοβολίες μικρού μήκους κύματος, ενώ η γήινη και η ατμοσφαιρική ακτινοβολία χαρακτηρίζονται σαν ακτινοβολίες μεγάλου μήκους κύματος.

Από τις παραπάνω ακτινοβολίες, σπουδαιότερη είναι η άμεση και ακολουθεί η διάχυτη. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια ονομάζεται ολική ηλιακή ακτινοβολία.

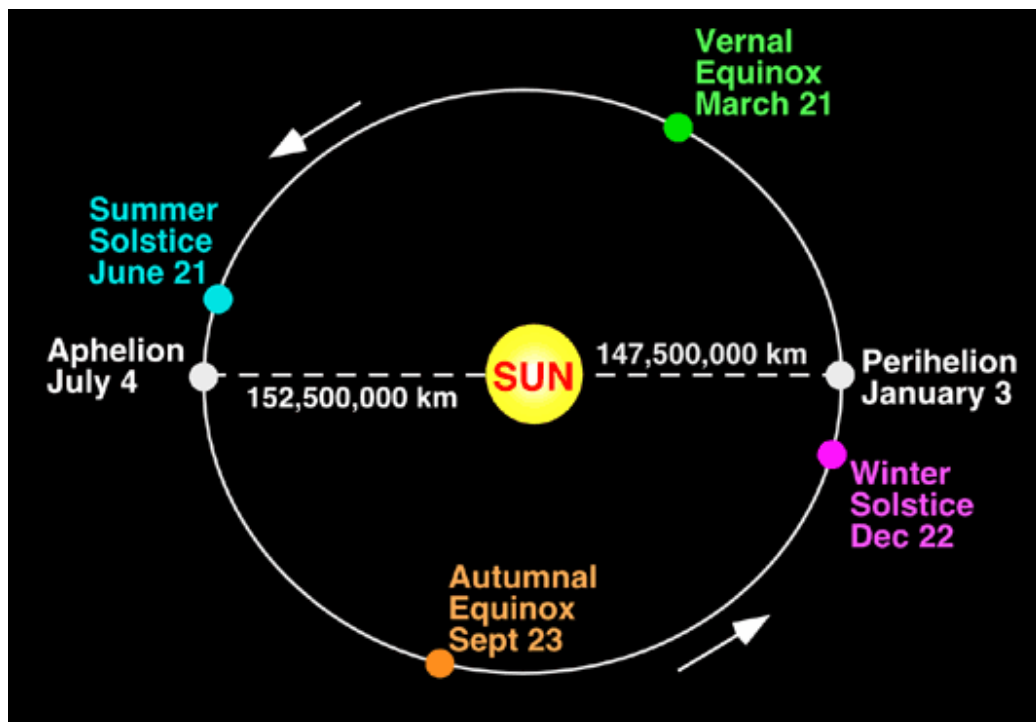
Η γη που βρίσκεται σε μέση απόσταση $1,50 \times 10^8$ km από τον ήλιο δέχεται στην εξωτερική της ατμόσφαιρα μικρό μέρος από την ακτινοβολία, περίπου 10^{11} MW ή $1,362 \text{ KW/m}^2$.

Από την ενέργεια που στέλνει κάθε χρόνο ο ήλιος στη γη (150×10^9 MW) το 30% ανακλάται πίσω στο διάστημα από τα ανώτατα στρώματα της ατμόσφαιρας, το 46% φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος και επανακλάται. Από το υπόλοιπο 24% το 23% δαπανάται για την εξάτμιση του νερού των θαλασσών

και το υπόλοιπο 1% για την αιολική ενέργεια, την ενέργεια των κυμάτων και τη φωτοσύνθεση.

Εξ' αιτίας της μεγάλης απόστασης του ήλιου από τη γη οι ακτίνες του που προσπίπτουν στην επιφάνεια της γης θεωρούνται παράλληλοι. Η ένταση της απ' ευθείας ηλιακής ακτινοβολίας έχει τη μέγιστη τιμή της πλησίον του ισημερινού και την ελάχιστη στους πόλους .

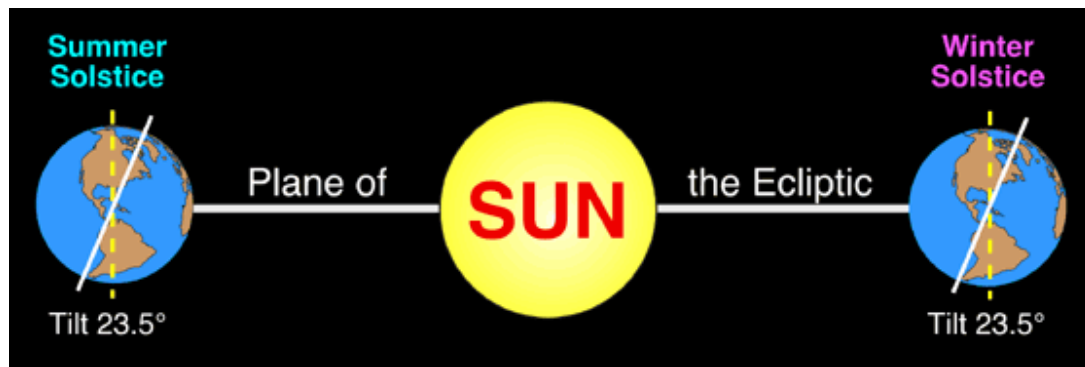
Η γη καθώς κινείται περί τον ήλιο ακολουθεί μια ελλειπτική τροχιά και η απόσταση της από αυτό μεταβάλλεται ελαφρά δηλαδή είναι πλησιέστερα στον ήλιο το χειμώνα και μακρύτερα το καλοκαίρι όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Επομένως το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στην επιφάνεια της γης είναι μεγαλύτερο το χειμώνα, όμως το χειμώνα έχουμε το κρύο.

Αυτό εξηγείται από το ότι ο άξονας περιστροφής της γης δεν είναι κάθετος προς το επίπεδο της τροχιάς της αλλά σχηματίζει γωνία $23^{\circ} 27'$.

Ο βόρειος πόλος της γης κλίνει προς το καλοκαίρι και φωτίζεται απ' αυτόν ενώ το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Από τη σκοπιά μας πάνω στη γη αυτή η κλίση του άξονα περιστροφής της σημαίνει ότι ο ήλιος είναι ψηλότερα στον ουρανό το καλοκαίρι και χαμηλότερα το χειμώνα.



Επομένως η ηλιακή ακτινοβολία έχει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα τον χειμώνα και ακόμα προσβάλλει την επιφάνεια της γης υπό οξεία γωνία. Το ποσό λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια είναι μικρότερο τον χειμώνα, γι' αυτό και ο καιρός είναι κρύος.

1.2.6 Εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη ατμόσφαιρα

Η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διέλευση της μέσα στην ατμόσφαιρα με τη γνωστή σύσταση της , «εξασθενεί» από τη μια μεριά εξαιτίας της «σκέδασης – διάχυσης» που οφείλεται στη μεταβολή της διεύθυνσης της ακτινοβολίας και από την άλλη μεριά εξαιτίας της «απορρόφησης» που οφείλεται στη μεταβολή της ηλιακής ενέργειας , κυρίως σε θερμότητα. Η «απορρόφηση» που ασκεί η ατμόσφαιρα στην ηλιακή ακτινοβολία παρατηρείται στο υπεριώδες και υπέρυθρο τμήμα του φάσματος.

- **Σκέδαση της ηλιακής ακτινοβολίας**

Σκέδαση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η ηλιακή ακτινοβολία όταν προσπέσει σ' ένα σωματίδιο , κατανέμεται ομοιόμορφα ή ανομοιόμορφα γύρω απ' αυτό προς όλες τις διευθύνσεις. Η ακτινοβολία , που προκύπτει μετά τη σκέδαση , είναι η διάχυτη ακτινοβολία.

- **Μοριακή σκέδαση**

Μοριακή σκέδαση έχουμε , όταν ακτινοβολία μήκους κύματος λ προσπέσει σε σωματίδια που η διάσταση τους είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το μήκος κύματος λ .

- **Σκέδαση – διάχυση από αερολύματα**

Η εξασθένηση που προκαλείται από τα αερολύματα , λόγω σκέδασης στην ηλιακή ακτινοβολία , εκλεκτική και εκθετική , όπως ακριβώς και στη μοριακή σκέδαση.

- **Απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας**

Το φάσμα απορρόφησης της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα εκτείνεται σε μια μεγάλη περιοχή (από της ακτίνες X μέχρι τα μικρά ραδιοκύματα). Εδώ, θα αναφερθούμε στις πιο βασικές περιοχές φασμάτων απορρόφησης που βρίσκονται στο υπεριώδες , στο ορατό και στο υπέρυθρο τμήμα φάσματος. Στα τμήματα αυτά οφείλεται η απορρόφησης της ακτινοβολίας, κυρίως , στα : 1)οξυγόνο, 2)όζον, 3)διοξείδιο του άνθρακα , 4)υδρατμούς , και 5) ατμοσφαιρικό σκόνη.

1.3 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

1.3.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία ή ηλιακοί συλλέκτες

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια τριών κυρίως διαδικασιών: της θερμοηλεκτρικής, της θερμοιονικής και της φωτοβολταϊκής. Οι διαδικασίες αυτές χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της άμεσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς τη μεσολάβηση ενδιάμεσων σταδίων και θερμοδυναμικών κύκλων ή κινούμενων μερών.

1. Η πρώτη βασίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο και συγκεκριμένα στη θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία μιας μεταλλικής πλάκας που είναι συγκολλημένη σε δυο ηλεκτρόδια από διαφορετικά θερμοηλεκτρικά υλικά. Στα ψυχρά άκρα των ηλεκτροδίων αναπτύσσεται τάση, συνήθως λίγων δεκάτων του *volt*, που εξαρτάται από το υλικό των ηλεκτροδίων και από τη διαφορά της θερμοκρασίας τους ως προς τη μεταλλική πλάκα.

Η πιο χαμηλή θερμοκρασία που μπορεί να λειτουργήσει στην πράξη ένα τέτοιο σύστημα είναι η θερμοκρασία που επιτυγχάνεται με έναν απλό ηλιακό συλλέκτη χωρίς πολλαπλασιασμό, όπου σαν υποπροϊόν μπορούμε να πάρουμε από τον συλλέκτη αυτό ζεστό νερό θερμοκρασίας 50-60°C. Μ'αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ενεργειακή απόδοση περίπου 1%. Για τη λειτουργία αυτού του τελευταίου θερμοηλεκτρικού ζεύγους, το πιο κατάλληλο ζεύγος είναι το κράμα βισμούθιου- αντιμονίου και ο αντιμονιούχος ψευδάργυρος.

2. Η δεύτερη διαδικασία φωτοηλεκτρικής μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας βασίζεται στο θερμιονικό φαινόμενο, στη θέρμανση δηλ. μιας μεταλλικής πλάκας υπό κενό, ώστε να εκπέμπονται ηλεκτρόνια από την επιφάνεια της. Έτσι μια μεταλλική πλάκα/ηλεκτρόδιο που θερμαίνεται κοντά σε ένα άλλο ηλεκτρόδιο που ψύχεται είναι δυνατό να αποτελέσουν μια θερμοιονική γεννήτρια. Από το θερμαινόμενο ηλεκτρόδιο φεύγουν ηλεκτρόνια τα οποία οδηγούνται στο ψυχόμενο ηλεκτρόδιο. Έτσι το πρώτο γίνεται κάθοδος ενώ το δεύτερο άνοδος. Είναι λοιπόν δυνατό όταν συνδεθούν με εξωτερικό φορτίο να αποδοθεί ηλεκτρικό ρεύμα.

Για την υπερνίκηση του έργου εξόδου των ηλεκτρονίων απαιτείται η θέρμανση του μετάλλου σε πολύ μεγάλη θερμοκρασία. Σε πλάκες από καθαρά μέταλλα η θερμοκρασία χρειάζεται να φθάσει τους 2.000-2.700 °C και για την πραγματοποίησή της πρέπει να γίνει ισχυρή ενίσχυση της ηλιακής ακτινοβολίας, π.χ. με συγκεντρωτικούς φακούς, περίπου χίλιες φορές. Α ν στο κενό της διάταξης γίνει εισαγωγή ατμών

ενός ευκολοϊονιζόμενου στοιχείου, π.χ. καισίου, η θερμοκρασία λειτουργίας της μπορεί να μειωθεί τους 1.200 °C.

Η θεωρητική απόδοση των θερμοϊονικών γεννητριών βρίσκεται γύρω στο 30%. Στην πράξη έχουν πραγματοποιηθεί αποδόσεις 6 έως 8%.

Οι δύο προηγούμενες διατάξεις λόγω του μικρού βαθμού απόδοσης κατά τη μετατροπή και του μεγάλου κόστους των διατάξεων και διάφορων τεχνικών δυσκολιών δεν βρήκαν αξιόλογες πρακτικές εφαρμογές.

3. Η τρίτη διαδικασία φωτοηλεκτρικής μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια καθαρή φωτονική μέθοδος, αφού η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται κατευθείαν από τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα ηλιακά (φωτοβολταϊκά) στοιχεία (ηλιακές κυψέλες, ηλιακά κύτταρα) αποτελούνται από έναν ημιαγωγό, με προσαρμοσμένα ηλεκτρόδια στην εμπρός και πίσω όψη. Αν σε ορισμένους ημιαγωγούς προστεθεί πολύ μικρή ποσότητα (1 περίπου μέρος στο εκατομμύριο) από άλλα όμοια στοιχεία, που έχουν όμως 1 περισσότερο ή 1 λιγότερο ηλεκτρόνιο από τον ημιαγωγό. Τότε κατασκευάζονται έτσι δύο τύποι ημιαγωγών. Ο τύπος N και ο τύπος P. Π.χ. τύπος N: πυρίτιο + αρσενικό -ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο. Τύπος P: πυρίτιο + βόριο -ένα λιγότερο ηλεκτρόνιο.

Αν δύο λεπτά στρώματα από τους δύο τύπους τοποθετηθούν το ένα πάνω στο άλλο και εκτεθούν σε ακτινοβολία π.χ. ηλιακή, τότε παρατηρείται ότι στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο στρωμάτων εμφανίζεται ροή ηλεκτρονίων. Φωτόνια που έχουν ενέργεια πάνω από ένα όριο είναι ικανά να δημιουργήσουν το φαινόμενο αυτό. Για το πυρίτιο το όριο αυτό είναι 1,1 ηλεκτρονικά βολτ (eV) που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1.100nm. Μεγαλύτερα μήκη κύματος προκαλούν μόνο αύξηση της θερμοκρασίας.

Η ένταση του ρεύματος που αναπτύσσεται εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του στοιχείου και την περιεκτικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε ενεργά φωτόνια.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο εφευρέθηκε το 1839 από τον Alexandre Edmond Becquerel, έναν Γάλλο επιστήμονα που αναρωτήθηκε γιατί μερικά υλικά δημιουργούσαν σπινθήρα όταν εκτίθενται στο φως. Εκείνη την εποχή όμως δεν είχαν ανακαλυφθεί συσκευές που να χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα, έτσι η εφεύρεση δεν είχε κάποια πρακτική σημασία.

Το 1905 ο Albert Einstein θεωρούσε ότι η ακτινοβολία μπορούσε να διαπεράσει τα άτομα. Η πορεία σύγκρουσης των φωτονίων και των ατόμων

θα μπορούσε να ωθήσει τα ηλεκτρόνια να αφήσουν την τροχιά τους. Αυτό θα μπορούσε να επιτρέψει την δημιουργία ενός ηλεκτρικού ρεύματος.

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία είναι μια σχετικά σύγχρονη τεχνολογία. Η κατασκευή του πρώτου φωτοβολταϊκού στοιχείου έγινε το 1937 και από τότε προχωρούσε με αργά βήματα. Η κυριότερη εφαρμογή τους ήταν στους δορυφόρους, όπου αφενός εφαρμόζεται η πιο σύγχρονη τεχνολογία, αφ' ετέρου το κόστος είναι δευτερεύων παράγοντας.

Όμως, με την ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φάνηκε καθαρά πώς πρέπει να στραφούμε σε άλλες μορφές ενέργειας, διαφορετικές από το πετρέλαιο.

Ακόμη διάφορα πυρηνικά ατυχήματα, καθώς και η όλο και η εντονότερη οικολογική συνείδηση που αποκτάει ο κόσμος, έθεσαν το πρόβλημα εύρεσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Ένα μέρος της έρευνας για τέτοιες πηγές, οι οποίες είναι και μη ρυπογόνες, έχει στραφεί στις ήπιες μορφές ενέργειας, όπως φ / β ενέργεια και ενέργεια από ανεμογεννήτριες.

Η ισχύς που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου είναι περίπου 16% της ισχύος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Θεωρητικά η μέγιστη ενεργειακή απόδοση ανέρχεται περίπου σε 24%. Η υπερθέρμανση προκαλεί σημαντική μείωση της απόδοσης γι ' αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα είδος ψύξης του συστήματος το οποίο θα μπορούσε να είναι ένα παραπροϊόν ενέργειας, για τη θέρμανση νερού. Η ενεργειακή απόδοση που αναφέρθηκε, αναφέρεται σε μονοκρυσταλλικά στοιχεία, που όμως δυστυχώς κατασκευάζονται πάρα πολύ δύσκολα και είναι πολύ ακριβά. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν μειωμένη ενεργειακή απόδοση αλλά έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής.

Τα είδη ηλιακών κυττάρων που κατασκευάζονται σήμερα βιομηχανικά και χρησιμοποιούνται στις πρακτικές εφαρμογές είναι από πυρίτιο (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό, καθώς και από άμορφο). Η απόδοση τους είναι περίπου 10-14%. Η απόδοση των ηλιακών στοιχείων πυριτίου δεν μπορεί να υπερβεί θεωρητικά το 20% περίπου. Με διάφορα πλεονεκτικότερα υλικά, όπως ημιαγωγοί με βάση το κάδμιο, το γερμάνιο ή άλλα μέταλλα, καθώς και διάφορα συστήματα διάταξης τους μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (35% ή 65% σε ακραίες περιπτώσεις), όμως ακόμη βρίσκονται μόνο στο στάδιο της έρευνας. Η έρευνα που είναι προσανατολισμένη και για μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών στοιχείων, συνεχίζεται και υπόσχεται πολλά.

1.3.2 Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται συνήθως σε μεγάλους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ισχύος δεκάδων εκατοντάδων ή χιλιάδων MW, που καταναλώνουν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο ή ουράνιο και άλλα σχάσιμα υλικά ή χρησιμοποιούν υδατώσεις. Όλες όμως αυτές οι ενεργειακές πηγές έχουν περιορισμένες προοπτικές, αφού τα συμβατά και τα πυρηνικά καύσιμα εξαντλούνται βαθμιαία αλλά και η υδραυλική ενέργεια είναι ποσοτικά καθορισμένη και γεωγραφικά εντοπισμένη. Είναι επομένως φανερό η ύπαρξη ενός ενεργειακού προβλήματος, τουλάχιστον ως προς τη μελλοντική αντιμετώπιση των αναγκών της ανθρωπότητας σε ηλεκτρισμό.

Από τις πρώτες εναλλακτικές πηγές που εξετάστηκαν ήταν η ενέργεια των ανέμων, των κυμάτων ή ακόμα και των σεισμών, γεωθερμία η καύση φυτικών προϊόντων ή οργανικών αποβλήτων κλπ. Από αυτές άλλες έφτασαν γρήγορα στο στάδιο των πρακτικών εφαρμογών, άλλες βρίσκονται σε ανάπτυξη και άλλες περιορίστηκαν σε ερευνητικές μελέτες.

Μία άλλη πηγή ενέργειας που φαίνεται να συνδυάζει ιδανικά τις παραπάνω απαιτήσεις, και που η προοπτική της αξιοποίησης της βρήκε ανεπιφύλακτα αποδοχή στην διεθνή κοινή γνώμη είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ιδίως όταν με την βοήθεια του φωτοβολταϊκού φαινομένου διαπιστώθηκε η δυνατότητα της πρακτικής εφαρμογής μιας μεθόδου για την εύκολη, άμεση και αποδοτική μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και την λειτουργία μπορούμε να κατατάξουμε τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε 3 κατηγορίες:

1. Τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε σταθερά πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με την φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.
2. Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη την διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό στοιχείο μέχρι 30% περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειας του.
3. Τις διατάξεις που με την χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία. Για την αποφυγή

θέρμανσής, στις συγκεντρωτικές φωτοβολταικές διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνική ψύξη των ηλιακών στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών.

Πλεονεκτήματα :

- Ανανέωση και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Ικανοποιητική απόδοση μετατροπής.
- Σχετικά εύκολη μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες που αφθονούν.
- Πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ηλιακής ζωής των ηλιακών στοιχείων (τουλάχιστον 20 με 30 χρόνια).
- Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης αρκεί συνήθως επιθεώρηση τους μια φορά κάθε εξάμηνο. Αλλά και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της φωτοβολταικής διάταξης.
- Η φωτοβολταική μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί άχρηστα παραπροϊόντα.
- Δίνει την δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής.
- Οι φωτοβολταικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν με όσο μικρή ισχύ ζητηθεί.
- Η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, που είναι σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλός κόστος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων.
- Για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αστάθειας και της μεγάλης διακύμανσης της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σε σχέση όμως με τα ηλιακά θερμοηλεκτρικά συστήματα η χρήση μεγάλων συστημάτων κεντρικών ΦΙΒ σταθμών έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως:

- .Δεν χρειάζονται μεγάλες εκτάσεις γης για την ίδια ισχύ.
- .Αξιοποιούν και την ακτινοβολία διάχυσης (συνεπώς κάνουν και για συνήθως συννεφιασμένες περιοχές) .
- .Δεν έχουν κινούμενα τμήματα.
- Μετά την αρχική επένδυση δεν χρειάζονται παραπέρα επενδύσεις παρά μόνο για μια ελάχιστη συντήρηση.
- .Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους υπάρχοντες εμπορικούς ηλεκτρικούς σταθμούς.

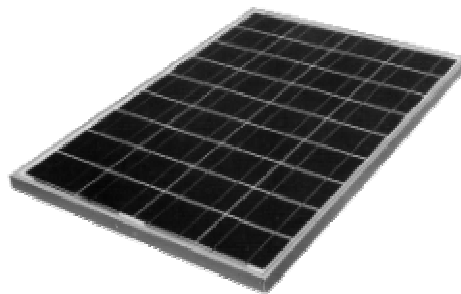
Βασικό μειονέκτημα των ΦΙΒ συστημάτων είναι ο ετεροχρονισμός μεταξύ παραγωγής και ζήτησης της ενέργειας.

Απαιτείται επομένως η ενδιάμεση αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι αποθήκευσης, όπως ηλεκτρόλυση νερού για την παραγωγή καυσίμου υδρογόνου, η ανύψωση νερού σε ταμιευτήρες κλπ. Πρακτικά όμως περισσότερο εφαρμόσιμη εξακολουθεί να είναι η φόρτιση ηλεκτροχημικών συσσωρευτών, το κόστος τους όμως είναι συνήθως μεγάλο.

1.3.3 Κύρια μέρη συλλέκτη

Τα κύρια μέρη του συλλέκτη είναι: η απορροφητική πλάκα ή απορροφητήρας, που είναι συνήθως μια μεταλλική επιφάνεια βαμμένη με μαύρο ‘ματ’ χρώμα, για να επιτυγχάνεται η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, σωλήνες ή αγωγοί για την κυκλοφορία υγρού ή αέρα σε θερμική επαφή με τον απορροφητήρα, θερμική μόνωση για την πίσω καθώς και τις παράπλευρες επιφάνειες του συλλέκτη, ένα ή περισσότερα στρώματα αέρα, που χωρίζονται από διαφανή καλύμματα και παρέχουν μόνωση στην πάνω επιφάνεια του συλλέκτη, και τέλος ένα πλαίσιο που εξασφαλίζει την αντοχή του συλλέκτη στα καιρικά φαινόμενα και προσδίδει μηχανική αντοχή.

Τα διαφανή καλύμματα είναι συνήθως από γυαλί. Το γυαλί έχει εξαιρετική αντοχή στις καιρικές συνθήκες και καλές μηχανικές ιδιότητες, έχει μεγάλη διαφάνεια, αν περιέχει μικρή ποσότητα οξειδίου του σιδήρου και είναι σχετικά φθηνό. Τα μειονεκτήματα του γυαλιού είναι ότι είναι βαρύ και εύθραυστο.



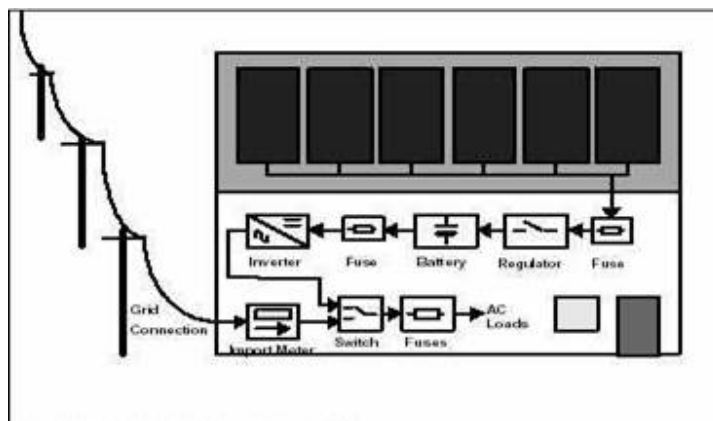
Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ορισμένα πλαστικά. Είναι γενικά λιγότερο εύθραυστα, ελαφρά και φθηνά, καθώς χρησιμοποιούνται σε πολύ λεπτά φύλλα. Όμως τα πλαστικά, γενικά, δεν έχουν την υψηλή αντοχή του γυαλιού στις καιρικές συνθήκες. Πολλά πλαστικά γηράσκουν και κιτρινίζουν με το χρόνο πράγμα που μειώνει την διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και οδηγεί σε μείωση της μηχανικής αντοχής. Άλλο μειονέκτημα είναι ότι το πλαστικό αντίθετα από το γυαλί είναι διαφανές για ένα μέρος της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, με αποτέλεσμα οι απώλειες ακτινοβολίας του συλλέκτη να είναι μεγαλύτερες.

1.3.4 Εφαρμογές

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και οι μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκοί σταθμοί παραγωγής έχουν γίνει τμήμα της καθημερινής μας ενεργειακής πραγματικότητας. Η άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία είναι εξαιρετικά διαδεδομένη σε πολλούς τομείς. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις χαρακτηρίζονται από την σταθερότητα τους, την έλλειψη κινουμένων μερών, την αυτονομία τους και τον μεγάλο χρόνο ζωής τους, καθώς και από τον αποκεντρωτικό χαρακτήρα που διαθέτουν. Δεν παράγουν κανενός είδους θόρυβο και είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Ο μόνος περιορισμός που τίθεται είναι το υψηλό τους κόστος αγοράς, καθώς η συντήρησή τους είναι σχεδόν ανύπαρκτη.

Ανάλογα με την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας τα φ/β συστήματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :

Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα:





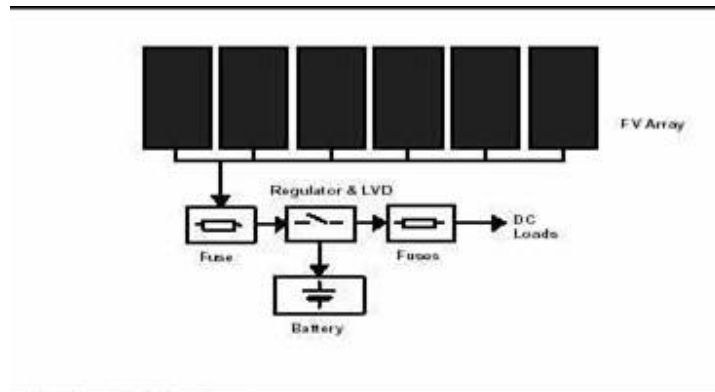
Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο.

Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης.



Οι παραπάνω φωτογραφίες είναι από το φ/β πάρκο της ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ στο Νομό Λασιθίου , ισχύος 171.6 kWp.

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

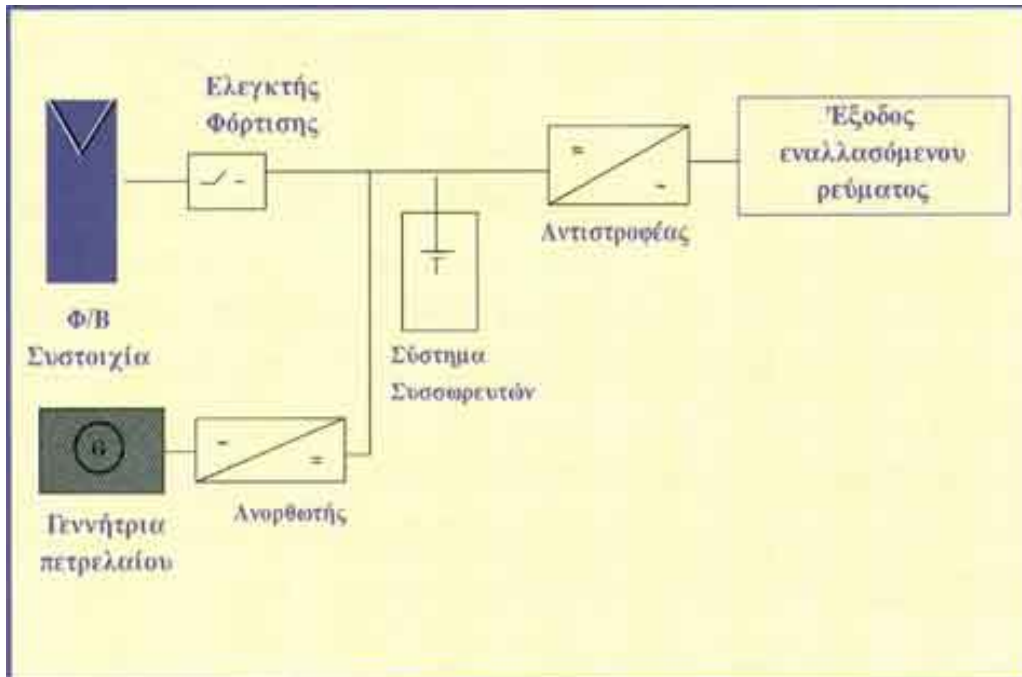


Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραιές τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.



Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λ.π.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά.



1.3.5 Σχεδίαση αυτόνομου Φ/Β συστήματος

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη :

I. Το είδος

- Μόνιμη -Δευτερεύουσα (εξοχική)
- Μήνες / ημέρες κατοίκησης
- Απαιτούμενη αυτοδυναμία

II. Ο οικιακός, εξοπλισμός και χρήση του

- Είδος συσκευών
- Ισχύς συσκευών
- Χρονική διάρκεια χρήσης συσκευών
- Χρονικό σημείο χρήσης συσκευών

III. Η θέση εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος (γεωγραφική και τοπογραφική)

- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε διάφορα επίπεδα (ενεργειακό δυναμικό)
- Χρονική διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας
- Διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης, προσανατολισμός, σκίαση, αλληλοσκίαση
- Φορτίο -Καμπύλες διακύμανσης ημερήσιου φορτίου
- Ημέρες αυτοδυναμίας
- Μέγεθος και Χαρακτηριστικά Μονάδας Μετατροπής Ισχύος
- Ρυθμιστής
- Μέγεθος και Χαρακτηριστικά Συσσωρευτή
- Αριθμός -Κλίση -Τεχνικά Χαρακτηριστικά -Συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων.



1.3.6 Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση)

- **Επίδραση της θέσης του συλλέκτη στην απόδοση του**

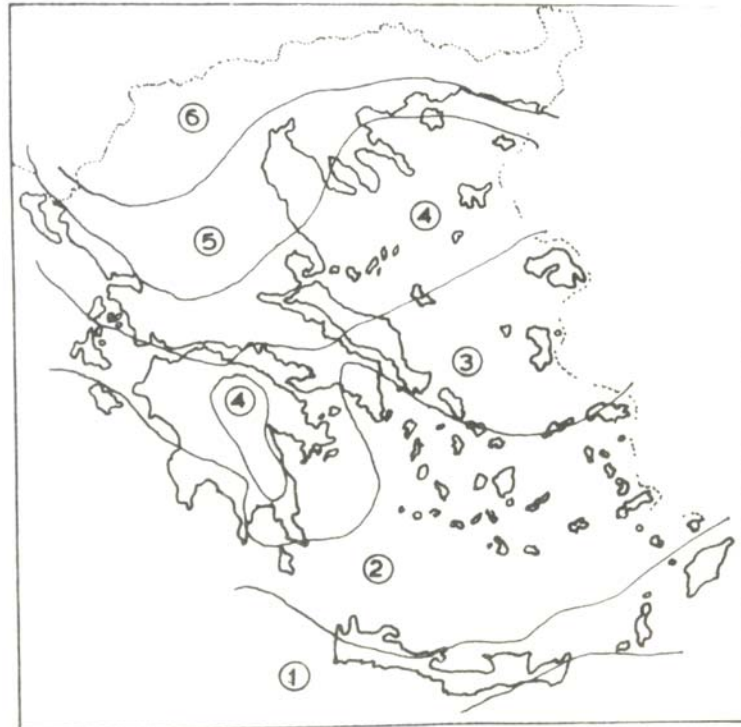
Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση) επηρεάζει την απόδοση του κατά δύο τρόπους. Πρώτα επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Ακόμα η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων και τον συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα, αφού οι δύο συντελεστές είναι συναρτησει της γωνίας, που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

- **Μετεωρολογικά δεδομένα**

Οι διάφοροι μετεωρολογικοί σταθμοί μετρούν συνήθως είτε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο (σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδες επιφάνειας) είτε το ποσό ηλιοφάνειας.

Υπάρχουν προσεγγιστικές μέθοδοι, όπως αυτή του Angstrom (1956) βάσει των οποίων υπολογίζεται η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο συναρτησει της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας και της ηλιοφάνειας.

Έχουν δημοσιευθεί κατά καιρούς μελέτες που δίνουν την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα. Παρακάτω δίνονται πίνακες που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τον μελετητή (να τον απαλλάξουν από μεγάλο όγκο υπολογισμών), όταν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια υπολογισμών. Για να περιορισθεί ο αριθμός των πινάκων αυτών, η χώρα χωρίζεται σε 6 ζώνες. Οι πόλεις που βρίσκονται στην ίδια ζώνη χαρακτηρίζονται από παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες. Ο χωρισμός της χώρας σε ζώνες φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ενώ στον παρακάτω πίνακα κατατάσσονται οι κυριότερες πόλεις ανάλογα με τη ζώνη που ανήκουν.



Χωρισμός της χώρας σε ζώνες

ΚΥΡΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΩΝΩΝ

Α. ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
(MJ/m²mo)

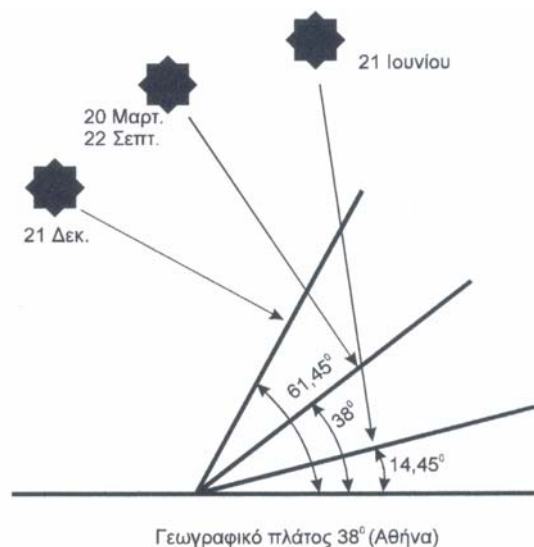
ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο	ΣΥ Ν
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	424	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	536	382	270	198	498	5738
3	220	259	400	493	684	745	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	726	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους. Η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας

συνδέεται με τις άλλες γωνίες της ηλιακής γεωμετρίας, που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη σχέση :

$$\text{συν}\phi = \text{συν}\beta \cdot \eta\mu\beta_{\sigma} \cdot \text{συν}(\theta_{\sigma} - \theta) + \eta\mu\beta \cdot \text{συν}\beta_{\sigma}$$

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, και η αξιμούθια γωνία είναι 0° (προς το νότο). Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή. Έτσι, αν επιδιώκεται να παράγει το σύστημα όσο το δυνατό περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μικρότερη από την παράλληλο του τόπου, ενώ για τον χειμώνα η κλίση επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου. Στο σχήμα 3.8 δίνεται ένα παράδειγμα της βέλτιστης κλίσης για τον ηλιακό συλλέκτη στις χαρακτηριστικότερες ημερομηνίες του έτους.

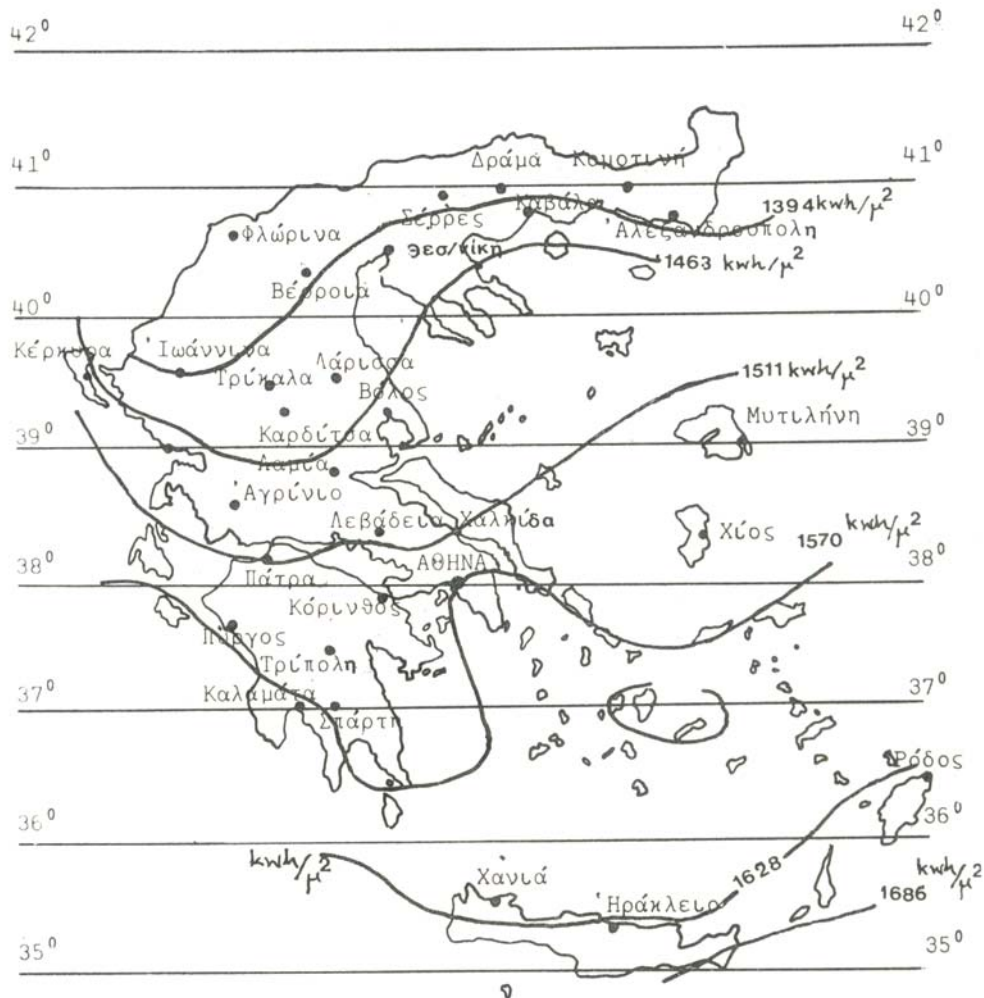


Η βέλτιστη θέση ενός ηλιακού συλλέκτη στο θερινό (21 Ιουνίου) και το χειμερινό (21 Δεκεμβρίου) ηλιοστάσιο και στην εαρινή (21 Μαρτίου) και τη φθινοπωρινή (21 Σεπτεμβρίου) ισημερία, σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος 38° , όπως η Αθήνα. Τα ύψη του ήλιου που εικονίζονται αφορούν στα αντίστοιχα μεσημέρια.

Επίσης, στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα γεωμετρικά πλάτη διαφόρων ελληνικών περιοχών, για την εφαρμογή της σωστής κλίσης του ηλιακού συλλέκτη. Υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια του έτους, ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.

Γεωγραφικό πλάτος (κατά προσέγγιση) διαφόρων ελληνικών πόλεων και περιοχών.

Πόλη ή περιοχή	Γεωγραφικό πλάτος
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεστιάδα, Φλώρινα, Έδεσσα, Γιαννιτσά, Κιλκίς, Σέρρες	41 ⁰ 30'
Δράμα, Καβάλα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη, Καστοριά, Πτολεμαίδα, Κοζάνη, Νάουσα, Βέροια	41 ⁰ 00'
Κατερίνη, Θεσσαλονίκη, Πολύγυρος, Σαμοθράκη	40 ⁰ 30'
Κόνιτσα, Γρεβενά, Λιτόχωρο, Κασσάνδρα, Λήμνος, Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Μέτσοβο	40 ⁰ 00'
Τρίκαλα, Καρδίτσα, Λάρισα, Βόλος, Λευκάδα, Πρέβεζα, Άρτα, Καρπενήσι, Λαμία	39 ⁰ 30'
Σκύρος, Μυτιλήνη, Βούλιστα Παναγιά, Κεφαλληνία, Ιθάκη, Αγρίνιο, Μεσολόγγι, Πάτρα	39 ⁰ 00'
Άμφισσα, Λιβαδειά, Θήβα, Χαλκίδα, Χίος, Ζάκυνθος, Αμαλιάδα, Καλάβρυτα, Κόρινθος, Μέγαρα, Ελευσίνα, Αθήνα, Ραφήνα, Κάρυστος, Άνδρος	38 ⁰ 30'
Ικαρία, Σάμος, Πύργος, Μεγαλόπολη, Τρίπολη, Άργος, Ναύπλιο	38 ⁰ 00'
Πόρος, Σύρος, Πάτμος, Πύλος, Καλαμάτα, Σπάρτη, Πάτμος, Νάξος	37 ⁰ 30'
Κάλυμνος, Κως	37 ⁰ 00'
Γύθειο, Μήλος, Σαντορίνη, Ρόδος	36 ⁰ 30'
Κύθηρα, Καστελόριζο	36 ⁰ 00'
Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο , Κάσσος, Κάρπαθος, Χώρα Σφακίων, Ιεράπετρα, Άγιος Νικόλαος Κρήτης	35 ⁰ 20'
Κύπρος	35 ⁰ 00'



Τα παραπάνω ισχύουν για τη συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται σαν δέσμη από τον ήλιο. Για τις άλλες, από ενεργειακή άποψη λιγότερο σημαντικές μορφές της ηλιακής ενέργειας, ο κυριότερος παράγοντας είναι η απόλυτη τιμή της κλίσης του συλλέκτη, ανεξάρτητα από τη θέση του ήλιου. Έτσι, όσο η κλίση απέχει περισσότερο από το οριζόντιο, τόσο μεγαλύτερο ποσό ανακυκλωμένης ακτινοβολίας από το έδαφος δέχεται ο συλλέκτης, αλλά και τόσο μικρότερο ποσό διάχυσης ακτινοβολίας από τον ουρανό.

Για παράδειγμα, σε περιοχές με υγρό κλίμα, όπου λόγω των σταγονιδίων του νερού στην ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται στον ουρανό, η βέλτιστη κλίση του ηλιακού συλλέκτη για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους είναι περίπου 10 – 15 % μικρότερη από τη γωνία του τοπικού γεωγραφικού πλάτους. Έτσι, ο συλλέκτης αντικρίζει περισσότερο τον ουρανό και δέχεται αφθονότερα τη διάχυτη ακτινοβολία.

Η ποσότητα της ανακυκλωμένης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό που καλύπτει την επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1 για πλήρη ανάκλαση. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ενδεικτικές τιμές ανάκλασης για ορισμένα από τα είδη επιφανειών που συμβαίνει να έχει το περιβάλλον στις περιοχές, όπου τοποθετούνται οι ηλιακοί συλλέκτες.

Είδος επιφάνειας	Συντελεστής ανάκλασης
Επιφάνεια νερού, θάλασσα	0,05
Ασφαλτόστρωμα	0,07
Αγρός με σκοτεινόχρωμο χόμα	0,08
Πράσινος αγρός	0,15
Βραχώδης επιφάνεια	0,20
Επιφάνεια παλιού τσιμέντου	0,24
Επιφάνεια νέου τσιμέντου χρωματισμένη με ανοιχτό χρώμα	0,30
Χιόνι	0,60

Παραδείγματα τιμών του συντελεστή ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας

Από όλα τα παραπάνω φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι για να αυξήσουμε την απόδοση μιας συγκεκριμένης φωτοβολταϊκής συστοιχίας πρέπει να έχουμε την επιφάνεια της πάντα κάθετη ως προς τις ακτίνες του ήλιου, δηλαδή να "ακολουθεί" τον ήλιο κατά την κίνηση του από την ανατολή προς τη δύση και κατά την εποχιακή του κίνηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ

2.1 Περιγραφή συστήματος

Το σύστημα παρακολούθησης του ήλιου αποτελείται: από τους ηλιακούς συλλέκτες, τους κινητήρες και τους μηχανισμούς κίνησης για την κίνηση των συλλεκτών σε δυο άξονες, τους διακόπτες ασφαλείας, την βάση, μετρητές κλίσης των πανέλων, τις καλωδιώσεις και την συσκευή ελέγχου και καταγραφής μετρήσεων.

2.2 Σκοπός και αλλαγές για την βελτίωση της συσκευής

Όσο η τεχνολογία αναπτύσσεται τόσο πιο πολύ ο άνθρωπος δημιουργεί διάφορες συσκευές έτσι ώστε να έχουμε την μέγιστη δυνατή απορρόφηση ενέργειας από τον ήλιο. Μια τέτοια προσπάθεια έγινε και από το ΑΤΕΙ για την κίνηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε δύο άξονες ακολουθώντας συνέχεια τον ήλιο και χωρίς να πρέπει να επεμβαίνουμε εμείς κάθε τόσο για το σωστό προσανατολισμό τους.

2.3 Αλλαγές που έγιναν και τα πλεονεκτήματά τους:

A. Στην συσκευή στήριξης των πανέλων:

❖ Στον τρόπο εύρεσης των γωνιών θέσης ηλιακών συλλεκτών.
Τοποθετήθηκαν απόλυτοι περιστροφικοί κωδικοποιητές γωνίας αντί των επαγωγικών αισθητηρίων. Έτσι με αυτόν τον τρόπο ο ελεγκτής θα ξέρει σε οποιαδήποτε στιγμή την θέση των πανέλων χωρίς να χρειάζεται να κάνει επανατοποθέτηση κάθε φορά που θα διακόπτεται η ηλεκτρική τροφοδοσία του.

B. Στο ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου:

❖ Το ρολόι πραγματικού χρόνου.
Τοποθετήθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα DS1302 αντί του ρολογιού μέσω του ελεγκτή. Έτσι ο ελεγκτής θα ξέρει σε οποιαδήποτε στιγμή τον πραγματικό χρόνο χωρίς να χρειάζεται να γίνετε επανατοποθέτηση του χρόνου από τον χρήστη κάθε φορά που θα διακόπτεται η ηλεκτρική τροφοδοσία του.

❖ Στους διακόπτες των ηλεκτρονόμων.

Τοποθετήθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα ULN2004A αντί των τρανζίστορ. Έτσι θα έχουμε αντιπαρασιτική προστασία στο ψηφιακό μας κύκλωμα από τα επαγωγικά ρεύματα που προέρχονται από τα πηνία των ηλεκτρονόμων.

- ❖ Τοποθετήθηκαν 4 ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης για την καταγραφή αναλογικών μετρήσεων. Η μνήμη είναι σειριακής επικοινωνίας τύπου EEPROM AT24C64 όπου σημαίνει, τα δεδομένα θα είναι καταγεγραμμένα και μετά την απώλεια ηλεκτρικής τροφοδοσίας.
- ❖ Τοποθετήθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα MAX202E για την επικοινωνία της συσκευής ελέγχου με υπολογιστή για την λήψη δεδομένων των μετρήσεων που θα έχουν αποθηκευτεί στις μνήμες EEPROM καθώς για την on line καταγραφή και επεξεργασία τους με το κατάλληλο software.
- ❖ Οθόνη είκοσι χαρακτήρων και τεσσάρων γραμμών αντί δεκαέξι και δύο αντιστοίχως για την ευκολότερη και πιο πλήρης εμφάνιση των παραμέτρων και μετρήσεων.
- ❖ Τέσσερα πλήκτρα ελέγχου και εισαγωγής παραμέτρων αντί δεκαέξι πλήκτρων που είχε, για μεγαλύτερη ευχρηστία
- ❖ Στο μοντέλο του μικροελεγκτή
Τοποθετήθηκε ο MEGA128 της ATMEL ο οποίος και είναι ένα από τα μεγαλύτερα μοντέλα για να έχουμε κάλυψη στον αριθμό των απαιτούμενων εισόδων / εξόδων ευχέρεια στο μέγεθος της μνήμης μεταβλητών και προγράμματος καθώς και χρήση των περιφερειακών του.
- ❖ Στην ηλεκτρική τροφοδοσία των ηλεκτρονικών.
Αλλάχθηκαν τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ρύθμισης 78XX με το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM2576S-ADJ με το οποίο έγινε ένα switching mode χαμηλής κατανάλωσης και υψηλής ισχύος 3A τροφοδοτικό με τάση εισόδου 6-70 Vdc στα 5V dc έξοδο.

Γ. Στο λογισμικό μικροελεγκτή:

- ❖ Βελτίωση στις εξισώσεις τροχιάς του ήλιου.
Έγινε βελτίωση ώστε το σφάλμα λόγω της μικρής ικανότητας τους μαθηματικούς υπολογισμούς του μικροελεγκτή να είναι το μικρότερο δυνατό με απολτέλεσμα το σφάλμα να είναι μικρότερο της μίας μοίρας.
- ❖ Βελτίωση στο λογισμικό του μικροελεγκτή ώστε να είναι πιο εύχρηστο και πιο αποτελεσματικό για την ασφαλή λειτουργία του.

Τελικά με τις αλλαγές, η συσκευή μας μπορεί να εκτελεί τις παρακάτω εργασίες:

- Να απεικονίζει στην οθόνη τις παρακάτω ενδείξεις:
 1. Ώρα ημερομηνία
 2. Γωνία αζιμουθίου και ύψους του ήλιου.
 3. Γωνία αζιμουθίου και ύψους του φωτοβολταϊκού πάνελ.
 4. Αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία.
 5. Τάση και ρεύμα φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Να κινεί αυτόματα (αν έχει ρυθμιστεί) σε ορισμένα χρονικά διαστήματα, καθορισμένα από τον χρήστη τους κινητήρες του αζιμουθίου και του ύψους των φωτοβολταϊκών πανέλων σύμφωνα με την τροχιά του ήλιου ώστε αυτά να είναι προσανατολισμένα ως προς τον ήλιο καθ'ολη την διάρκεια της ημέρας και αναλόγως των γωνιών απόκλισης που θα έχει καθορίσει ο χρήστης.
- Να καταγράφει σε ορισμένα χρονικά διαστήματα, καθορισμένα από τον χρήστη, τα δεδομένα των μετρήσεων που θα εκτελεί, του ρεύματος και της τάσης του φωτοβολταϊκού συστήματος, καθώς την ώρα την ημερομηνία αλλά την θέση των πανέλων, στη μνήμη EEPROM της συσκευής.
- Να κινεί ο χρήστης κατά βούληση τους κινητήρες του αζιμουθίου και του ύψους των φωτοβολταϊκών πανέλων έτσι ώστε να τα τοποθετεί στην επιθυμητή γωνία.
- Να φορτώνει τα δεδομένα από τη μνήμη της συσκευής σε ένα υπολογιστή καθώς και να τα διαγράφει.
- Να αλλάζει ο χρήστης της παρακάτω παραμέτρους:
 1. Αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία συσκευής.
 2. Ώρα, ημερομηνία.
 3. Χρονικό διάστημα κίνησης πανέλων.
 4. Χρονικό διάστημα καταγραφής δεδομένων.
 5. Αποκλίσεις πανέλων.
 6. Παραμέτρους διόρθωσης των αναλογικών μετρήσεων.

2.4 Ηλιακός συλλέκτης

Ο τύπος του πάνελ που χρησιμοποιούμε είναι ο SM-55. Ο τύπος αυτός έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Το Siemens SM-55 είναι ένα κλασικό βιομηχανικό panel. Αυτό είναι το ίδιο μέγεθος με το SM-50. Είναι κατάλληλο για όλες της κλιματολογικές συνθήκες.



Siemens SM55 Specifications

General characteristics:

The Siemens SM-55 is a single crystal solar electric panel with 36 cells. Standard aluminum frame and pre-drilled mounting holes for easy installation. Provided with a junction box at each end for connections. Former part number M55.

Electrical Characteristics:

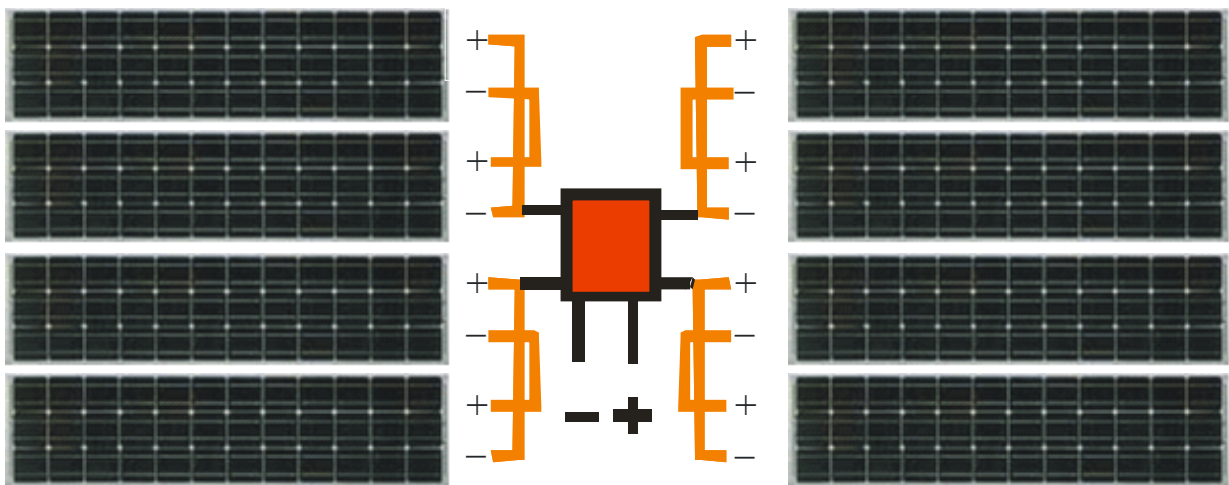
Power Rating (Watts)	55
Current at rated power (amps)	3.15
Voltage at rated power (volts)	17.4
Short circuit current (amps)	3.45
Open circuit voltage (volts)	21.7

Physical Characteristics:

Length	50.9"	1293 mm
Width	13"	329 mm
Depth	1.3"	34 mm
Weight	12 pounds	5.5 kg
Warranty	25	



Φωτογραφία των φωτοβολταϊκών πινάκων



Ηλεκτρική σύνδεση των φωτοβολταϊκών πινάκων

Η ηλεκτρική συνδεσμολογία τους είναι η εξής: από τα αριστερά είναι ανά 2 σε σειρά και μεταξύ τους παράλληλα, το ίδιο ισχύει και απ' τα δεξιά. Τα πάνελ που βρίσκονται από τη δεξιά και αριστερή πλευρά είναι μεταξύ τους συνδεδεμένα παράλληλα.

2.5 Κινητήρες

Το σύστημα μας χρησιμοποιεί δύο κινητήρες. Ένα κινητήρα για την κίνηση του αζιμούθιου και ένα για την κίνηση του ύψους.

Ο κινητήρας του αζιμούθιου είναι ο **VECCHI & BENDETTI** και έχει τα εξής παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Τάση λειτουργίας : 24V DC
- Στροφές : 1800 rpm
- Ισχύ : 100 W
- Ρεύμα : 6 A

Ο κινητήρας του ύψους είναι ο **SUPERJACK XL HQ** και έχει τα εξής παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Τάση λειτουργίας : 24V DC
- Ισχύ : 20 W
- Ρεύμα : 1 A

Για να πετύχουμε τον επιθυμητό αριθμό στροφών στην κίνηση του κινητήρα του αζιμούθιου χρησιμοποιήσαμε δύο μειωτήρες. Ο πρώτος που συνδέεται πάνω στο κινητήρα είναι MOTOVARIO (Italy) 20.0(δηλαδή στις 20 στροφές του κινητήρα έχει έξοδο 1) και ο δεύτερος κατά σειρά είναι ο MOTOVARIO (Italy) 30.0. Με αυτούς τους μειωτήρες τελικά καταλήγουμε από τις 1800 rpm του κινητήρα στις 3 rpm. Έτσι η κίνηση του Panel είναι αργή και σταθερή.

Η μείωση των στροφών του κινητήρα έγινε για του παρακάτω λόγους :

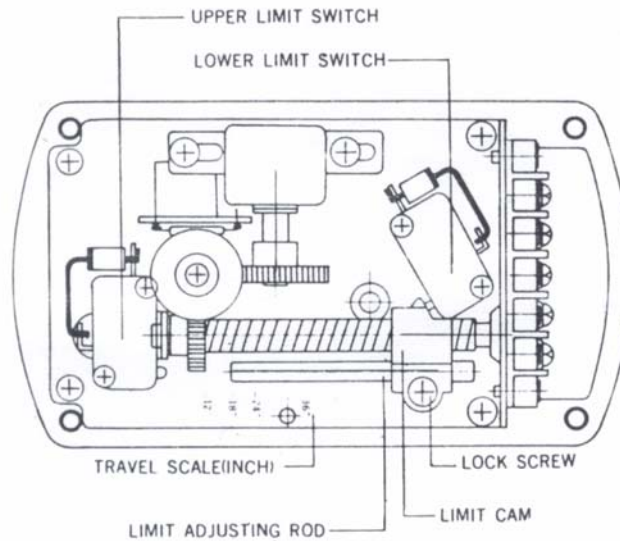
- Για να πετύχουμε καλύτερη ακρίβεια στην κίνηση του Panel.
- Μείωση φθορών.



2.6 Τερματικοί διακόπτες

Για την ασφάλεια της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν 4 τερματικοί διακόπτες δύο για κάθε κινητήρα.

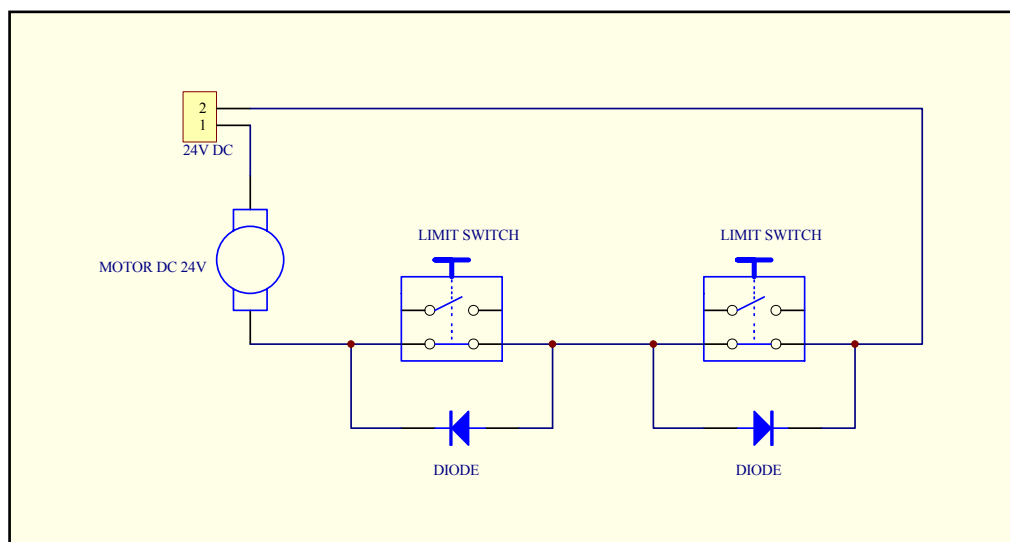
Οι τερματικοί διακόπτες για τον κινητήρα του ύψους είναι εσωτερικά του και ρυθμίστηκαν έτσι ώστε η περιοχή κίνησής του να είναι 60°. Το σχήμα εσωτερικά του κινητήρα με τους τερματικούς διακόπτες φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 1

Ο κινητήρας του αζιμούθιου έχει τους τερματικούς του διακόπτες εξωτερικά και ρυθμίστηκαν έτσι ώστε η περιοχή κίνησής του να είναι 240°.

Στους τερματικούς διακόπτες τοποθετήθηκαν διόδους έτσι ώστε μετά την ενεργοποίηση του τερματικού, ο κινητήρας να μπορεί να κινηθεί με την αντίθετη φορά μέσω της διόδου. Τα παραπάνω φαίνονται στο κύκλωμα που ακολουθεί.



Ηλεκτρολογικό σχέδιο τερματικών διακοπών

2.7 Βάση στήριξης πάνελ

Η βάση αποτελείται από ένα σιδερένιο τετράγωνο κουτί. Εσωτερικά του περιέχεται ένας σιδερένιος κυκλικός δίσκος ακτίνας 30 cm για την αζιμούθια κίνηση ο οποίος είναι στερεωμένος πάνω σ' ένα άξονα περιστροφής, καθώς και ο κινητήρας του αζιμούθιου με τους μειωτήρες και τους τερματικούς του. Ο κυκλικός δίσκος έχει μεγάλες διαστάσεις για να μειώσουμε την ροπή του πάνελ ως προς την κινητήρια δύναμη και έχει στα άκρα του αλυσίδα με μεγάλα γρανάζια έτσι ώστε να αντέχει σε μεγάλες δυνάμεις. Η κίνηση γίνεται με ένα γρανάζι που είναι τοποθετημένο πάνω στο δεύτερο μειωτήρα (30.0) και εφάπτεται στην αλυσίδα του κυκλικού δίσκου. Εξωτερικά πάνω στον άξονα περιστροφής είναι στερεωμένα πάνω σε σιδερένιους άξονες τα πάνελ. Επίσης στους σιδερένιους άξονες είναι τοποθετημένος και ο κινητήρας του ύψους μαζί με τα εξαρτήματά του.



2.8 Απόλυτος περιστροφικός κωδικοποιητής θέσης (absolute rotary encoder)

Η ανάγκη της σωστής παρακολούθησης του ήλιου, έτσι ώστε να επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή συλλογή ηλιακής ενέργειας, μας ώθησε να βρούμε ένα τρόπο για να γνωρίζουμε κάθε στιγμή σε πια θέση (αζιμούθιο & ύψος) βρίσκεται το ηλιακό Panel. Έτσι κατασκευάστηκαν περιστροφικοί κωδικοποιητές θέσης οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στα πάνελ. Με αυτόν τον τρόπο μετράμε την θέση των ηλιακών πανέλων μέσω ενός παράλληλου ψηφιακού σήματος 9 bit σε κώδικα GREY και τους μετατρέπουμε σε μοίρες με το software έναντι των παλαιών επαγωγικών αισθητήρων όπου δεν είχαμε απόλυτη μέτρηση θέσης .

Οι περιστροφικοί κωδικοποιητές θέσης έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά

- Τάση λειτουργίας : 5 V DC
- Έξοδος: 5 V DC
- Κωδικοποίηση: GREY 9 bit
- Γωνία: 360°

Οι κωδικοποιητές αποτελούνται:

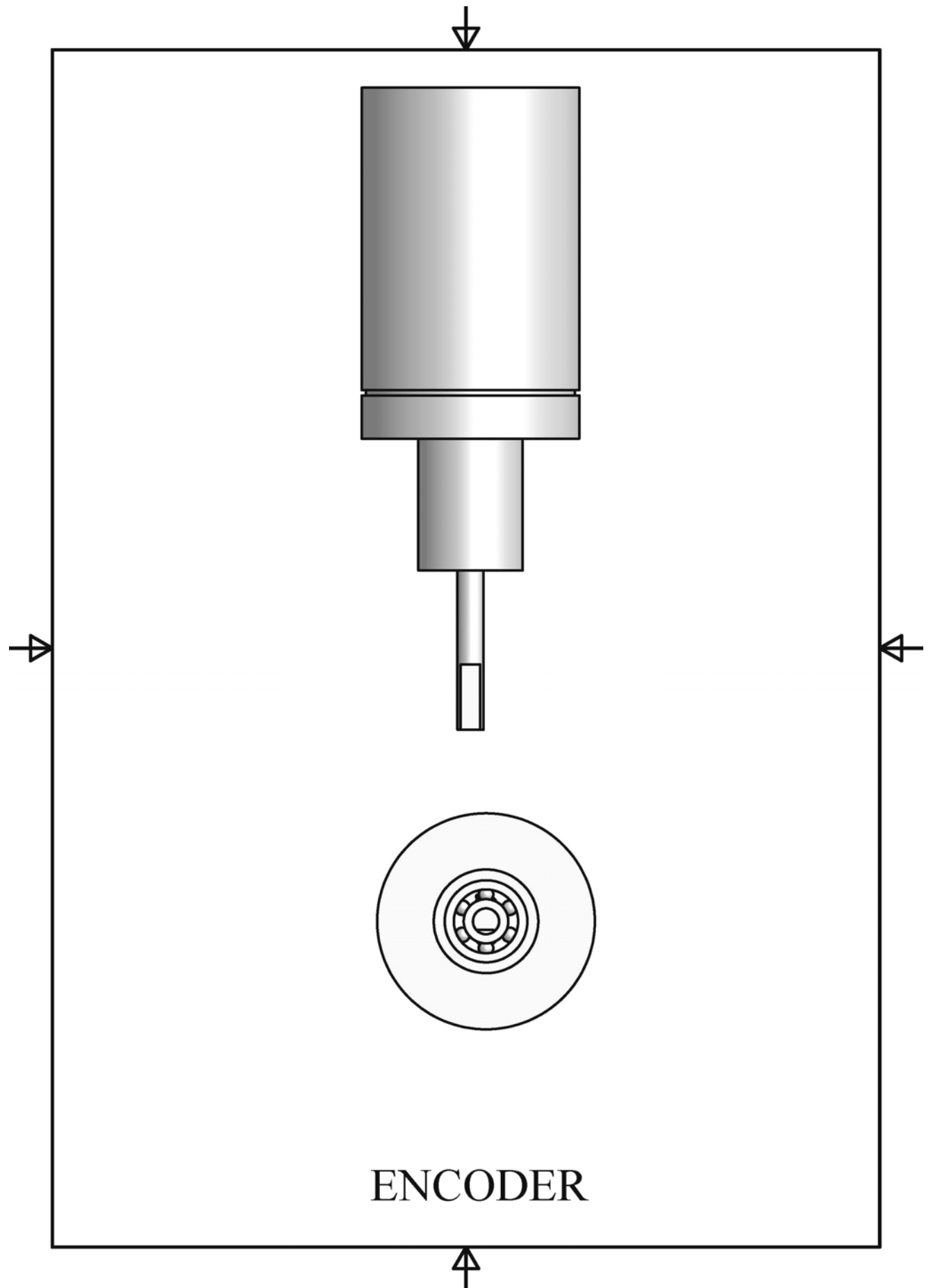
- από το κέλυφος
- τον άξονα,
- τους σφαιρικούς τριβείς
- τους δίσκους με οπτικό κώδικα Grey ανάλογα με το βάρος του bit
- τους αποστάτες των δίσκων
- και τη πλακέτα των ηλεκτρονικών φωτοδιακοπών.

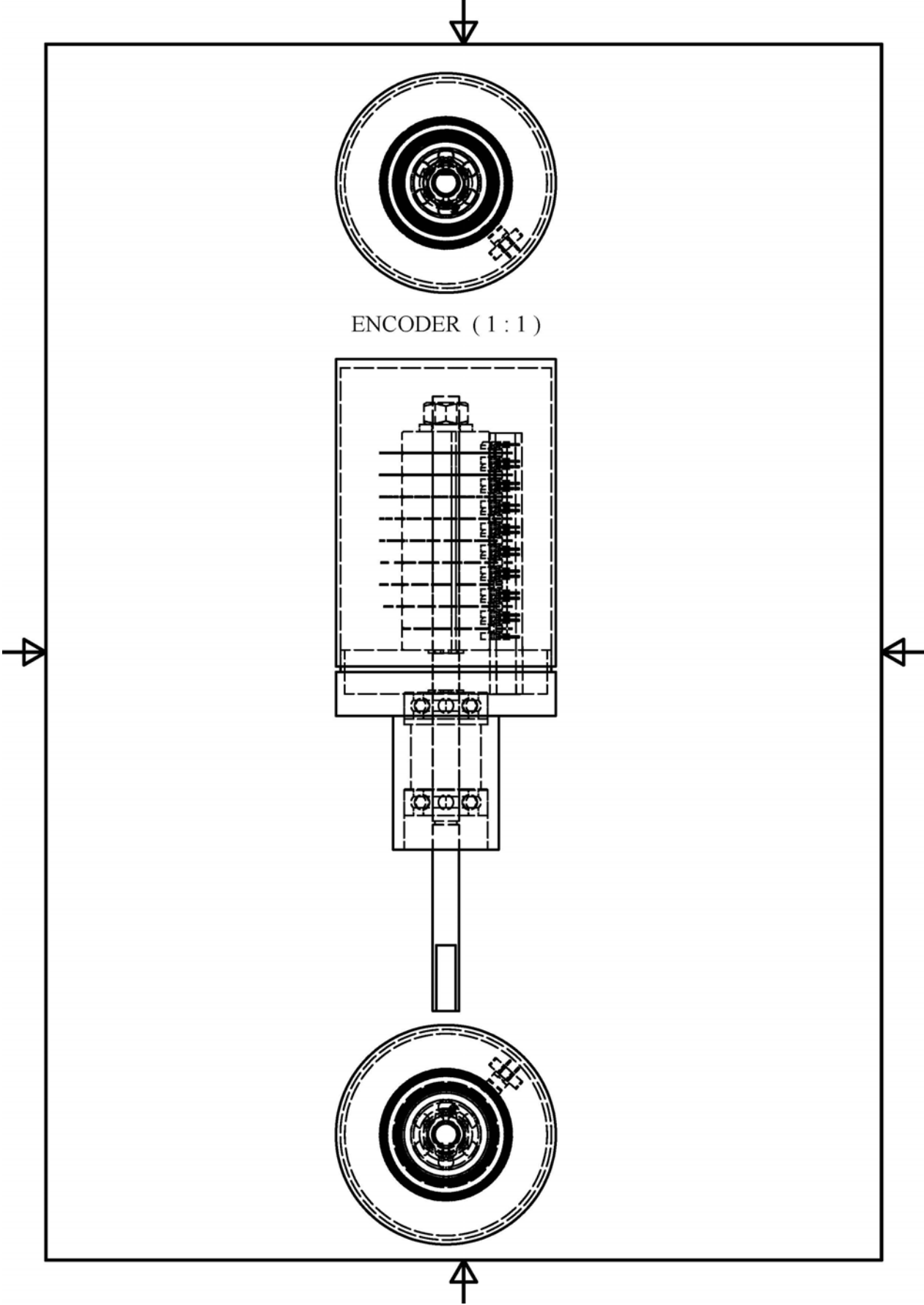
Όλα τα εξαρτήματα για την κατασκευή των κωδικοποιητών θέσης σχεδιάστηκαν, κατασκευάστηκαν και συναρμολογήθηκαν από τον Ν Παπαδάκη εκτός των μεταλλικών εξαρτημάτων που κατασκευάστηκαν από τοπικό μηχανουργείο.

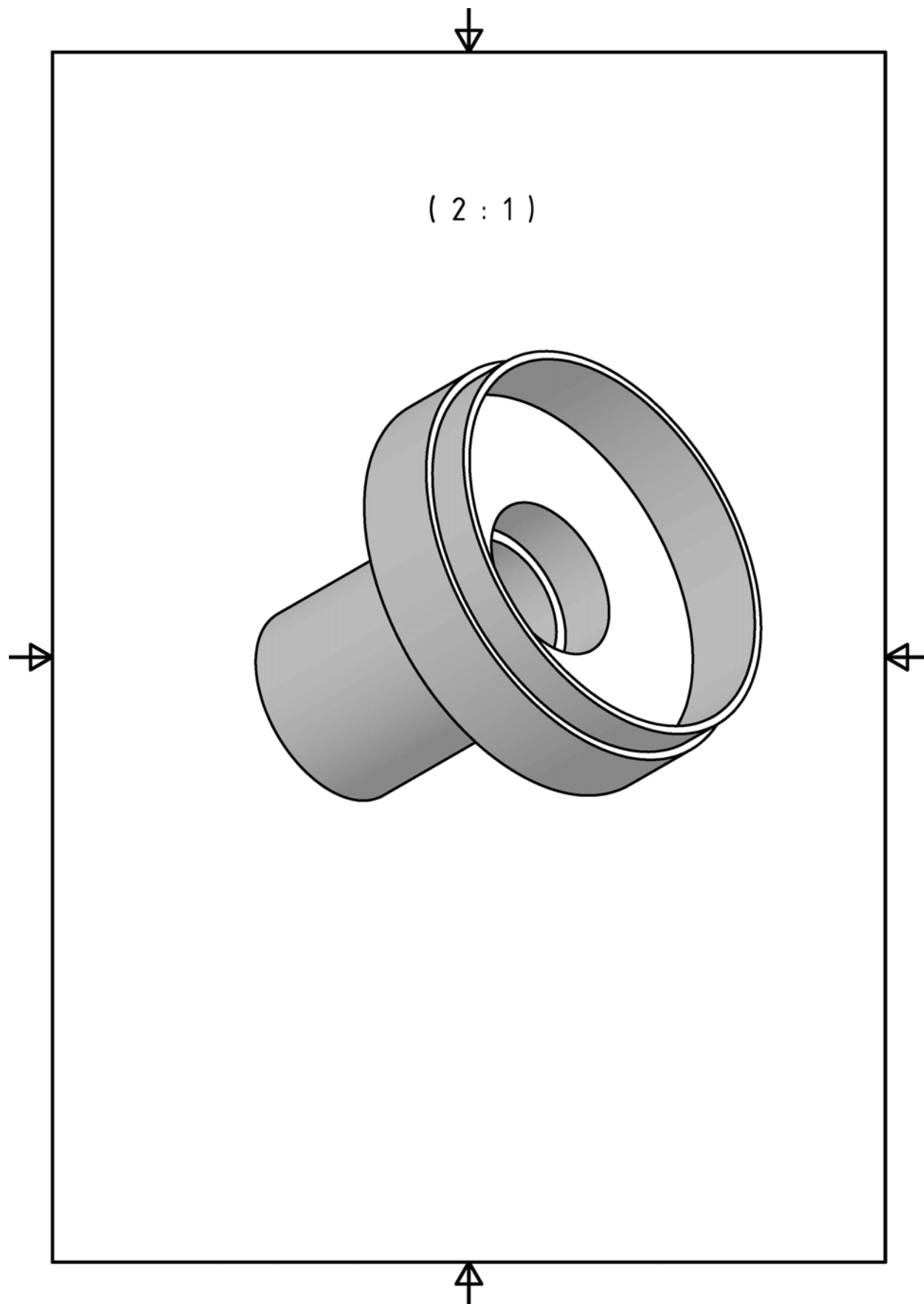
Ο κωδικοποιητής για την μέτρησης θέσης της ανύψωσης των πανέλων τοποθετήθηκε στο σημείο στήριξης των πάνελ έτσι ώστε ο άξονας στήριξης του να μεταφέρει τη κίνηση του στον άξονα του κωδικοποιητή διαμέσου ενός συμπλέκτου.

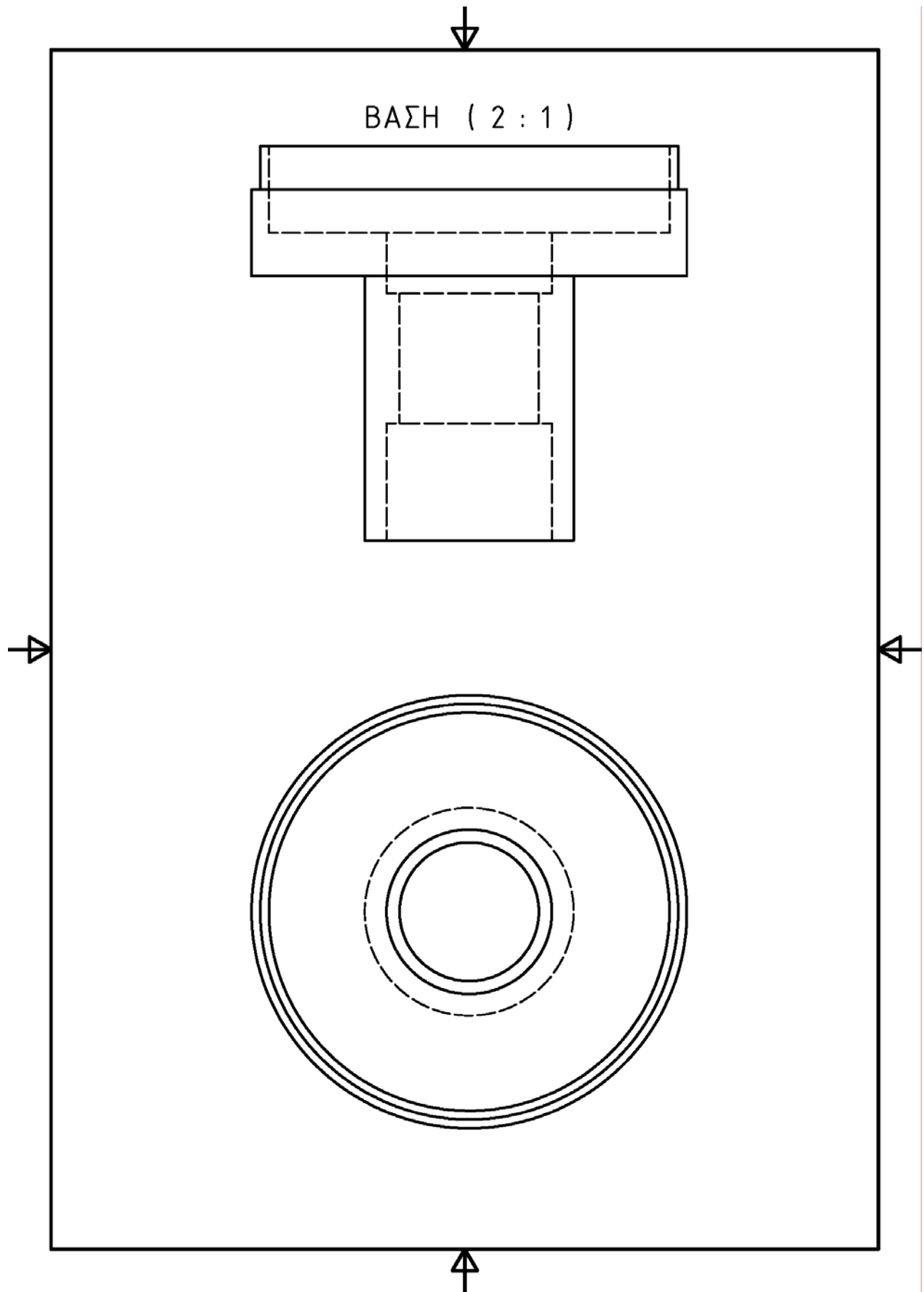
Ο κωδικοποιητής για την μέτρησης θέσης της περιστροφής των πανέλων τοποθετήθηκε στο κέντρο του δίσκου κίνησης σημείο στήριξης των πάνελ έτσι ώστε ο άξονας στήριξης του να μεταφέρει τη περιστροφική του κίνηση στον άξονα του κωδικοποιητή διαμέσου ενός συμπλέκτου καθώς ο κινητήρας περιστροφής αναγκάζει τον δίσκο σε κίνηση.

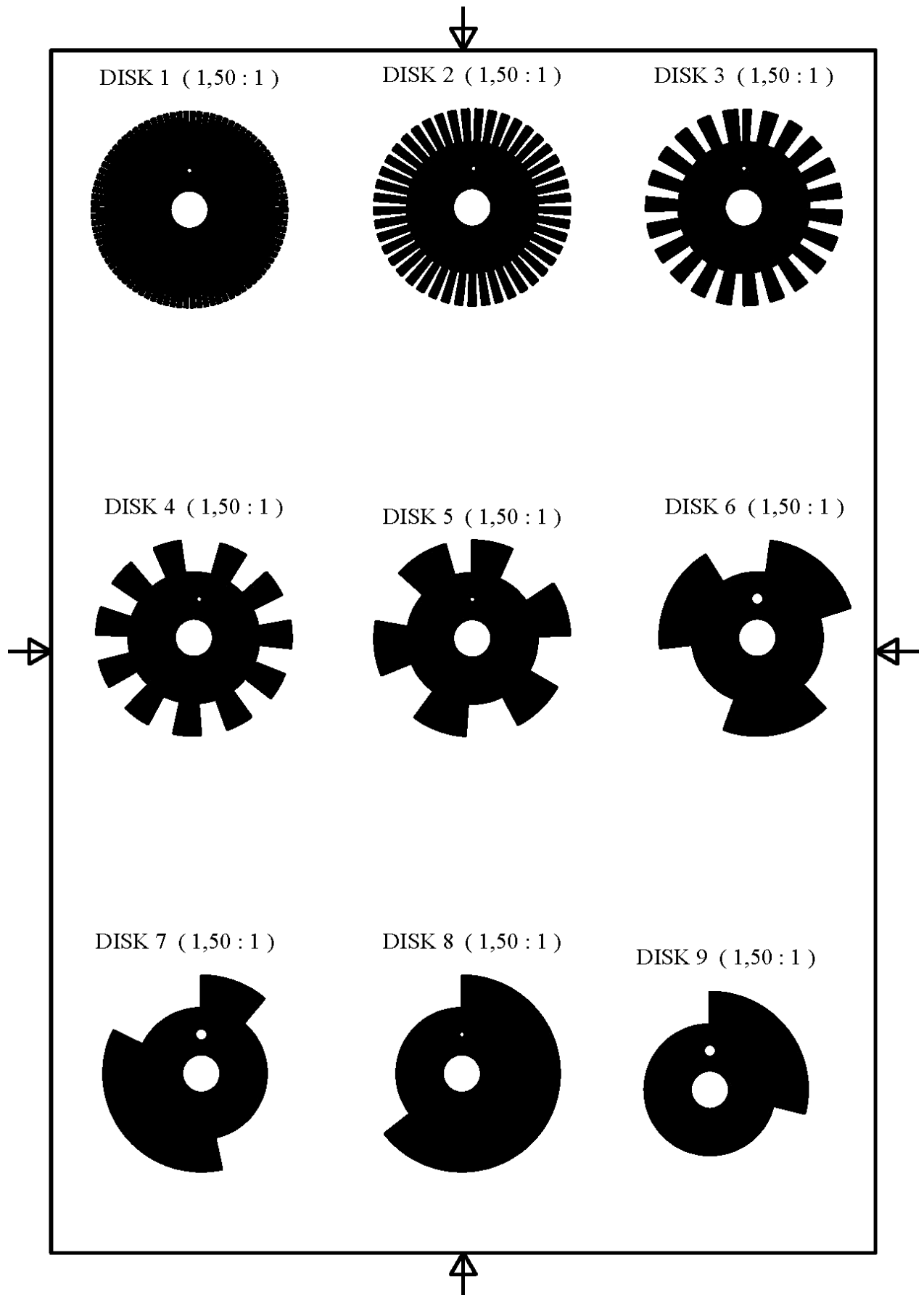
Παρακάτω ακολουθούν τα σχέδια των κωδικοποιητών.

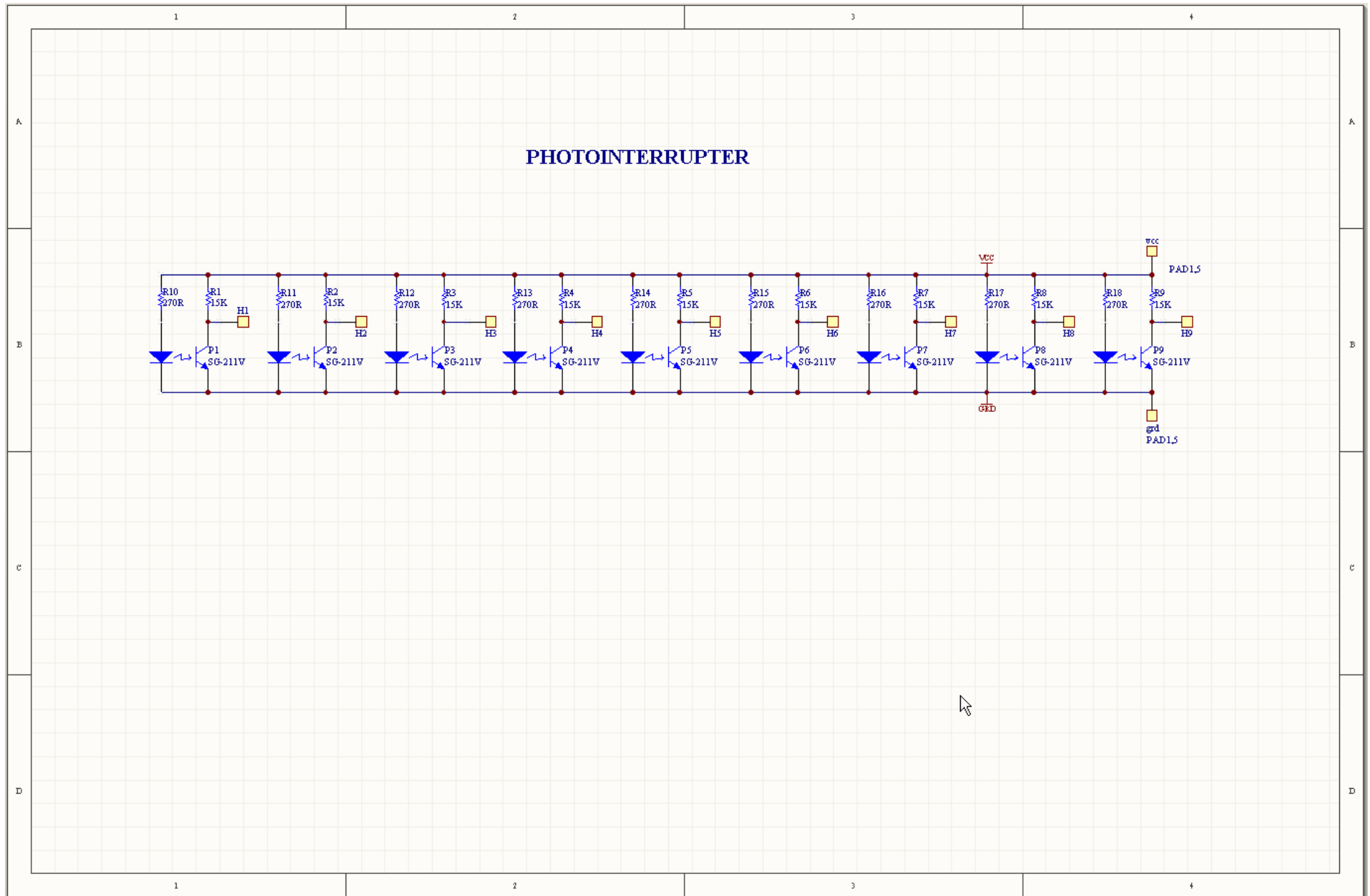


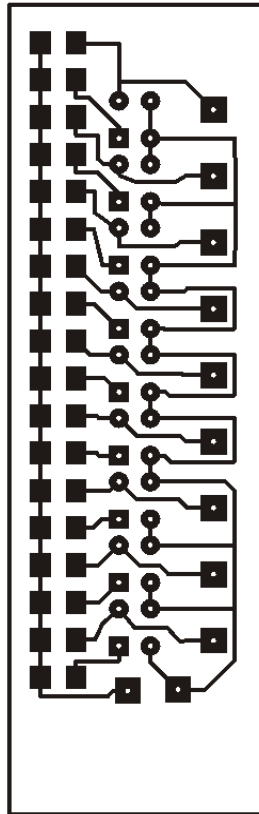












Σχέδιο τυπωμένου κυκλώματος encoder

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

3.1 Περιγραφή κυκλώματος

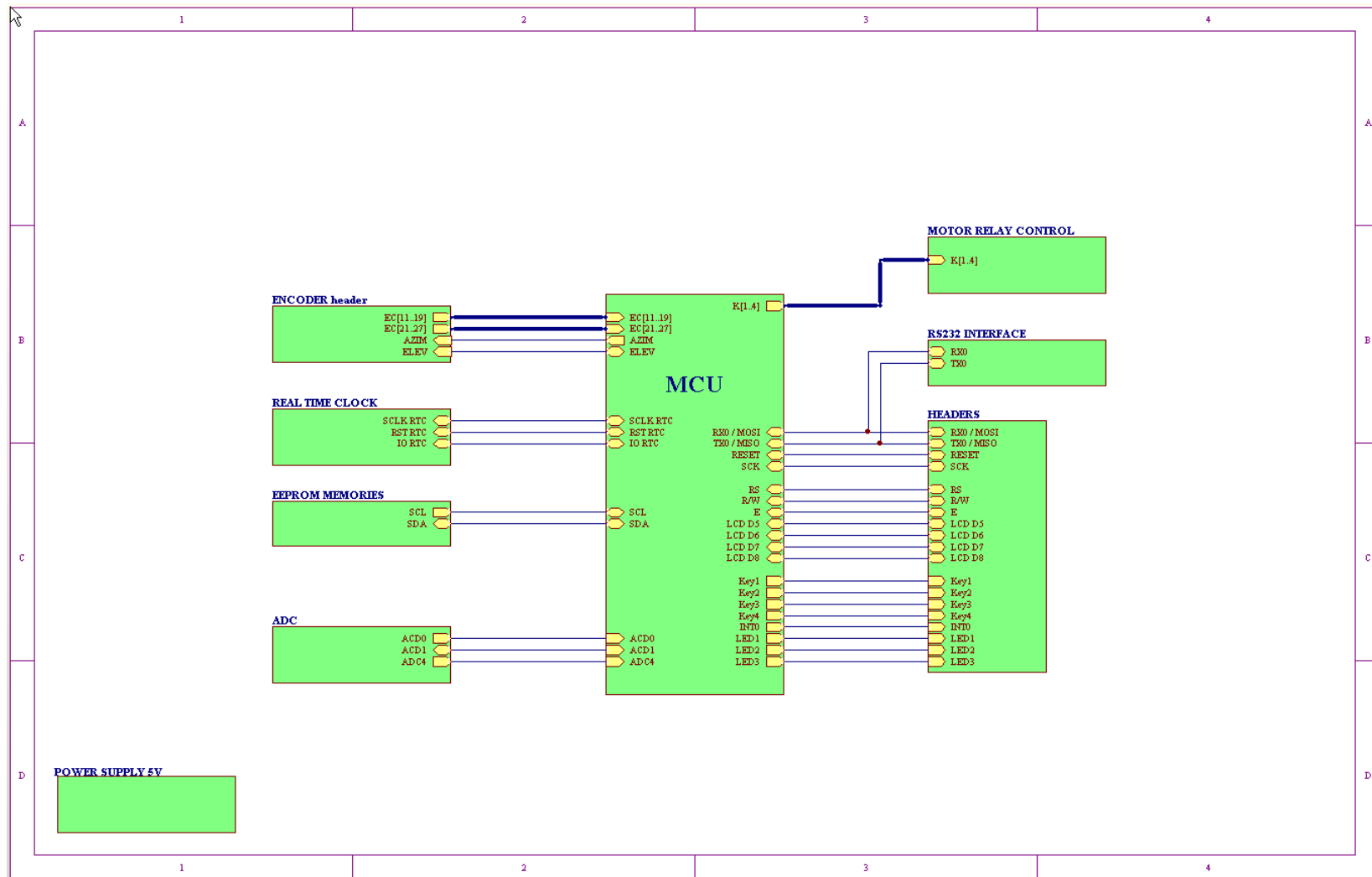
Η συσκευή δημιουργήθηκε για να κινεί μέσω ηλεκτρικών κινητήρων τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε δύο άξονες με ακρίβεια μιας μοίρας σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, να μετρά καθώς και να καταγράφει αυτές τις μετρήσεις σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους με σκοπό ο χρήστης να μπορεί να τις λαμβάνει για περαιτέρω επεξεργασία.

Έτσι η συσκευή αποτελείται από τα βασικά κυκλώματα :

- Το τροφοδοτικό ισχύος.
- Τον μικροελεγκτή.
-

Και τα παρακάτω περιφερειακά κυκλώματα:

- Μνήμη
- Σειριακή επικοινωνία
- Ρολόι πραγματικού χρόνου
- Οδήγηση ηλεκτρονόμων κινητήρων
- Σύνδεση και οδήγηση Encoder
- Σύνδεση συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου παραμέτρων και ελέγχου
- Είσοδος και ενίσχυση αναλογικού σήματος



Μπλοκ διάγραμμα κυκλώματος

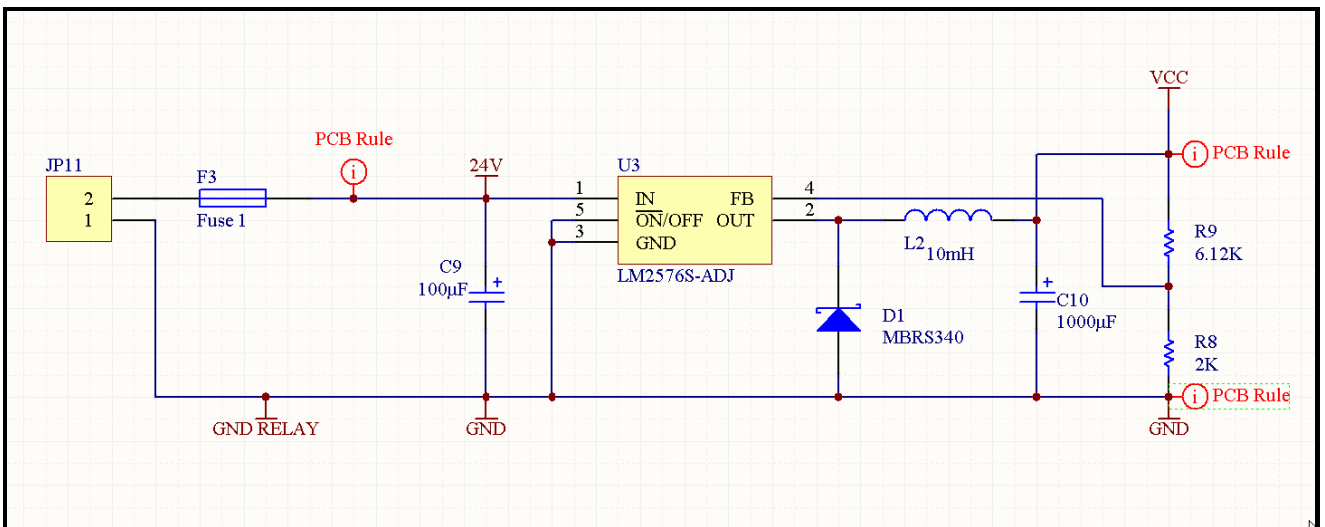
3.1.2 Τροφοδοτικό ισχύος

Το τροφοδοτικό είναι αυτό που μας εξασφαλίζει όλες τις απαραίτητη ισχύ που μας χρειάζεται για την συσκευή μας καθώς και όλα τα περιφερειακά που συνδέονται πάνω σ' αυτό (αισθητήρια,).

Είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να μας παρέχει 5V DC για την λειτουργία των ολοκληρωμένων, για τη μονάδα απεικόνισης καθώς και για τους απόλυτους κωδικοποιητές γωνίας.

Το κύριο εξαρτήματα της πλακέτας αυτής είναι: LM2576S-ADJ.

Το LM2576S-ADJ είναι ένας παλμικός ρυθμιστής τάσης χαμηλής κατανάλωσης, εισόδου 6-70 Vdc όπου με τα κατάλληλα εξαρτήματα μας παρέχει στην έξοδο του σταθερή τάση 5V DC.



Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος τροφοδοτικού

3.1.3 Ο Μικροελεγκτής ATmega128 της Atmel

Η Εταιρεία ATMEL και οι μικροελεγκτές AVR

Η εταιρία Atmel είναι χαμηλής ισχύος μη πτητικών μνημών και λογικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (ICs) που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σε συστήματα που έχουν σχέση με το δίκτυο σε συστήματα αυτοματισμών και γενικά είναι ένας κορυφαίος κατασκευαστής ενός εύρου φάσματος υψηλής απόδοσης και σε καταναλωτικά προϊόντα. Οι οικογένειες μικροελεγκτών της Atmel οι οποίες βασίζονται στην τεχνολογία Flash, ενσωματώνουν προχωρημένη τεχνολογία Flash-μνήμης και χρησιμοποιούνται σε συστήματα που απαιτούν την ύπαρξη μικροελεγκτών με μη πτητική μνήμη.

Με τους μικροελεγκτές της Atmel που βασίζονται στην μνήμη Flash μπορούμε να επιτύχουμε τα εξής :

- Να, εξοικονομήσουμε χρόνο κατά την ανάπτυξη μιας εφαρμογής. Αν κατά την διάρκεια μιας εφαρμογής, ο πιο συνηθισμένος τρόπος εντοπισμού και ελαχιστοποίησης σφαλμάτων είναι οι αλληπάλληλες δοκιμές προκαταρκτικών εκδόσεων, τότε η χρήση της τεχνολογίας Flash αποτελεί το Α και το Ω για την ελαχιστοποίηση του κόστους και του χρόνου.
- Να (επανα)προγραμματίζουμε άμεσα και γρήγορα τα εξαρτήματα μέσα σε μια γραμμή παραγωγής.

Οι μικροελεγκτές της οικογένειας AVR είναι εύρους 8-bit. Η σχεδίαση τους μοιάζει πολύ με τους επεξεργαστές ARM οι οποίοι είναι 32-bit. Ο πυρήνας τους υλοποιήθηκε με την αρχιτεκτονική RISC η οποία επιτρέπει ταχύτατη εκτέλεση του κώδικα του προγράμματος. Οι περισσότερες εντολές χρειάζονται ένα παλμό ρολογιού για να εκτελεστούν (συγκριτικά, οι επεξεργαστές MCS51 απαιτούν 12 παλμούς ανά εντολή ενώ οι PIC 4 παλμούς). Αυτό σημαίνει ταχύτερη εκτέλεση του κώδικα αλλά και χαμηλότερη κατανάλωση αφού η συχνότητα του ρολογιού μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Αυτό το επιτυγχάνουν με την χρήση διασωλήνωσης (pipe-line) στην οποία εισέρχεται η επόμενη εντολή τη στιγμή που εκτελείται η πρώτη. Εντός του πυρήνα βρίσκονται 32 καταχωρητές γενικής χρήσης (accumulators). Οι εντολές χειρίζονται άμεσα τους καταχωρητές αυτούς και έτσι επιτυγχάνονται υψηλές επιδόσεις.

Για κάποιον που έχει ασχοληθεί με επεξεργαστές τεχνολογίας CISC (όπως ο MCS51), οι εντολές του AVR θα του φανούν περίεργες. Η ανάπτυξη

προγράμματος στον AVR απευθύνεται κυρίως σε γλώσσες υψηλού επιπέδου και όχι σε επίπεδο assembly .Αυτό δεν σημαίνει ότι είναι αδύνατο να γράψουμε κατευθείαν σε κώδικα assembly .Η Atmel άλλωστε παρέχει δωρεάν τον assembler . Εφόσον το πρόγραμμα είναι απλό και μικρό σε μέγεθος είναι εφικτή η ανάπτυξη του σε assembly .

Η απαίτηση της αρχιτεκτονικής RISC σε μνήμη είναι φανερή και στους AVR . Κάθε εντολή είναι ευρους 16-bit .Αυτό σημαίνει ότι ένας μικροελεγκτής με μνήμη 1024 bytes (όπως ο AT90S1200) στην καλύτερη περίπτωση χωρά μέχρι 512 εντολές (θεωρητικά) .Ακόμη , αν σκεφτούμε ότι οι RISC εντολές εκτελούν απλές πράξεις (και όχι σύνθετες όπως στην αρχιτεκτονική CISC) καταλαβαίνουμε ότι οι απαίτηση σε μνήμη προγράμματος είναι αυξημένη .Εκτός τους Mega AVR , τα υπόλοιπα μέλη πάσχουν από ελλιπή μνήμη .

Η μνήμη προγράμματος κατασκευάζεται με την τεχνολογία Flash . Η Flash επιτρέπει άμεσο επαναπρογραμματισμό του IC έως 10.000 φορές . Άμεσος προγραμματισμός σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να προηγηθεί κάποια διαδικασία σβησίματος (όπως γίνεται στις EPROM) , αφού το σβήσιμο γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο κατά την διαδικασία του προγραμματισμού . Αυτό το γεγονός δίνει μεγάλη ευκολία στην ανάπτυξη της εφαρμογής όπου χρειαζόμαστε πολλές τροποποιήσεις του προγράμματος έως ότου πετύχουμε την σωστή λειτουργία .

Στους AVR έχουμε την δυνατότητα του προγραμματισμού ‘εντός συστήματος’-ISP(In System Programming). Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να αλλάξουμε το πρόγραμμα του μικροελεγκτή δίχως να τον βγάλουμε από την πλακέτα της εφαρμογής

Ο προγραμματισμός αυτός γίνεται χρησιμοποιώντας 4 pin του επεξεργαστή από τα οποία εισάγουμε τα νέα δεδομένα στην μνήμη Flash σε σειριακή μορφή (προγραμματισμός SPI) .

Θετικό στοιχείο στους AVR είναι ο τρόπος προσπέλασης της RAM. Η προσπέλαση γίνεται κυρίως με έμμεσο τρόπο χρησιμοποιώντας δείκτες (pointers) των 16-bit .Έτσι , είναι εύκολος ο χειρισμός των τοπικών μεταβλητών φτάνει βέβαια να αναπτύξουμε το πρόγραμμα σε γλώσσα υψηλού επιπέδου (όπως η C) . Ο σωρός (Stack) τοποθετείται στην RAM οπότε περιορίζεται μόνο από την χωρητικότητα της μνήμης αυτής . Ο Stack Pointer (SP) είναι εύρους 16 – bit και μπορεί να γίνει χειρισμός του από τον κώδικα .

Εντός των AVR θα βρούμε αρκετά περιφερειακά κυκλώματα .Σχεδόν όλα τα μοντέλα διαθέτουν μνήμη EEPROM την οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την αποθήκευση τιμών που δεν θέλουμε να χάνονται κατά την διακοπή της τροφοδοσίας .Ακόμη , θα βρούμε ένα η τρεις timers, PWM , Interrupt sources , μετατροπέα αναλογικού σήματος (ADC) , συγκριτή , Watchdog Timer (με δικό του χρονισμό) , σειριακό UART ,SPI Interface κ.α . Οι πόρτες εισόδου –εξόδου επιτρέπουν αρκετούς συνδυασμούς .

Ο ταλαντωτής χρονισμού στους AVR λειτουργεί με εξωτερικό κρύσταλλο εκτός από μερικά μοντέλα που περιέχουν εσωτερικό ταλαντωτή τύπου RC. Η συχνότητα χρονισμού μπορεί να φτάσει έως τους 4 ή 8 MHz (4 ή 8 MIPS.

ATMEGA 128

Χαρακτηριστικά

- Υψηλής απόδοσης, χαμηλής ισχύος οκτάμπιτος μικροελεγκτής AVR
- Προηγμένη αρχιτεκτονική RISC
 - 133 Ισχυρές οδηγίες οι περισσότερες εκτέλεσιμες σ'ένα κύκλο
 - 32 X 8 γενικής χρήσεως καταχωρητές
 - Πλήρως στατική λειτουργία
 - Μέχρι ρυθμός 16 MIPS σε 16 MHz
 - Πολλαπλασιαστής 2-κύκλων
 - Αμετάβλητες μνήμες προγράμματος και στοιχείων
 - 128K Bytes της επαναγράψιμης μνήμης προγράμματος Αντοχή: 10,000 Γράψε / σβήστε κύκλους
 - Προαιρετικό τμήμα κώδικα εκκίνησης με τα ανεξάρτητα bits κλειδαριών
 - 4K bytes EEPROM
 - Αντοχή: 100,000 Γράψε / σβήστε τους κύκλους
 - 4K Bytes εσωτερική μνήμη SRAM
 - Κλειδαριά προγραμματισμού για την ασφάλεια λογισμικού
 - Διεπαφή SPI για τον προγραμματισμό
 - Περιφερειακά χαρακτηριστικά
 - Δύο 8-bit χρονιστές / μετρητές με ανεξάρτητο προδιαίρετη και λειτουργίες σύγκρισης .
 - Δύο 16-bit χρονιστές / μετρητές με ανεξάρτητο προδιαίρετη και λειτουργίες σύγκρισης .Μετρητής πραγματικού χρόνου με το χωριστό ταλαντωτή
 - Δύο οκτάμπιτα κανάλια PWM

- 6 Κανάλια PWM με το προγραμματίσιμο ψήφισμα από 2 έως 16 μπιτ
 - 8-κανάλια, 10-bit αναλογικού μετατροπέα σε ψηφιακό
 - 8 Single-ended κανάλια
 - 7 Διαφορικά κανάλια
 - 2 Διαφορικά κανάλια με το προγραμματίσιμο κέρδος 1x, 10x, ή 200x
 - Προσανατολιζόμενη προς το two-wire σειριακή επαφή
 - Διπλό προγραμματίσιμο τμηματικό USART
 - Τμηματική επαφή κυρίου/σκλάβων SPI
 - Προγραμματίσιμο χρονόμετρο φυλάκων με αυτόνομο ταλαντωτή
 - Αναλογικός συγκριτής
 - Ειδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα μικροελεγκτών
 - Αναστοιχειοθέτηση και την προγραμματίσιμη brown-out ανίχνευση
 - Εσωτερικός βαθμολογημένος ταλαντωτής RC
 - Εξωτερικός και εσωτερικός διακόπτης πηγών
 - Έξι τρόποι ύπνου: Η μείωση μη απασχόλησης, θορύβου του ADE, δύναμη-εκτός από, δύναμη-κατεβάζει, εφεδρεία, και εκτεταμένη εφεδρεία
 - Επιλέξιμη συχνότητα λογισμικού
 - 53 Προγραμματίσιμες γραμμές εισόδων / εξόδων
 - Συσκευασία 64- TQFP
- Λειτουργούσες τάσεις
- 4.5 - 5.5V για ATmega128
 - Βαθμοί ταχύτητας
 - 0 - 16 MHz για ATmega128

Περιγραφή

Ο Mega128 είναι ένας χαμηλής κατανάλωσης, CMOS, 8-bit μικροελεγκτής βασισμένος στην AVR τεχνολογία. Εκτελώντας τις περισσότερες από τις 130 εντολές του σε ένα κύκλο ρολογιού. Ο Mega128 επιτυγχάνει να προσεγγίζει ταχύτητα 1 MIPS για κάθε MHz, επιτρέποντας στους σχεδιαστές να επιτυγχάνουν την καλύτερη δυνατή σχέση ταχύτητας / κατανάλωσης.

Διαθέτει 32 καταχωρητές γενικής χρήσης (general purpose registers). Όλοι αυτοί οι 32 καταχωρητές είναι απευθείας συνδεδεμένοι με την αριθμητική λογική μονάδα (ALU : Arithmetic Logic Unit), επιτρέποντας την πρόσβαση σε δύο ανεξάρτητους καταχωρητές με μια εντολή που εκτελείται σε ένα κύκλο ρολογιού. Το αποτέλεσμα εδώ είναι περισσότερο αποδοτικός κώδικας, επιτυγχάνοντας απόδοση μέχρι και δέκα φορές γρηγορότερη από τους

συμβατικούς μικροελεγκτές τεχνολογίας CISC (Complex Instruction Set Computer) .

Ο ATmega128 παρουσιάζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά που μπορούν να συνοψισθούν στις παρακάτω γραμμές :

128K bytes μνήμη προγράμματος , 4K bytes μνήμη δεδομένων , μνήμη EEPROM 4K bytes , 32 ακίδες εισόδου / εξόδου , 32 καταχωρητές γενικής χρήσης , τρεις ευέλικτοι χρονιστές / μετρητές με δυνατότητα σύλληψης και σύγκρισης , διαχείριση εσωτερικών και εξωτερικών σημάτων διακοπής (interrupt) , διπλό καλώδιο σειριακής διασύνδεσης , 8 καναλιών μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό(ADC), 10 bit, δυο προγραμματιζόμενα UART , χρονιστής επιτήρησης με δικό του ταλαντωτή, 4 καταστάσεις αναμονής και τέλος μια θύρα SPI για τον προγραμματισμό της Flash μνήμης .

Στην κατάσταση αναμονής (Idle mode) , η CPU διακόπτει την λειτουργία της διατηρώντας όμως σε ετοιμότητα την SRAM , την θύρα SPI , τους μετρητές / χρονιστές , το UART και την βαθμίδα διαχείρισης σημάτων διακοπής . Στην κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης (Power Down mode) διατηρούνται μόνο τα περιεχόμενα των καταχωρητών και παγώνει τον ταλαντωτή. Όλες οι υπόλοιπες βαθμίδες τίθενται εκτός λειτουργίας , έως ότου φθάσει ένα σήμα διακοπής ή σήμα εκκίνησης (Reset) . Στην κατάσταση Power-save ο ασύγχρονος μετρητής ταλαντωτής συνεχίζει να λειτουργεί επιτρέποντας στον χρήστη να διατηρήσει μια βάση μέτρησης ενώ οι υπόλοιπες λειτουργίες είναι προσωρινά σταματημένες (sleeping) . Η κατάσταση ADC Noise Reduction σταματάει την CPU και όλες τις I/O εκτός ασύγχρονο μετρητή και τον ADC , για να ελαττώσει τον διακοπτόμενο θόρυβο κατά την διάρκεια της μετατροπής .

Η ISP Flash που είναι πάνω στον ATmega128 μπορεί να προγραμματιστεί μέσω μιας SPI σειριακής διασύνδεσης ή με ένα συμβατό προγραμματιστή . Εγκαθιστώντας ένα αυτό-προγραμματιζόμενο εκκινητή φορτώματος, ο μικροελεγκτής μπορεί να κάνει ανανέωση με αυτήν την εφαρμογή χωρίς εξωτερικά εξαρτήματα. Ο εκκινητής προγράμματος μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε διασύνδεση για να κατεβάσει το πρόγραμμα στην Flash μνήμη. Ο ATmega128 αποτελεί το προϊόν της συγκατοίκησης μιας CPU τύπου RISC των 8 bit και μιας μη πτητικής μνήμης Flash . Η κατασκευή του είναι δυνατή με την βοήθεια της τεχνολογίας ολοκλήρωσης υψηλής πυκνότητας μη πτητικών μνημών , που έχει επινοήσει η Atmel. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού είναι ένα πανίσχυρο ολοκληρωμένο κύκλωμα , ικανό να ανταποκριθεί σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών .

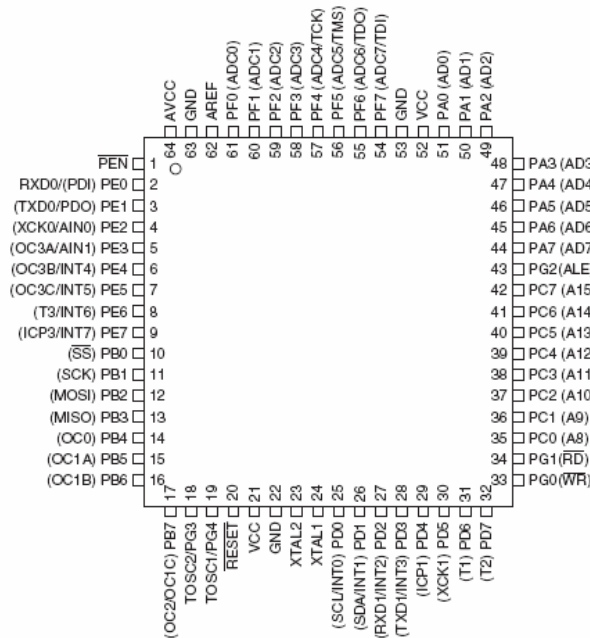
Ο μικροελεγκτής συνοδεύεται από αρκετά εργαλεία ανάπτυξης και προγραμματισμού, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται μεταφραστές από γλώσσα C (C compilers), συμβολομεταφραστές με ικανότητα μακροεντολών, προσομοιωτές σε επίπεδο λογισμικού, εξομοιωτές πραγματικού χρόνου και αξιολόγησης.

Παρακάτω βλέπουμε το Pin-out του ATmega163 και αμέσως μετά το block διάγραμμα του :

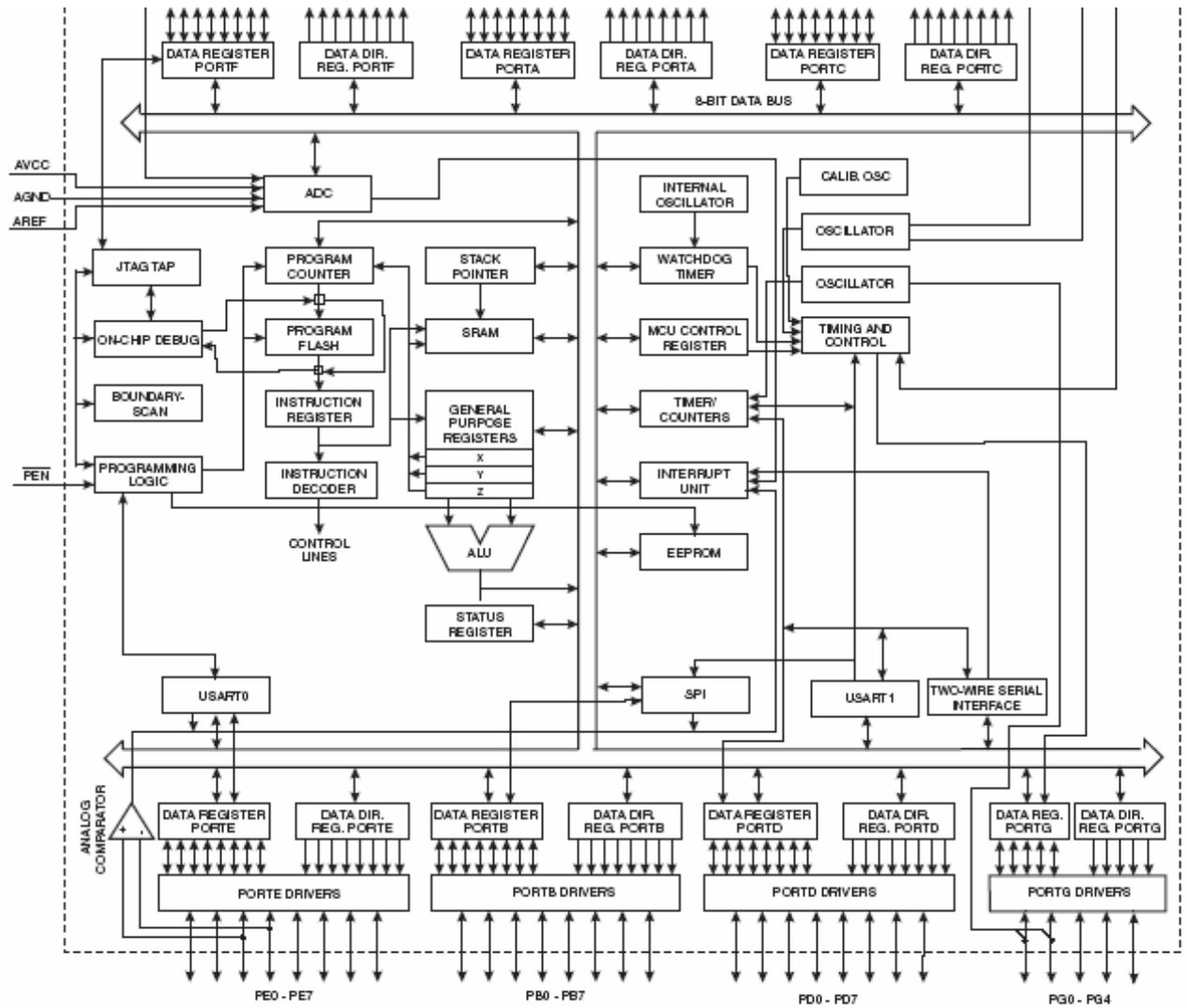
Διάταξη των pin του ATmega128:

Pin Configurations

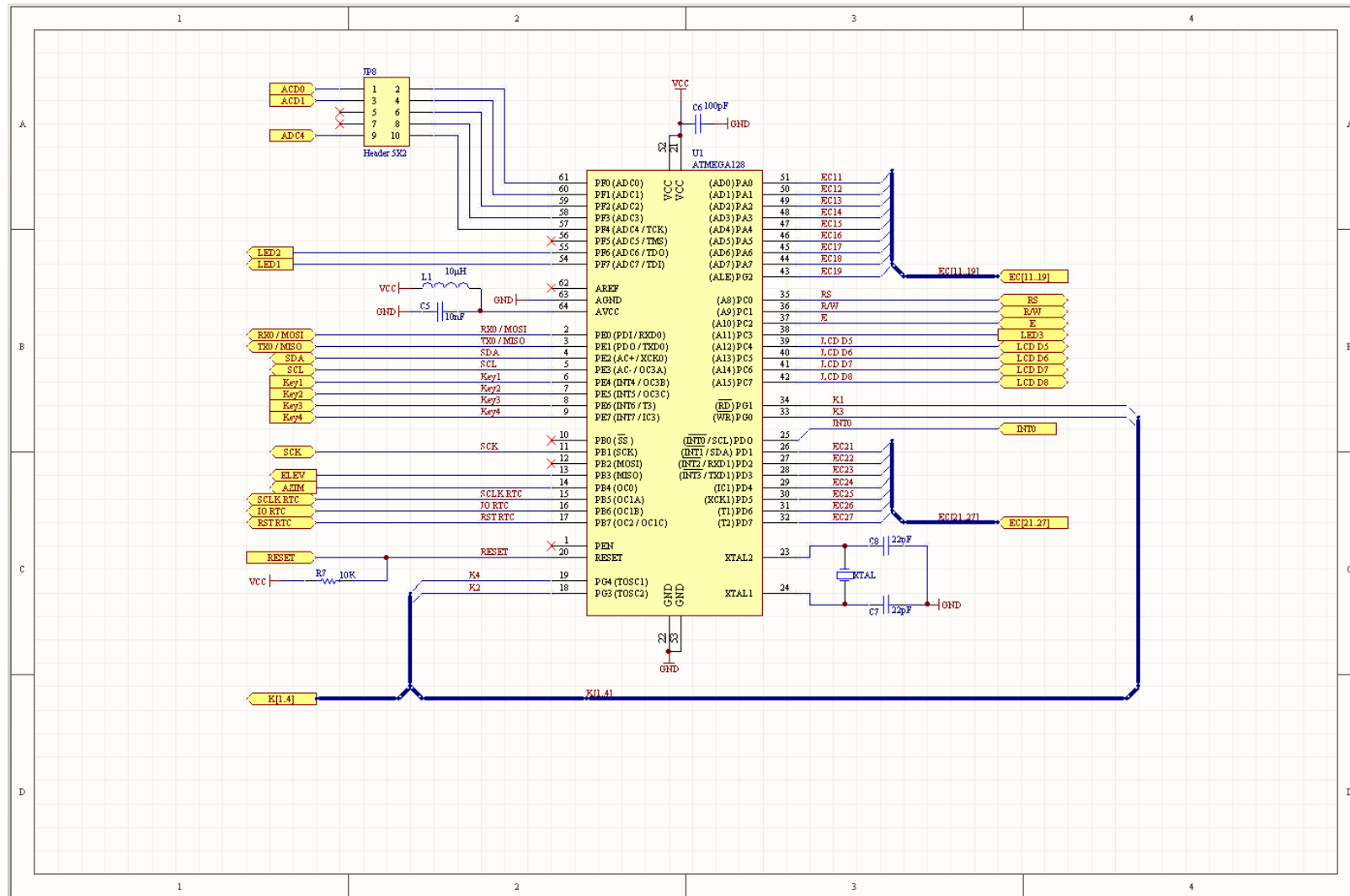
Figure 1. Pinout ATmega128



Note: The bottom pad under the MLF package should be soldered to ground.



Μπλοκ διάγραμμα του MEGA128



Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος μικροελεγκτή

3.1.4 Μνήμη

Οι μνήμες σειριακής οργάνωσης τύπου EEPROM, γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, μπορείτε να αποθηκεύετε μέχρι και 64 Kbytes δεδομένων σε ένα απλό ολοκληρωμένο κύκλωμα των 8 ακροδεκτών.

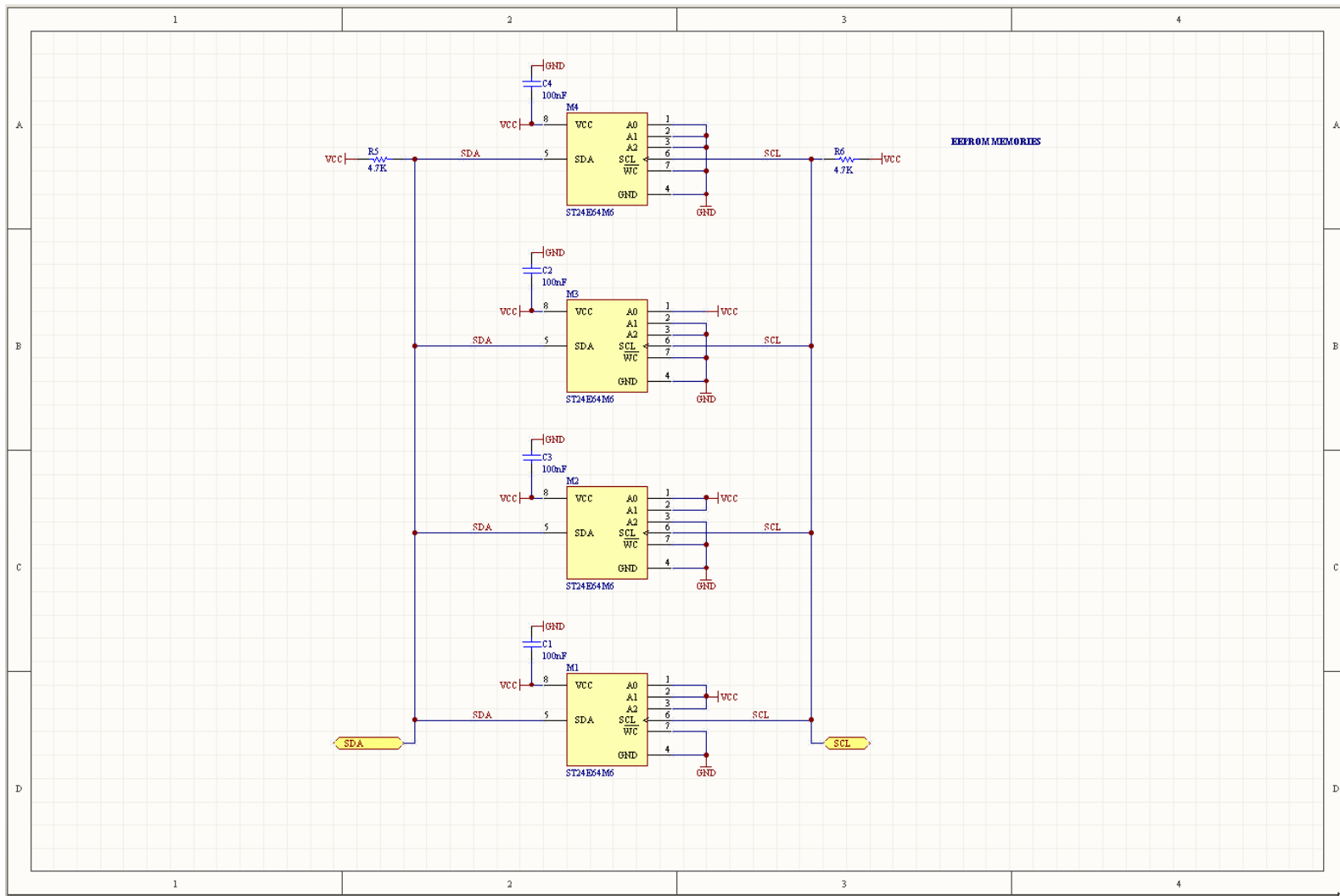
Ο δίαυλος επικοινωνίας της μνήμης απαιτεί μόνο δύο σήματα, εφόσον οι περισσότερες μνήμες EEPROM σειριακής οργάνωσης διαθέτουν πλέον εσωτερική μονάδα επικοινωνίας σε πρωτόκολλο 12C.

Αυτές οι μνήμες EEPROM υποστηρίζουν μέχρι και 100,000 κύκλους εγγραφής. Παρά το γεγονός ότι ένας κύκλος εγγραφής δεδομένων διαρκεί τυπικά 10 ms, εντούτοις εγγράφοντας μια ολόκληρη σελίδα μνήμης τη φορά, η μέση τιμή του ρυθμού εγγραφών μπορεί να βελτιωθεί. Από την άλλη πλευρά, η διαδικασία εγγραφής ενός συνόλου δεδομένων σε μια μνήμη EEPROM διαρκεί περίπου τον ίδιο χρόνο με την διαδικασία εγγραφής του ενός byte. Το μέγεθος μιας σελίδας μνήμης κυμαίνεται μεταξύ 16 bytes, για μνήμες EEPROM μικρής χωρητικότητας, μέχρι και 128 bytes, για μνήμες μεγαλύτερης χωρητικότητας όπως αυτές των 64 Kbytes. Συνεπώς, η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε μια τέτοια μνήμη μπορεί να βελτιωθεί όταν η διαδικασία εγγραφής αφορά ολόκληρα τμήματα μνήμης.

Αυτού του είδους οι μνήμες EEPROM διαθέτουν έναν ακροδέκτη προστασίας από τυχαία εγγραφή (*WP* ή *Write Protect Pin*), ο οποίος όταν συνδέεται στην γραμμή τροφοδοσίας των +5 V απενεργοποιεί κάθε διαδικασία εγγραφής στη μνήμη. Στο κύκλωμα της δικής εφαρμογής έχουμε συνδέσει τον ακροδέκτη προστασίας στην γείωση, έτσι ώστε να μπορούμε και να γράφουμε δεδομένα στην EEPROM.

Η μνήμη EEPROM που επιλέχθηκε για το κύκλωμα αυτό είναι η μνήμη AT24C64 από την Atmel. Η χωρητικότητά της είναι 64 Kbytes. Επίσης, η μνήμη αυτή διαθέτει και δύο γραμμές εισόδου, με τη βοήθεια των οποίων επιλέγεται η διεύθυνση συμμετοχής της διάταξης στον δίαυλο επικοινωνίας και που επιτρέπουν μέχρι και τέσσερις τέτοιες μνήμες EEPROM να συνδεθούν στον ίδιο δίαυλο 12C.

Στο κύκλωμα μας έχουμε τοποθετήσει τέσσερις μνήμες τέτοιου τύπου ώστε να η συνολική διαθέσιμη μνήμη αποθήκευσης δεδομένων να είναι 64 Kbytes x 4=256 Kbytes .



Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος μνήμης

3.1.5 Σειριακή επικοινωνία

Η τηλεπικοινωνιακή ζεύξη RS232 αποτελεί τον πλέον κοινότυπο τρόπο επικοινωνίας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε με έναν μικροελεγκτή AVR. Η επικοινωνία σε RS232 αποτελεί έναν μηχανισμό ασύγχρονης σειριακής μεταδόσης δεδομένων. Η μέθοδος αυτή, που βασίζεται στην σειριακή μετάδοση σε επίπεδο bit, χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά στον τρόπο με τον οποίον οργανώνεται το αρχικό byte δεδομένων με σκοπό την περαιτέρω σειριακή του μετάδοση, ενώ το δεύτερο αφορά στον τρόπο με τον οποίον διαδίδονται τα σειριακά δεδομένα πάνω στις γραμμές επικοινωνίας

Ανεξάρτητα με τα τυποποιημένα επίπεδα τάσεων των γραμμών της θύρας RS232 είναι δυνατό να συνδεθεί στην θύρα αυτήν ένας μικροελεγκτής AVR, χωρίς τη χρήση ειδικών ολοκληρωμένων μετατροπέων σε επίπεδα RS232. Βέβαια, στην περίπτωση αυτή η μετάδοση δεν θα είναι απόλυτα συμβατή με το ακριβές πρωτόκολλο RS232. Επίσης, θα πρέπει όταν χρησιμοποιούμε την σύνδεση αυτή, να διατηρούμε το μήκος των γραμμών επικοινωνίας μικρό (μόλις μερικά μέτρα). Αν απαιτείται μια μετάδοση δεδομένων απολύτως συμβατή με το πρότυπο RS232, τότε είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιήσουμε ένα από τα πολλά ειδικά ολοκληρωμένα οδήγησης και λήψης σημάτων από την σειριακή θύρα RS232, όπως το MAX202ESE που χρησιμοποιούμε στο δικό μας κύκλωμα. Χρησιμοποιώντας αυτό το ολοκληρωμένο μπορούμε να τοποθετήσουμε με ασφάλεια στις γραμμές της θύρας, μέχρι και 15 μέτρα καλωδίου επικοινωνίας.

Το πρότυπο RS232 στην αυθεντική μορφή είναι σχετικά πολύπλοκο και προβλέπει την χρήση πολλών σημάτων. Το πρότυπο ορίζει συνδετήρες τύπου «D» των 25 ακροδεκτών καθώς επίσης και των 9 ακροδεκτών. Για μια απλή μορφή αμφίδρομης σειριακής επικοινωνίας μέσω της θύρας RS232, χρειαζόμαστε τουλάχιστον τις γραμμές TXD, RXD και GND

Τα περισσότερα ολοκληρωμένα κυκλώματα ελεγκτών (μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται και κάποιοι μικροελεγκτές AVR) διαθέτουν μια έσωτερική σειριακή θύρα, η οποία είναι εξοπλισμένη με τις ελάχιστες δυνατές γραμμές επικοινωνίας που αντιστοιχούν στα σήματα TXD και RXD. Τα υπόλοιπα σήματα που ολοκληρώνουν την απαίτηση του προτύπου RS232, αντιστοιχούν στα λεγόμενα *σήματα χειραψίας* (*handshake signa/s*), τα οποία χρησιμοποιούνται και από τις δύο διατάξεις που συνδέονται μεταξύ τους για την ασφαλέστερη και σωστή λήψη των δεδομένων.

3.1.6 Ρολόι πραγματικού χρόνου

Η Μονάδα Ρολογιού Πραγματικού Χρόνου (Real Time Clocks ή RTC) χρησιμοποιούνται ως μετρητές χρόνου σε διάφορες εφαρμογές.

Υπάρχουν αρκετές τέτοιες μονάδες διαθέσιμες σε συσκευασία DIP 8 ακροδεκτών με ενσωματωμένο τμήμα σειριακής επικοινωνίας και με αρκετές άλλες δυνατότητες.

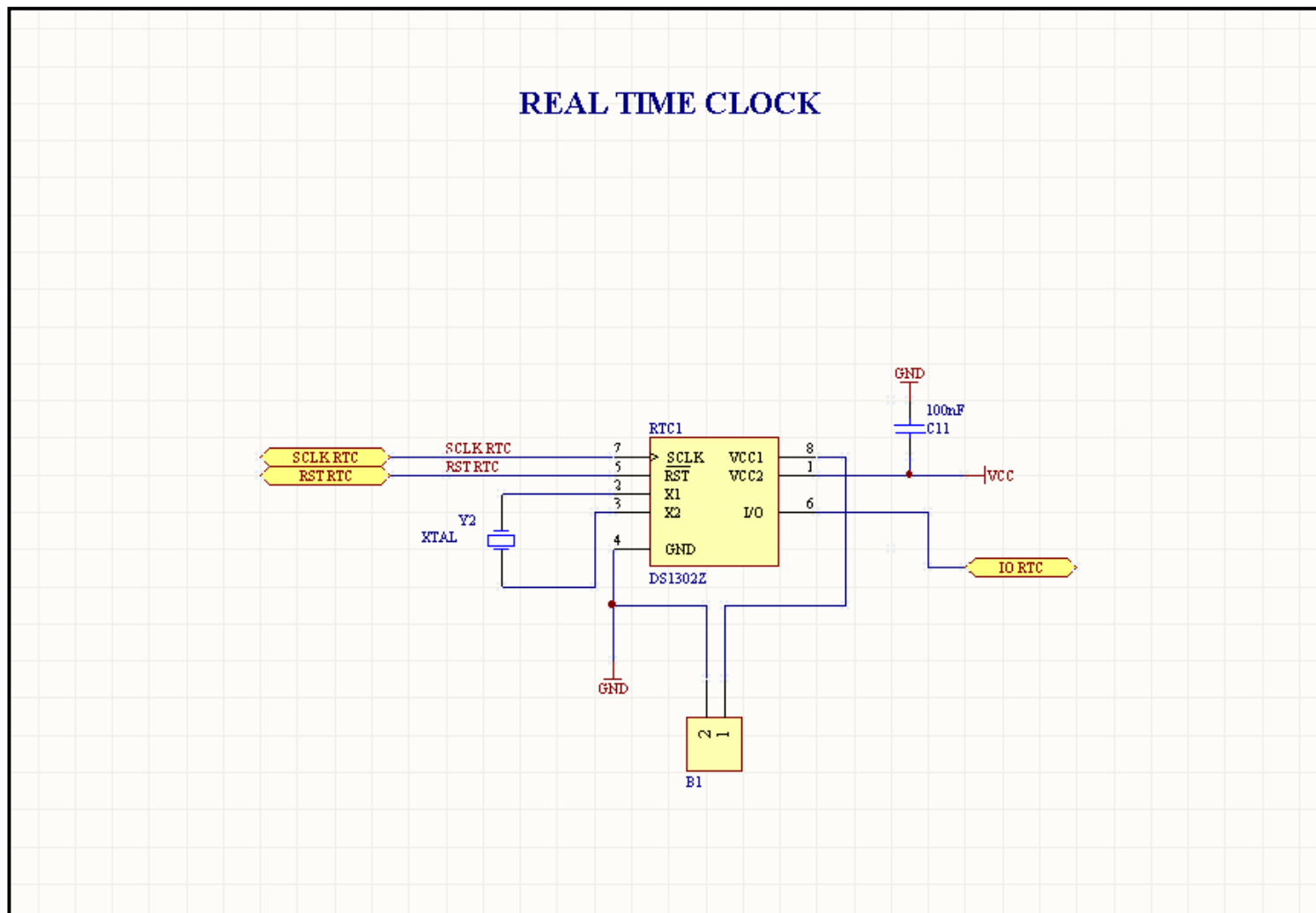
Για την σύνδεση μιας μονάδας RTC με τον μικροελεγκτή AVR θα χρησιμοποιήσουμε το ολοκληρωμένο RTC, DS 1302 της εταιρίας Dallas.

Αυτή η ολοκληρωμένη μονάδα RTC φορτίζει αργά μια εξωτερική μπαταρία νικελίου καδμίου εφεδρικής τροφοδοσίας.

Το ολοκληρωμένο διαθέτει και εσωτερική μνήμη SRAM, χωρητικότητας 31 bytes. Το εσωτερικό τμήμα σειριακής επικοινωνίας χρησιμοποιεί μόνο τρεις αγωγούς σύνδεσης με έναν επεξεργαστή.

Οι πληροφορίες που παρέχει είναι σε δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες, ημέρες, ημερομηνία, μήνες και χρόνους. Επίσης μπορεί να λειτουργήσει σε μορφή πληροφορίας 12-ωρου με ταυτόχρονη ένδειξη μεσημβρινής / απογευματινής (AM/PM) ώρας, ή σε μορφή πληροφορίας 24-ωρου.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα RTC διαθέτει μια μονάδα διασύνδεσης σειριακής επικοινωνίας τριών αγωγών. Μόνο τρεις γραμμές επικοινωνίας απαιτούνται για να συνδεθεί σε έναν μικροελεγκτή.



Σχηματικό διάγραμμα Ρολογιού πραγματικού χρόνου

3.1.7 Οδήγηση ηλεκτρονόμων κινητήρων

Η οδήγηση ηλεκτρονόμων κινητήρων από τον μικροελεγκτή γίνεται μέσω του ολοκληρωμένου κυκλώματος ULN2004AD.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα UIN2004AD περιλαμβάνει επτά διατάξεις τρανζίστορ σε συνδεσμολογία *Darlington* υψηλής τάσης και υψηλού ρεύματος που αντιστοιχούν σε επτά μονάδες εξόδου κοινού εκπομπού τύπου ανοικτού συλλέκτη. Κάθε μια από τις παραπάνω μονάδες εξόδου μπορεί να χειριστεί μόνιμα ρεύματα της τάξης των 500 mA\ καθώς και στιγμιαία ρεύματα κορυφής της τάξης των 600 mA. Επίσης, σε κάθε κύκλωμα εξόδου υπάρχει ενσωματωμένη μια δίοδος η οποία χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις οδήγησης επαγωγικών φορτίων (όπως είναι οι ηλεκτρονόμοι ή *Relay*) λειτουργεί ως *Δίοδος Ελεύθερης Ροής*

Ο οδηγός ισχύος ULN2004AD είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα τεχνολογίας TTL.

Τυπικές χρήσεις αυτού του ολοκληρωμένου είναι η οδήγηση διαφόρων τύπων σωληνοειδών, ηλεκτρονόμων, DC κινητήρων, μονάδων απεικόνισης με LED, κεφαλές θερμικής εκτύπωσης, κ.λ.π.

Για κάθε ένα από τα επτά εσωτερικά κυκλώματα εξόδου υπάρχει μια δίοδος, της οποίας η άνοδος συνδέεται στον αντίστοιχο ακροδέκτη εξόδου και η κάθοδός της συνδέεται σε έναν κόμβο κοινό για όλα τα κυκλώματα εξόδου, στον οποίον συνδέονται και οι επτά εσωτερικές δίοδοι.

Οι έξοδοι του ολοκληρωμένου είναι τύπου ανοικτού συλλέκτη, που σημαίνει ότι το εξωτερικό φορτίο συνδέεται μεταξύ της αντίστοιχης εξόδου και της γραμμής τροφοδοσίας.

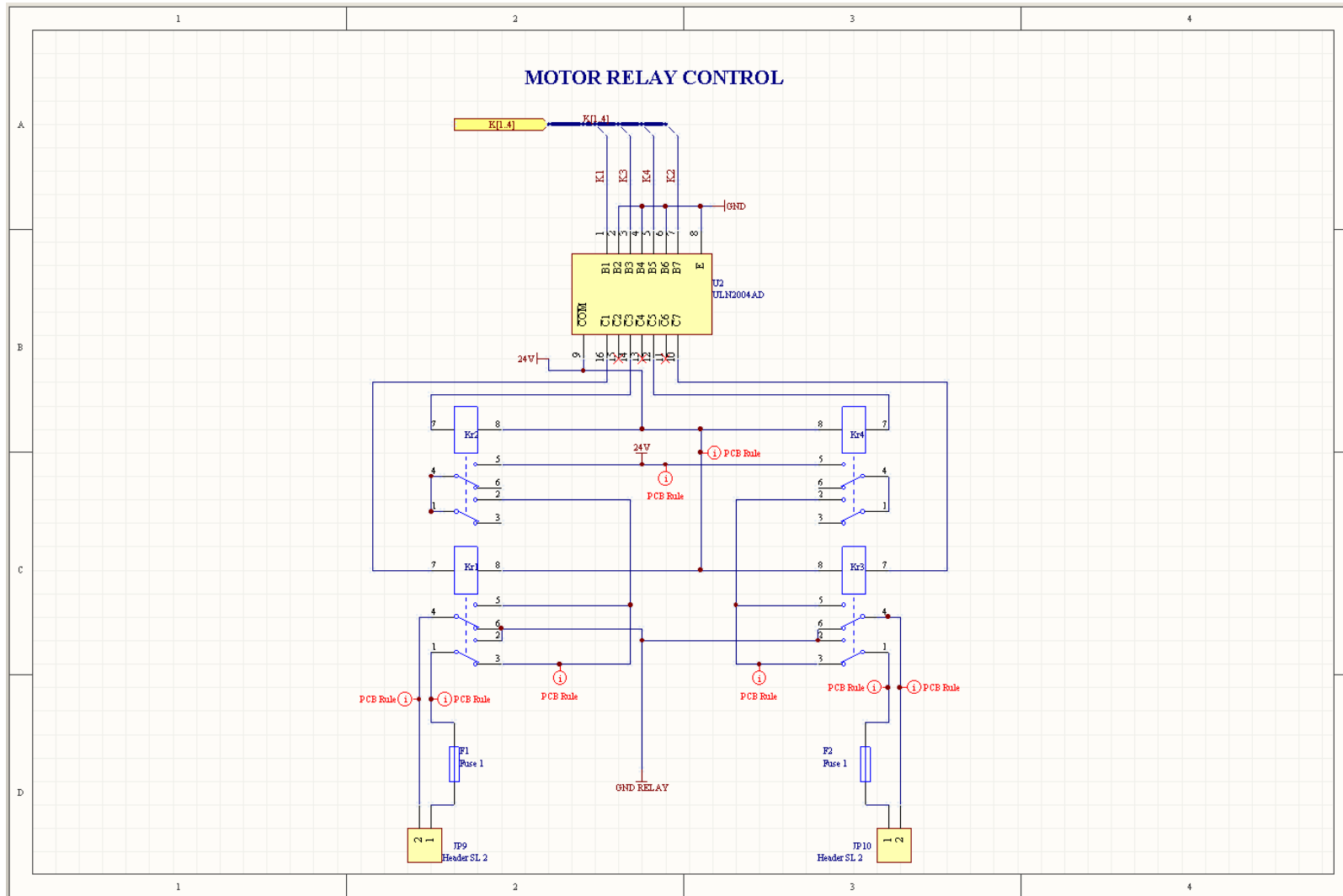
Η τιμή της τάσης τροφοδοσίας μπορεί να είναι οποιαδήποτε θετική τιμή 1, μικρότερη από τα -50 V, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά και στα σχετικά φυλλάδια τεχνικών προδιαγραφών που εκδίδει ο κατασκευαστής του ολοκληρωμένου αυτού.

Τα φορτία του συνδέονται στις εξόδους του οδηγού ισχύος, θα πρέπει να απαιτούν μόνιμα ρεύματα το πολύ 500 mA, ενώ θα πρέπει να αντέχουν ρεύματα κορυφής μέχρι 600 mA, ανά κύκλωμα οδήγησης.

Οι είσοδοι του ULN2004AD λειτουργούν σε επίπεδα TTL, οπότε μπορούν να οδηγηθούν από τις θύρες εξόδου ενός μικροελεγκτή AVR, για παράδειγμα. Με βάση αυτή την διάταξη, τα σήματα των θυρών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των επιμέρους ηλεκτρονόμων.

Οι επαφές ενός ηλεκτρονόμου που συμβολίζονται ως Κανονικά Κλειστές Επαφές (ή Normally Closed Contacts ή N.C.), Κοινή Επαφή (ή Common) και Κανονικά Ανοικτές Επαφές (ή Normally Opened Contacts ή N.O.), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μεταγωγή οποιασδήποτε τάσης.

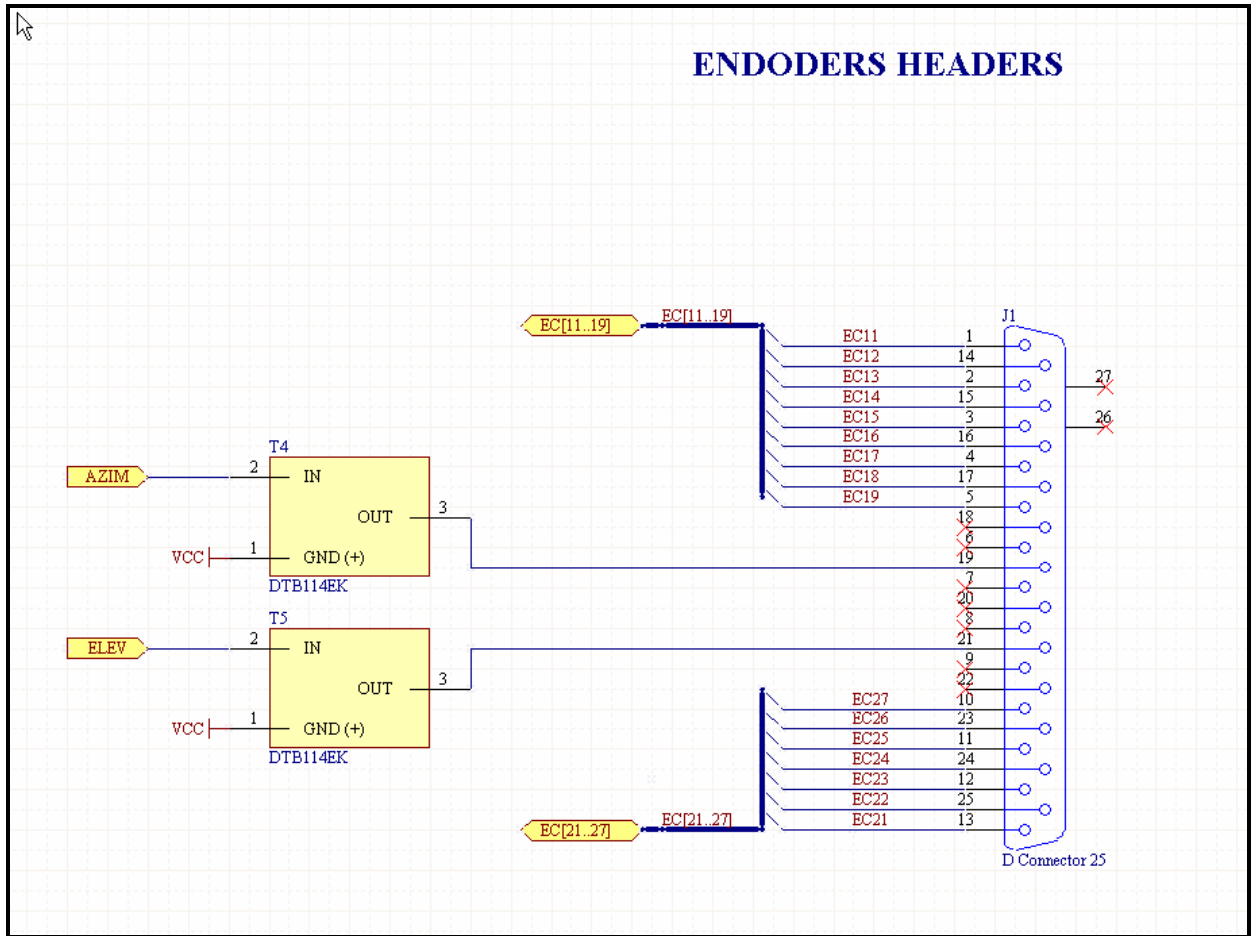
Οι επαφές αυτές τυπικά χρησιμοποιούνται για την μεταγωγή της τάσης του δικτύου (220 V AC ή 115 V AC, ανάλογα με την περίπτωση) στα αντίστοιχα φορτία (μια θερμάστρα, μια λάμπα, κ.λ.π.), αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν βέβαια και για την μεταγωγή οποιασδήποτε τάσης (DC ή AC), με την προϋπόθεση ότι η αντίστοιχη επαφή μπορεί να χειριστεί τις ζητούμενες τιμές τάσης και ρεύματος.



Σχηματικό διάγραμμα Οδήγησης ηλεκτρονόμων κινητήρων

3.1.8 Σύνδεση και οδήγηση Encoder

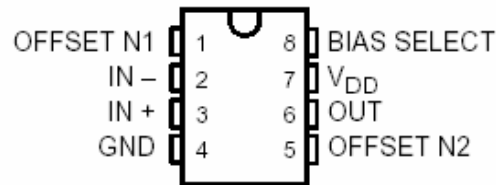
Οι encoders αζιμουθίου και ύψους πανέλων συνδέονται στο τυπωμένο κύκλωμα μέσω μιας σύνδεσης τύπου DP25 και τροφοδοτούνται με ρεύμα από τα ψηφιακά τρανζίστορ τύπου **DTB114EK** έτσι ώστε να λειτουργούν μόνο όταν απαιτείται, με σκοπό την μείωση κατανάλωσης ενέργειας.



Σχηματικό διάγραμμα οδήγησης και σύνδεσης ENCODER

3.1.9 Είσοδος και ενίσχυση αναλογικού σήματος

Ο τελεστικός ενισχυτής CA3240 συνδυάζει μια ευρεία σειρά τάσεων εισόδου με χαμηλή τάση ολίσθησης και υψηλή είσοδο εμπέδησης. Ο TLC271 προσφέρει μια ρύθμιση πόλωσης η οποία επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει τον καλύτερο συνδυασμό κατανάλωσης ισχύος και ac απόδοσης για συγκεκριμένη εργασία. Σε αυτό το ολοκληρωμένο χρησιμοποιεί η Texas Instruments πύλη πυριτίου CMOS(silicon gate CMOS). Τεχνολογία η οποία παρέχει υψηλότερη ταχύτητα λειτουργίας, χαμηλότερη κατανάλωση και μεγαλύτερη πυκνότητα ενδοσυνδέσεων από την πύλη αλουμινίου.

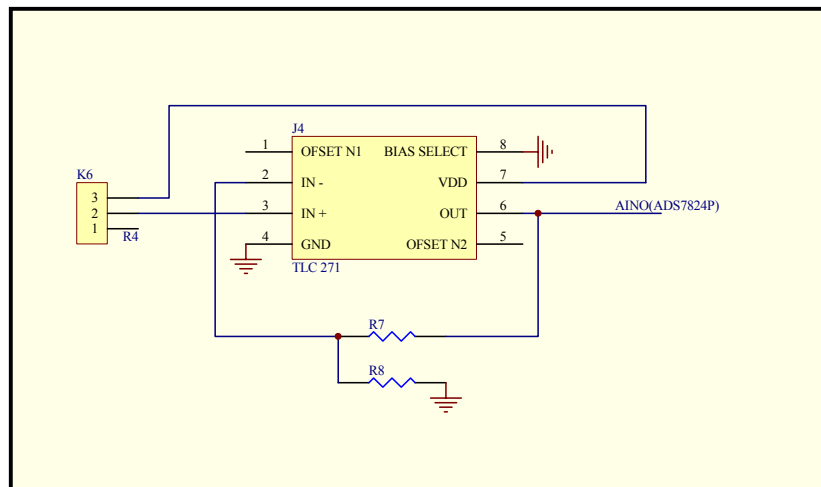


Κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή CA3240

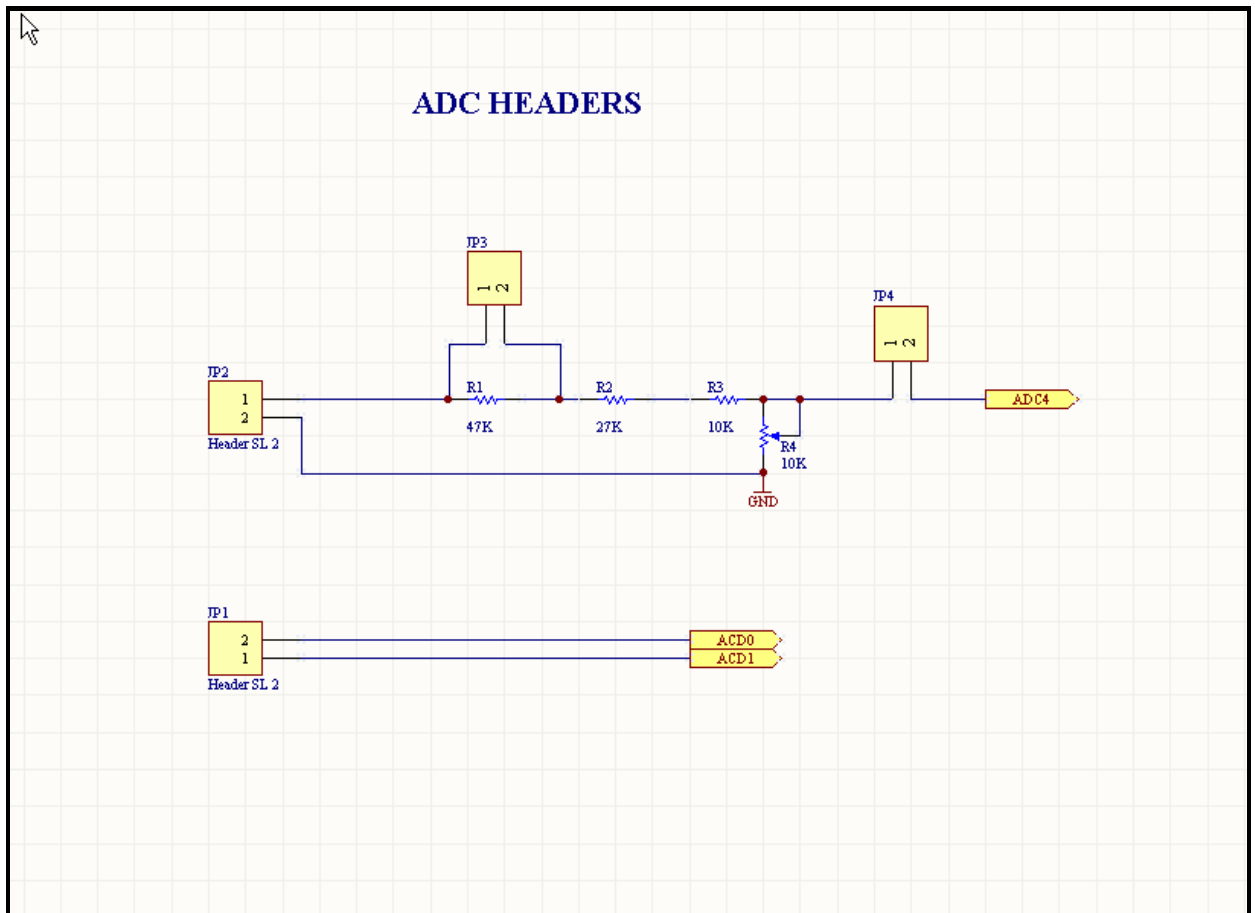
Για να ικανοποιήσουμε τις προδιαγραφές του συστήματος χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε τον παραπάνω τελεστικό ενισχυτή. Το κύκλωμά του είναι απλό, χρησιμοποιούμε δύο αντιστάσεις την R_7 και την R_8 και το τροφοδοτούμε με +15V. Οι αντιστάσεις αυτές έχουν κατάλληλα υπολογιστή από τον παρακάτω τύπο: R_7+R_8

$$V_{OUT} = \frac{R_7 + R_8}{R_8} * V_{IN+}$$

έτσι ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή ενίσχυση που χρειαζόμαστε.



Σχηματικό διάγραμμα ενίσχυσης αναλογικού σήματος

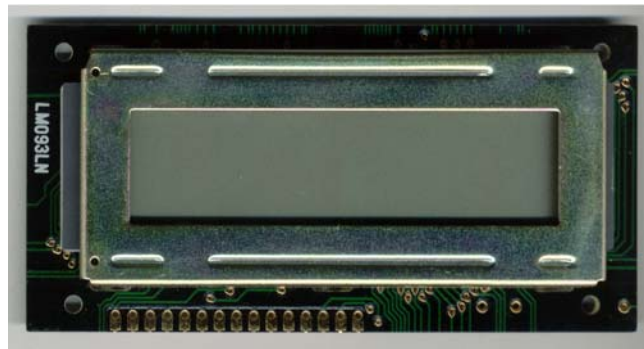


Σχηματικό διαγράμμα εισόδου και ρύθμισης αναλογικού σήματος

3.1.10 Σύνδεση συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου

Υγρή κρυσταλλική οθόνη (LCD Display)

Το LCD display που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή μας είναι συμβατό με το ολοκληρωμένο HD44780U. Είναι ένας πίνακας στιγμάτων προτύπου LCD με 5x8 στίγματα ανά χαρακτήρα, 20 χαρακτήρων, 4 γραμμών, με οδηγό και ελεγκτή LSI πλαισιωμένο πάνω σε ένα απλό πίνακα τυπωμένου κυκλώματος. Ο LSI ελεγκτής ενσωματώνει την βασική ROM γεννήτρια χαρακτήρων με 208 διαφορετικούς χαρακτήρες και RAM δεδομένα εικόνας με 8 χαρακτήρες.

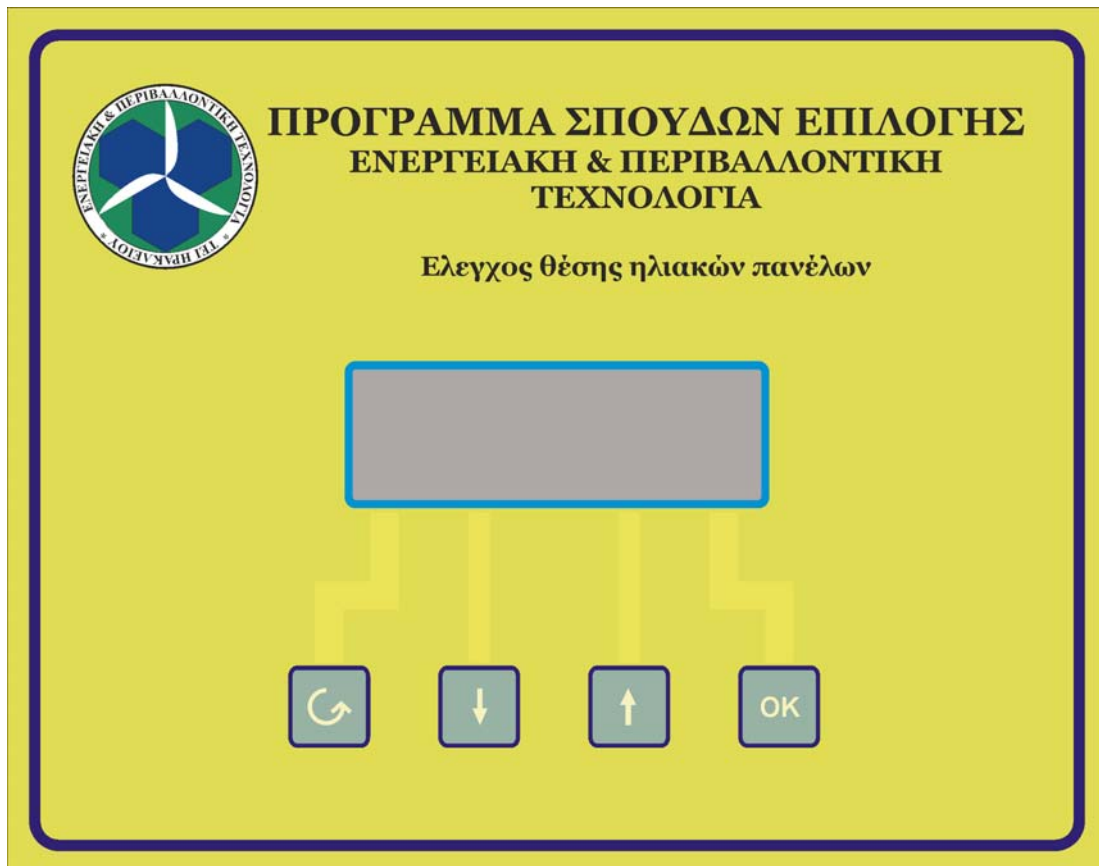


Η οθόνη περιέχει δύο μνήμες, οπού μπορούμε να γράφουμε και να διαβάζουμε. Αυτές είναι η DD RAM και η CG RAM. Στην CG RAM μπορούμε να διαβάζουμε και να γράφουμε αριθμούς, που αφορούν τα dot της οθόνης. Έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε δικά μας σύμβολα σε θέσεις μνήμης, που δεν υπάρχουν έτοιμα. Ενώ στην DD RAM γράφουμε τον ASCII αριθμό του χαρακτήρα που θέλουμε να εμφανίσουμε στην οθόνη ή διαβάζουμε τον ASCII αριθμό του χαρακτήρα που βρίσκεται σ' αυτήν.

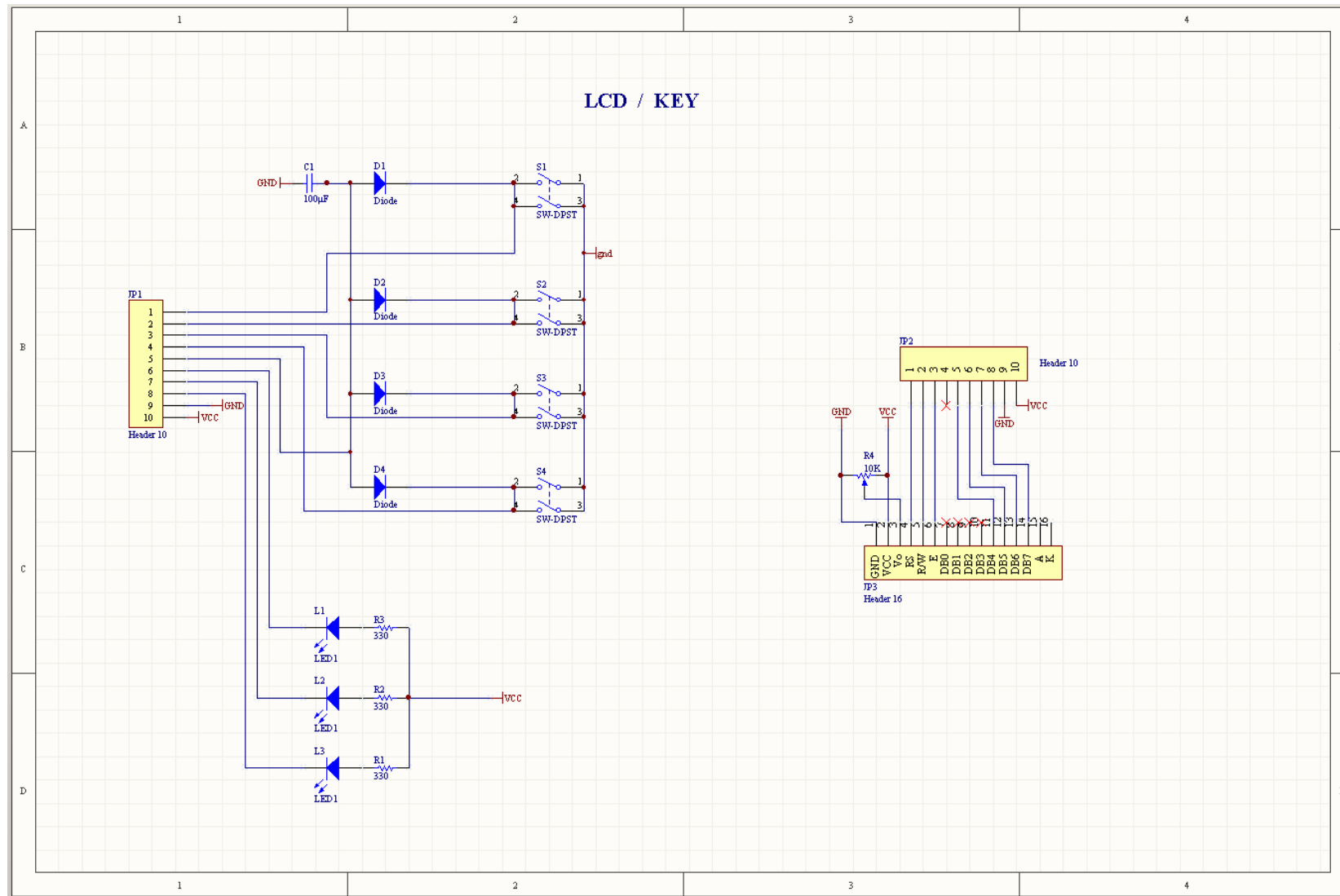
Πλήκτρα εισόδου παραμέτρων και ελέγχου

Τα πλήκτρα που χρησιμοποιήσαμε για της ανάγκες της κατασκευής είναι 4 πλήκτρα. Είναι κατασκευασμένα με μπουτόν υψηλής ποιότητας και αντοχής Τα πλήκτρα αναλυτικά είναι :

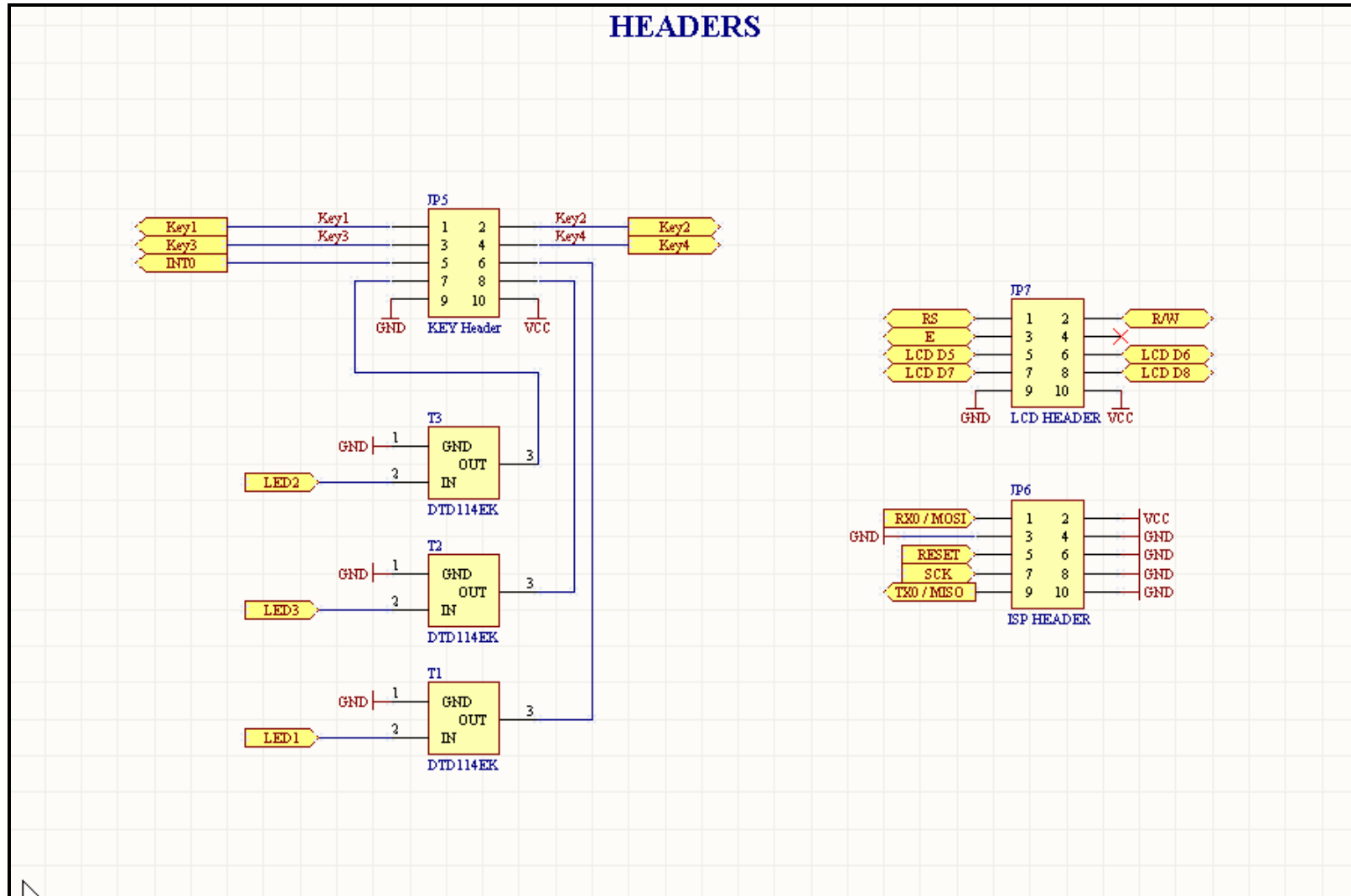
- OK : Εισαγωγή (ENTER)
- G : Επιστροφή ή διαγραφή
- ↑ : Πάνω κίνηση κινητήρα & Εναλλαγή προγραμμάτων
- ↓ : Κάτω κίνηση κινητήρα & Εναλλαγή προγραμμάτων.



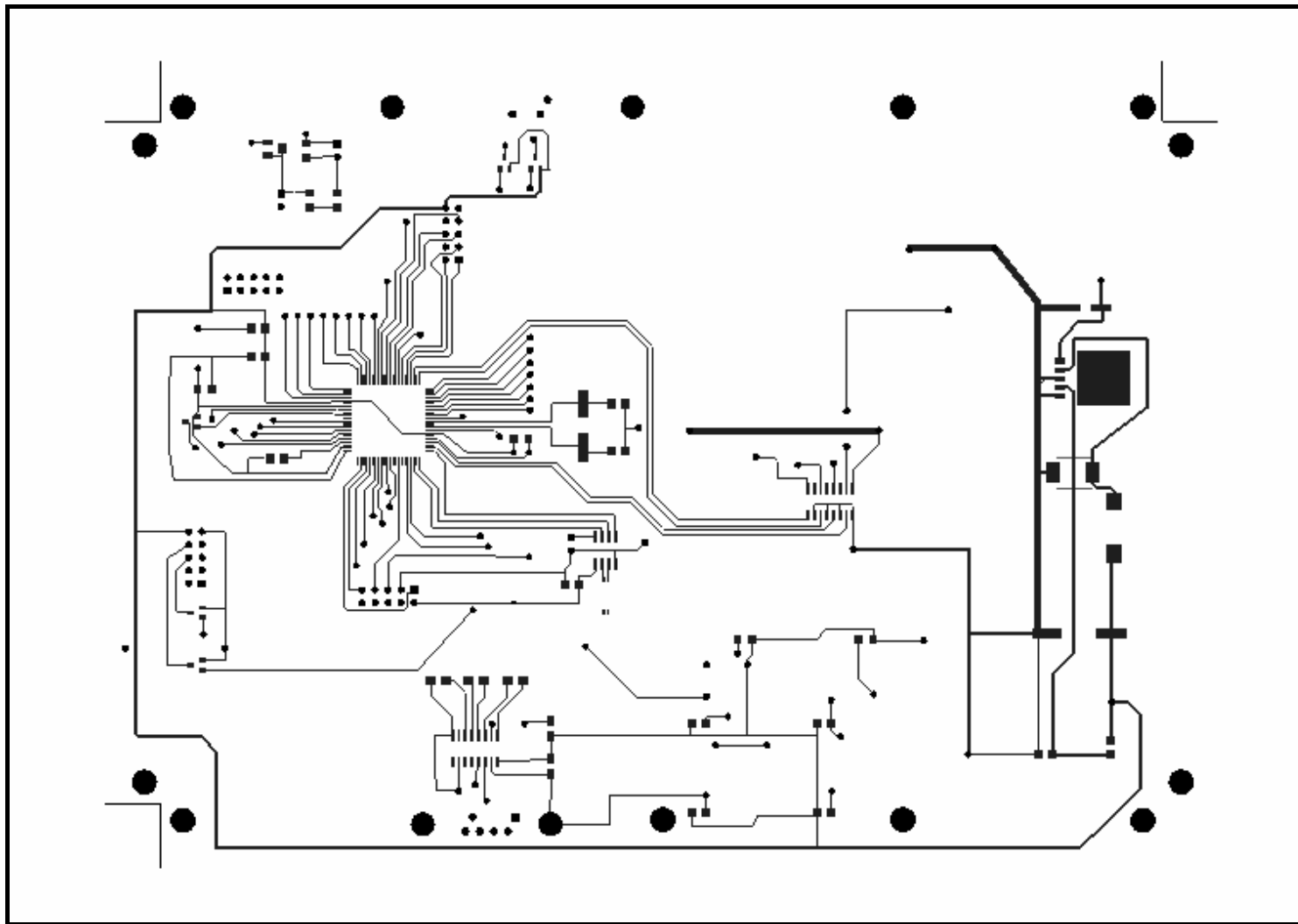
Πρόσοψη συσκευής



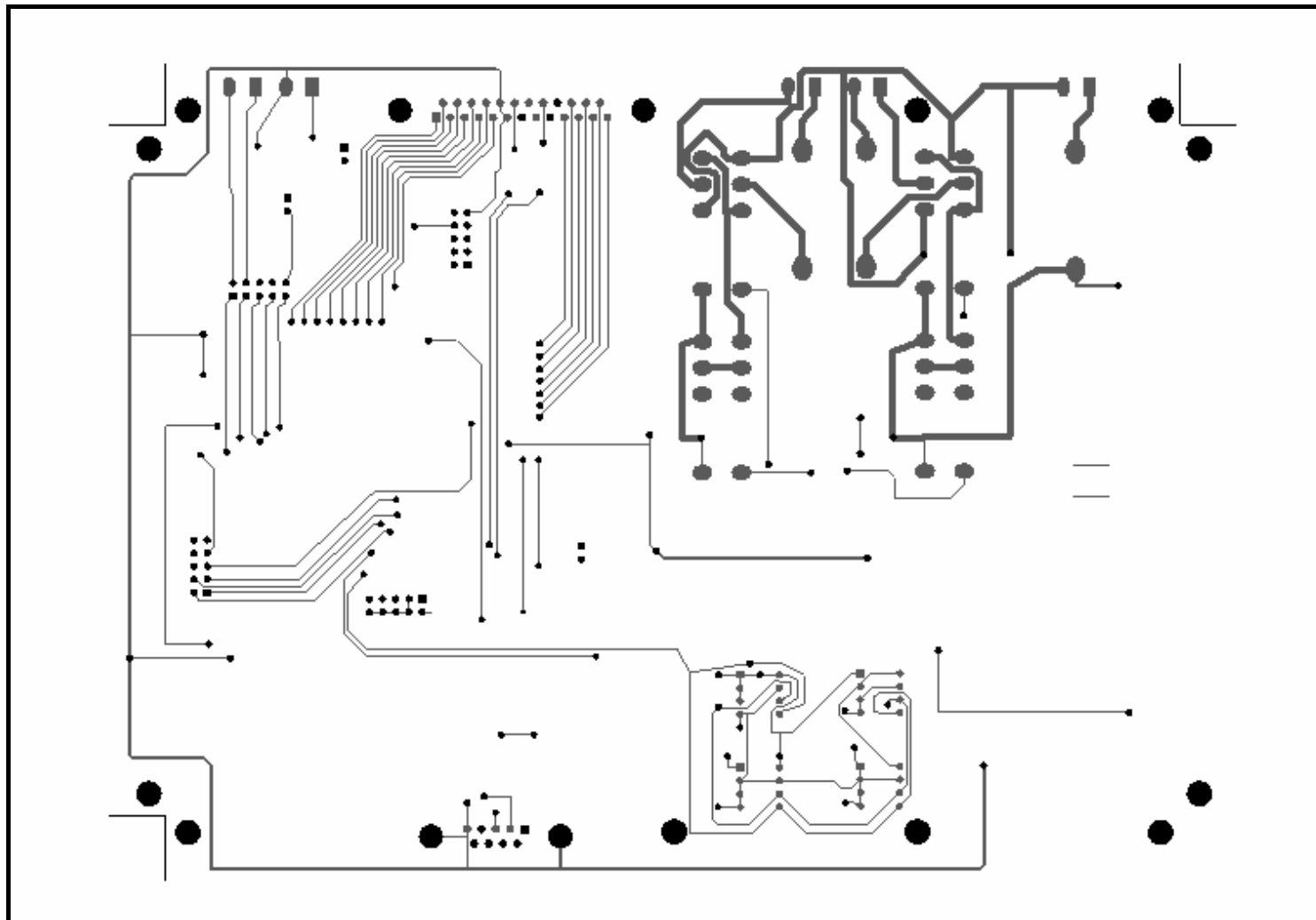
Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου



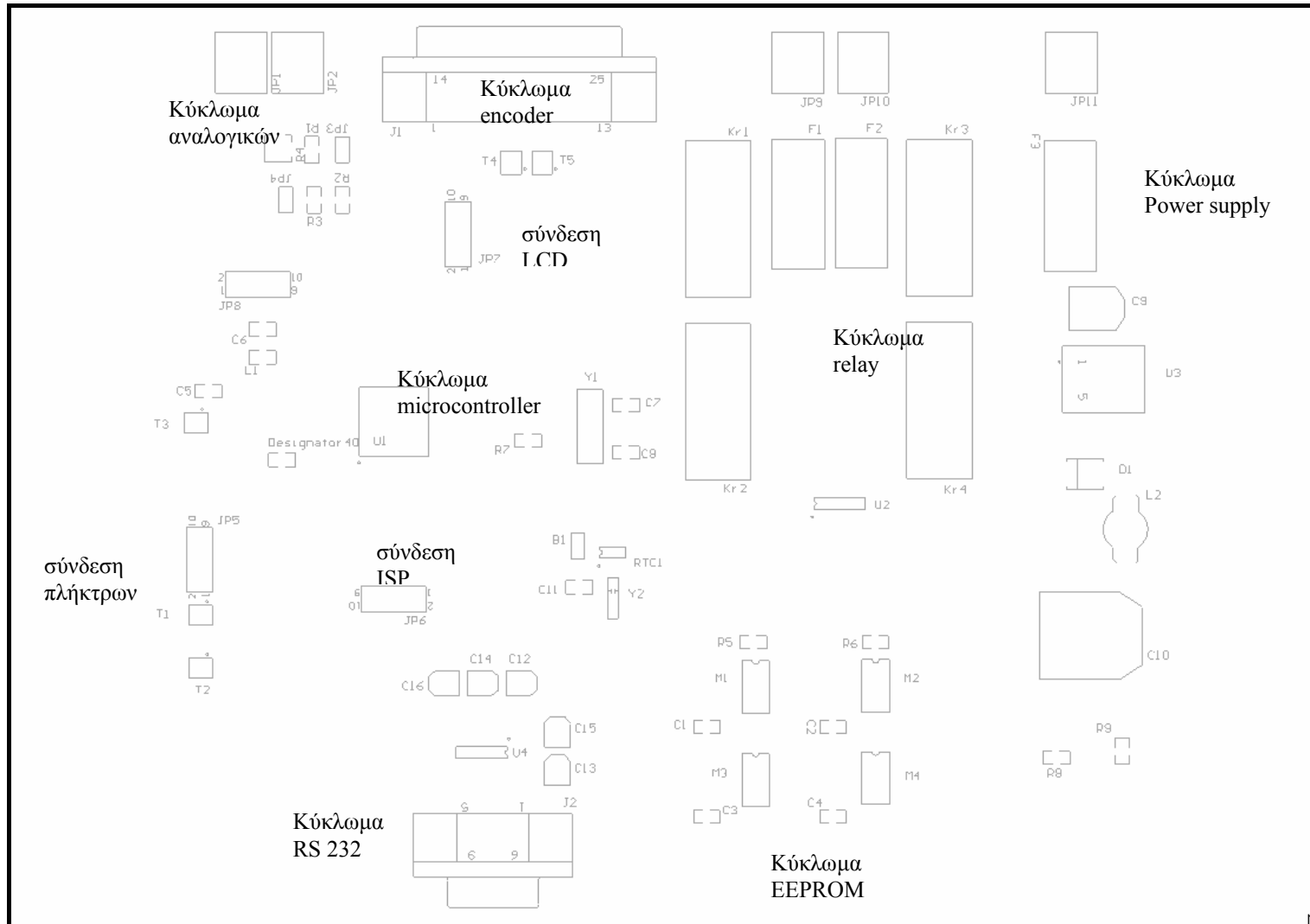
Σχηματικό διαγράμμα των συνδέσεων



Τυπωμένο κύκλωμα συσκευής ,χαλκός, εμπρός όψη



Τυπωμένο κύκλωμα συσκευή,ς χαλκός, πίσω όψη



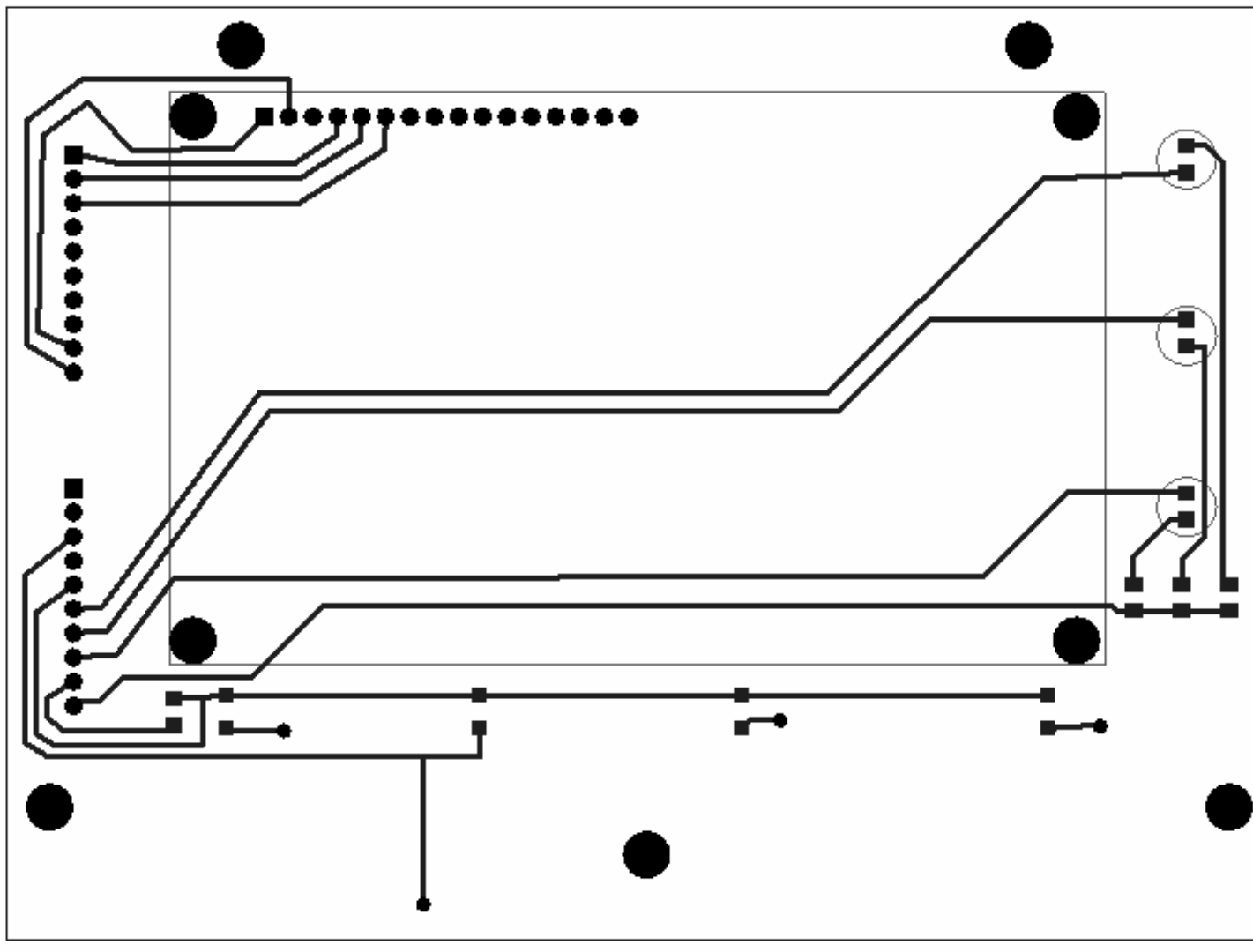
Τοποθέτηση εξαρτημάτων

3.2.1 Τυπωμένο κύκλωμα συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου

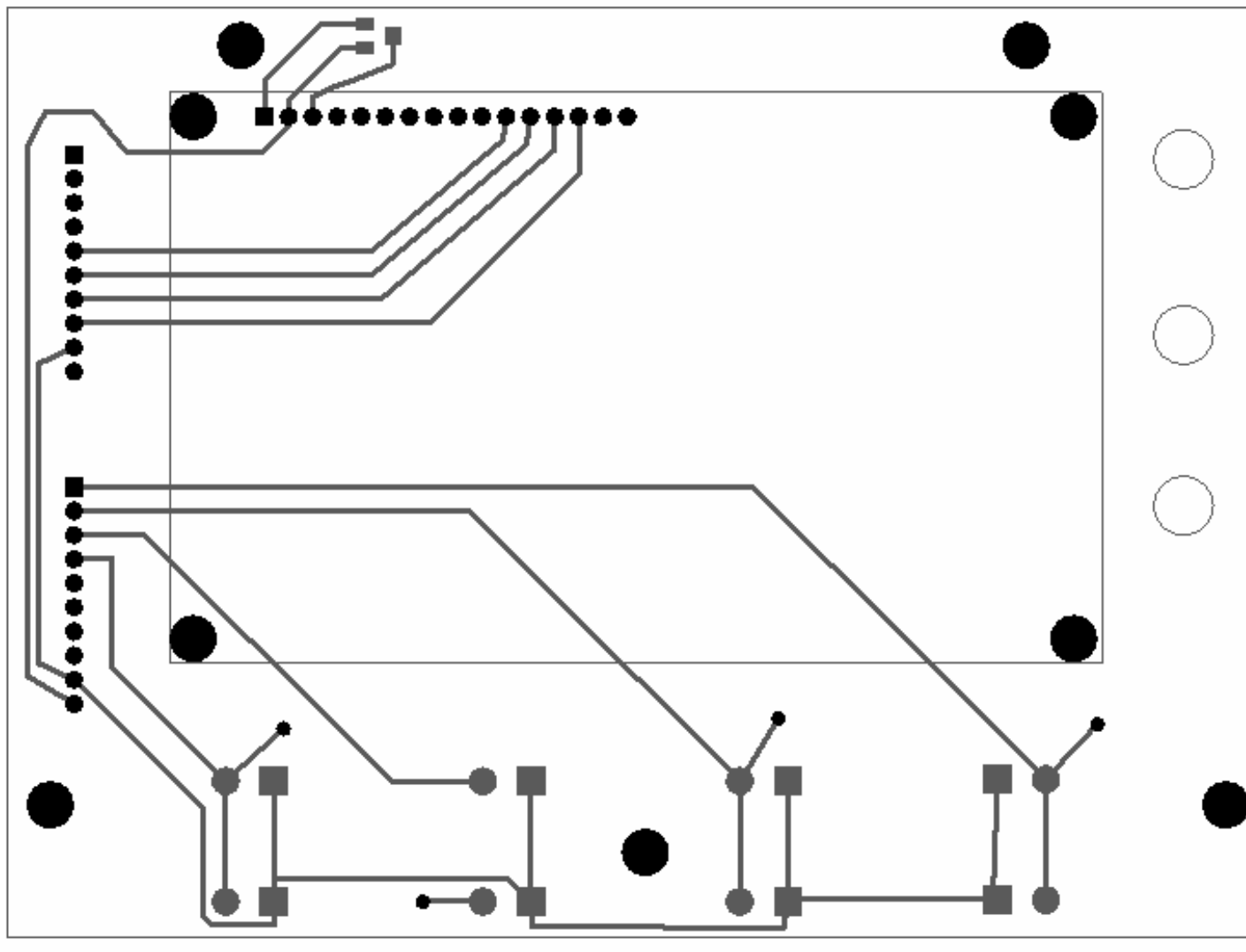
Το τυπωμένο αυτό κύκλωμα είναι τοποθετημένο σε διαφορετικό επίπεδο με σχέση του κυκλώματος της βασικής μονάδας Βρίσκεται στο καπάκι της συσκευής και υπάρχουν καλωδίωσης για την σύνδεση του στο βασικό κύκλωμα

Σ' αυτό βρίσκονται συσκευής απεικόνισης (LCD display) και τα τεσσερα πλήκτρα ελέγχου και εισαγωγής των παραμέτρων της συσκευής.

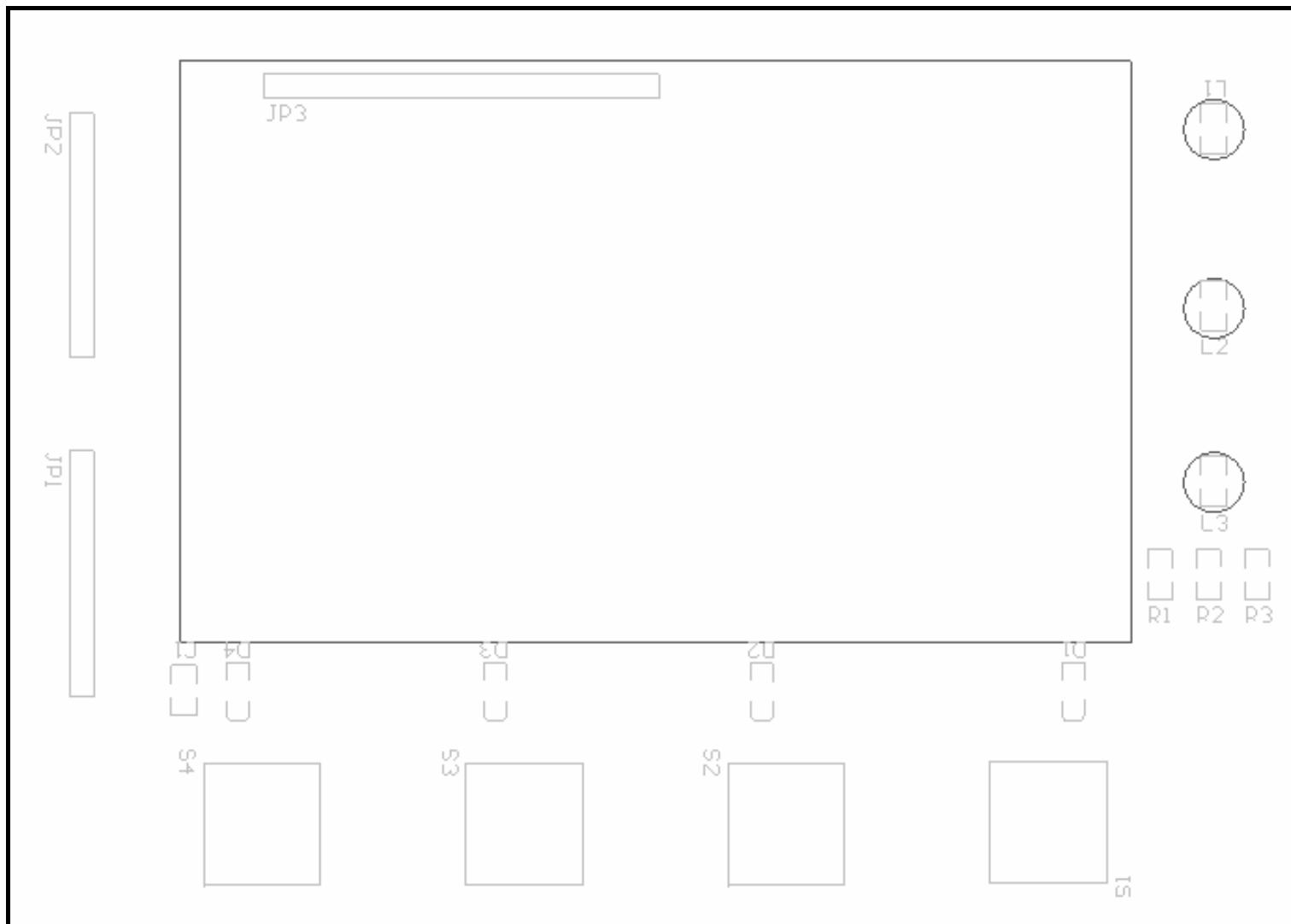
Ακολουθούν τα τυπωμένα κυκλώματα καθώς η τοποθέτηση των εξαρτημάτων πάνω στην πλακέτα



Τυπωμένο κύκλωμα ,χαλκός, εμπρός όψη



Εικόνα 1 Τυπωμένο κύκλωμα, χαλκός, εμπρός όψη



Εικόνα Τοποθέτηση εξαρτημάτων

Λίστα εξαρτημάτων συσκευής

Description	Designator	Index	Pins
Header, 2-Pin	B1	1	2
Capacitor (Surface Mount) 100 nF	C1	2	2
Capacitor (Surface Mount) 100 nF	C2	3	2
Capacitor (Surface Mount) 100 nF	C3	4	2
Capacitor (Surface Mount) 100 nF	C4	5	2
Capacitor (Surface Mount) 10 nF	C5	6	2
Capacitor (Surface Mount) 100 nF	C6	7	2
Capacitor (Surface Mount) 22 pF	C7	8	2
Capacitor (Surface Mount) 22 pF	C8	9	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 100μF	C9	10	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 1000μF	C10	11	2
Capacitor (Surface Mount) 100nF	C11	12	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 0.1μF	C12	13	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 0.1μF	C13	14	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 0.1μF	C14	15	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 0.1μF	C15	16	2
Polarized Capacitor (Surface Mount) 0.1μF	C16	17	2
Schottky Diode MBR5340	D1	18	2
	Designator40	19	2
Fuse	F1	20	2
Fuse	F2	21	2
Fuse	F3	22	2
DP, 25 Position, Right Angle	J1	23	27
DP, 9 Position, Right Angle	J2	24	11
Header, 2-Pin	JP1	25	2
Header, 2-Pin	JP2	26	2
Header, 2-Pin	JP3	27	2
Header, 2-Pin	JP4	28	2
Header, 5-Pin, Dual row	JP5	29	10
Header, 5-Pin, Dual row	JP6	30	10
Header, 5-Pin, Dual row	JP7	31	10
Header, 5-Pin, Dual row	JP8	32	10
Header, 2-Pin	JP9	33	2
Header, 2-Pin	JP10	34	2
Header, 2-Pin	JP11	35	2
Dual-Pole Dual-Throw Relay	Kr1	36	8
Dual-Pole Dual-Throw Relay	Kr2	37	8
Dual-Pole Dual-Throw Relay	Kr3	38	8
Dual-Pole Dual-Throw Relay	Kr4	39	8
Inductor (Surface Mount) 10μH	L1	40	2
Inductor (Surface Mount) 10mH	L2	41	2
64K Serial I ² C EEPROM AT24C64	M1	42	8
64K Serial I ² C EEPROM AT24C64	M2	43	8
64K Serial I ² C EEPROM AT24C64	M3	44	8
64K Serial I ² C EEPROM AT24C64	M4	45	8
Resistor (Surface Mount) 47K	R1	46	2
Resistor (Surface Mount) 27K	R2	47	2
Resistor (Surface Mount) 10K	R3	48	2

Potentiometer (Surface Mount) 10K	R4	49	3
Resistor (Surface Mount) 10K	R5	50	2
Resistor (Surface Mount) 10K	R6	51	2
Resistor (Surface Mount) 10K	R7	52	2
Resistor (Surface Mount) 2 K 0.1%	R8	53	2
Resistor (Surface Mount) 6.12K 0.1%	R9	54	2
Trickle Charge Timekeeping Chip DS1302	RTC1	55	8
Digital transistor NPN (Surface Mount) DTD114EK	T1	56	3
Digital transistor NPN (Surface Mount) DTD114EK	T2	57	3
Digital transistor NPN (Surface Mount) DTD114EK	T3	58	3
Digital transistor PNP (Surface Mount) DTB114EK	T4	59	3
Digital transistor PNP (Surface Mount) DTD114EK	T5	60	3
Atmel Microcontroller – AT MeGA 128	U1	61	64
Darlington Transistor Array (Surface Mount) ULN2004A	U2	62	16
Simple Switcher 3A Voltage Regulator (Surface Mount) LM2576S	U3	63	6
+5V RS-232 Transceiver with 0.1 μ F External Capacitor MAX202ESE	U4	64	16
Crystal Oscillator (Surface Mount) 4 MHz	Y1	65	2
Crystal Oscillator (Surface Mount) 3.68KHz	Y2	66	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

4.1 Λειτουργία συσκευής

Με την σύνδεση της συσκευής στην παροχή ρεύματος (24 Vdc) η κατασκευή μας μπορεί να εκτελεί άμεσα τις παρακάτω εργασίες:

- Να απεικονίζει στην οθόνη τις παρακάτω ενδείξεις:
 1. Ώρα ημερομηνία
 2. Γωνία αζιμουθίου και ύψους του ήλιου.
 3. Γωνία αζιμουθίου και ύψους του φωτοβολταϊκού πάνελ.
 4. Αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία.
 5. Τάση και ρεύμα φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Να κινεί αυτόματα (αν έχει ρυθμιστεί) σε ορισμένα χρονικά διαστήματα καθορισμένα από τον χρήστη τους κινητήρες του αζιμουθίου και του ύψους των φωτοβολταϊκών πανέλων σύμφωνα με την τροχιά του ήλιου ώστε αυτά να είναι προσανατολισμένα ως προς τον ήλιο καθ'ολη την διάρκεια της ημέρας και αναλόγως των γωνιών απόκλισης που θα έχει καθορίσει ο χρήστης.
- Να καταγράφει σε ορισμένα χρονικά διαστήματα, καθορισμένα από τον χρήστη, τα δεδομένα των μετρήσεων που θα εκτελεί, του ρεύματος και της τάσης του φωτοβολταϊκού συστήματος , καθώς την ώρα την ημερομηνία αλλά την θέση των πανέλων, στη μνήμη EEPROM της συσκευής.
- Να κινεί ο χρήστης κατά βούληση τους κινητήρες του αζιμουθίου και του ύψους των φωτοβολταϊκών πανέλων έτσι ώστε να τα τοποθετεί στην επιθυμητή γωνία.
- Να φορτώνει τα δεδομένα από τη μνήμη της συσκευής σε ένα υπολογιστή καθώς και να τα διαγράφει.
- Να αλλάζει ο χρήστης της παρακάτω παραμέτρους:
 1. Αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία συσκευής.
 2. Ώρα, ημερομηνία.
 3. Χρονικό διάστημα κίνησης πανέλων.
 4. Χρονικό διάστημα καταγραφής δεδομένων.
 5. Αποκλίσεις πανέλων.
 6. Παραμέτρους διόρθωσης των αναλογικών μετρήσεων.

Οδηγίες χρήσεως για την εγκατάσταση

Η κατασκευή μας είναι ρυθμισμένη να λειτουργεί στις γεωγραφικές συντεταγμένες της πόλης του Ηρακλείου, γεωγραφικό πλάτος $35^{\circ}20''$ και γεωγραφικό μήκος $25^{\circ}10''$ και σε ώρα GMT .

Όλες οι παράμετρος που εισάγονται από τον χρήστη αποθηκεύονται στην EEPROM του microcontroller έτσι παραμένουν και δεν χρειάζεται η συσκευή καμία ρύθμιση στην περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας της.

Επίσης το ρολόι πραγματικού χρόνου διαθέτει μπαταρία και κατά συνέπεια απαιτείται μόνο η αρχική του ρύθμιση καθώς και κάποια διόρθωση σε ορισμένα τακτά χρονικά διαστήματα Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας ανέρχεται σε αρκετά χρόνια.

Οι συντεταγμένες είναι προκαθορισμένες

Οι συνδέσεις του «κουτιού» με τα καλώδια τροφοδοσίας, κινητήρων, αισθητηρίων και shunt, έχουν ειδικούς συνδέσμους προς αποφυγή αντίθετης πολικότητας και αναγράφονται πάνω στο κουτί τα σημεία σύνδεσης τους.



Σημεία σύνδεσης

Όπου M1 και M2 οι κινητήρες ύψους και αζιμουθίου αντίστοιχα και A0, A1 το Shunt . Ακόμη οι Encoder του ύψους και του αζιμούθιου αντίστοιχα καθώς η σειριακή σύνδεση RS 232 για τον υπολογιστή.



Σημείο σύνδεσης RS 232

Επίσης είναι αναγκαίο ο χρήστης να γνωρίζει την ακριβή θέση προσανατολισμού (αζιμούθιο και ύψος) του πάνελ.

Αφού πραγματοποιήσουμε με επιτυχία όλα τα παραπάνω μπορούμε να συνδέσουμε την με ασφάλεια πλέον στη θέση τροφοδοσίας PS που υπάρχει στην πάνω δεξιά μεριά και η συσκευή θα αρχίσει να λειτουργεί .

Στην κάθε εκκίνηση της συσκευής η οθόνη θα έχει την παρακάτω μορφή.και θα λειτουργεί άμεσα σύμφωνα με τις τελευταίες ρυθμίσεις των παραμέτρων πριν τη διακοπή της ηλεκτρικής τροφοδοσίας της συσκευής.

Στη συνέχεια μπορούμε με το πλήκτρο **↑** ή **↓** να κάνουμε όλες τις απαραίτητες ρυθμίσεις για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Καταρχήν του ρυθμίζουμε ώρα και λεπτά στην περίπτωση όπου η ώρα δεν είναι ρυθμισμένη σωστά. Στη συνέχεια ρυθμίζουμε μέρα, ημερομηνία, μήνα και έτος.

Παρατήρηση: Υπενθυμίζουμε ότι η ώρα είναι σε **GMT** οπότε η διαφορά με την τοπική ώρα του Ηρακλείου είναι +2 συν 1 ώρα το καλοκαίρι.

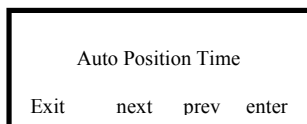
Σε περίπτωση λάθους πατάμε **G** ή **OK** για να καταχωρήσουμε έπειτα **↑** ή **↓** για να προχωρήσουμε στην επόμενη παράμετρο.



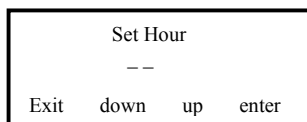
Πρόσοψη κατασκευής

4.2 Οδηγίες χρήσεως λειτουργίας προγράμματος

Για να είναι πιο κατανοητή η δομή του του μενού προγράμματος θα ακολουθήσει ένα μπλοκ διάγραμμα του μενού όπου μαζί με τις επεξηγήσεις ο χειρισμός θα είναι απλός.



Στη τελευταία γραμμή της οθόνης αναγράφονται οι επιλογές που έχει ο χρήστης πρίζοντας το πληκτρο που βρίσκεται κάτω από την επιλογή π.χ.

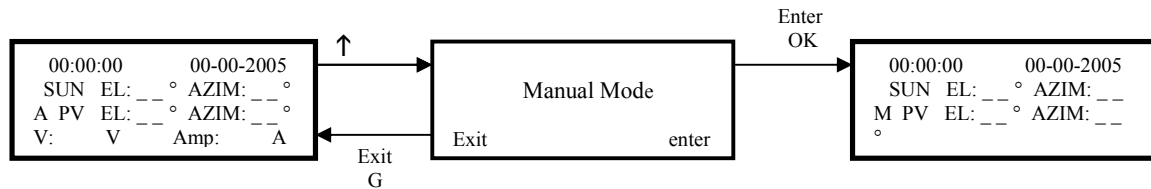


έξοδος → G, επόμενο → ↓, προηγούμενο → ↑, είσοδος → OK
μείωση → ↓ αύξηση → ↑

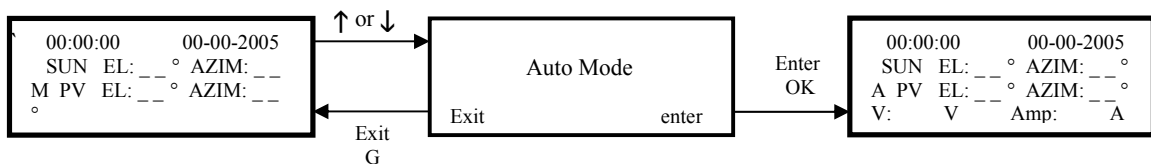
Στο διάγραμμα το τετράγωνο θα αναφέρεται στην οθόνη και τα βέλη θα δείχνουν την πορεία του μενού αναλόγως το πλήκτρο που θα πατηθεί.

4.3 Χειρισμός (block διάγραμμα) της κατασκευής

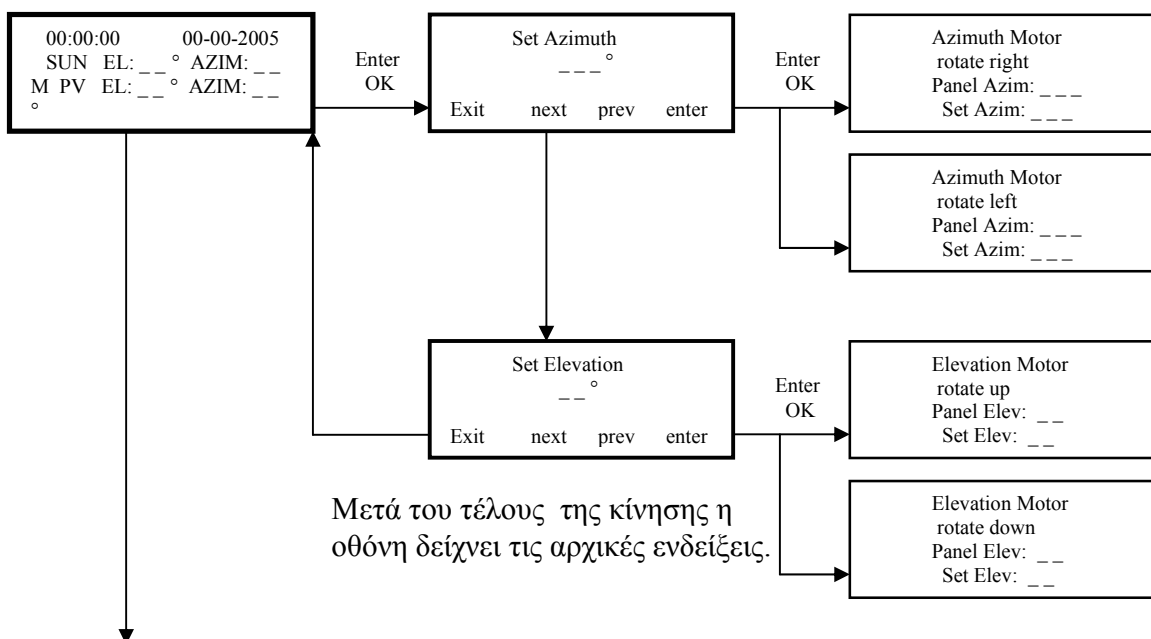
Αρχική οθόνη:



ή Εδώ μπορούμε με κυκλικό τρόπο να επιλέξουμε την χειροκίνητη ή την αυτόματη λειτουργία της συσκευής πιέζοντας το βέλος ↑ πάμε σε χειροκίνητη αν είναι σε αυτόματη ή αντιθέτως .

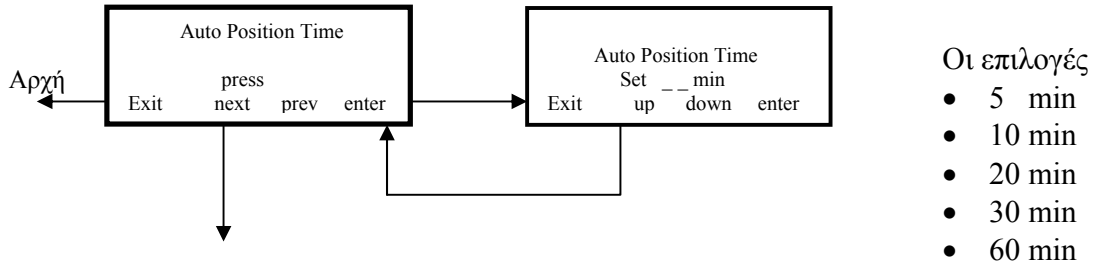


Αν είναι σε χειροκίνητη τότε πιέζοντας το OK μπαίνουμε σε χειροκίνητη αλλαγή θέσης των πανέλων και έπειτα με τα βέλη επιλέγουμε ποια διεύθυνση θέλουμε να αλλάξουμε και έτσι μπορούμε να ορίσουμε την επιθυμητή θέση των πανέλων. Πιέζοντας OK τα μοτέρ θα κινηθούν και η οθόνη θα δείχνει την αλλαγή θέσης των πάνελ μέχρι να γίνει ίση με την αναγραφόμενη τιμή που θα έχουμε ορίσει. Έπειτα θα γίνει το ίδιο για την άλλη διεύθυνση αν το επιθυμούμε ,αλλιώς πατάμε το G για έξοδο.

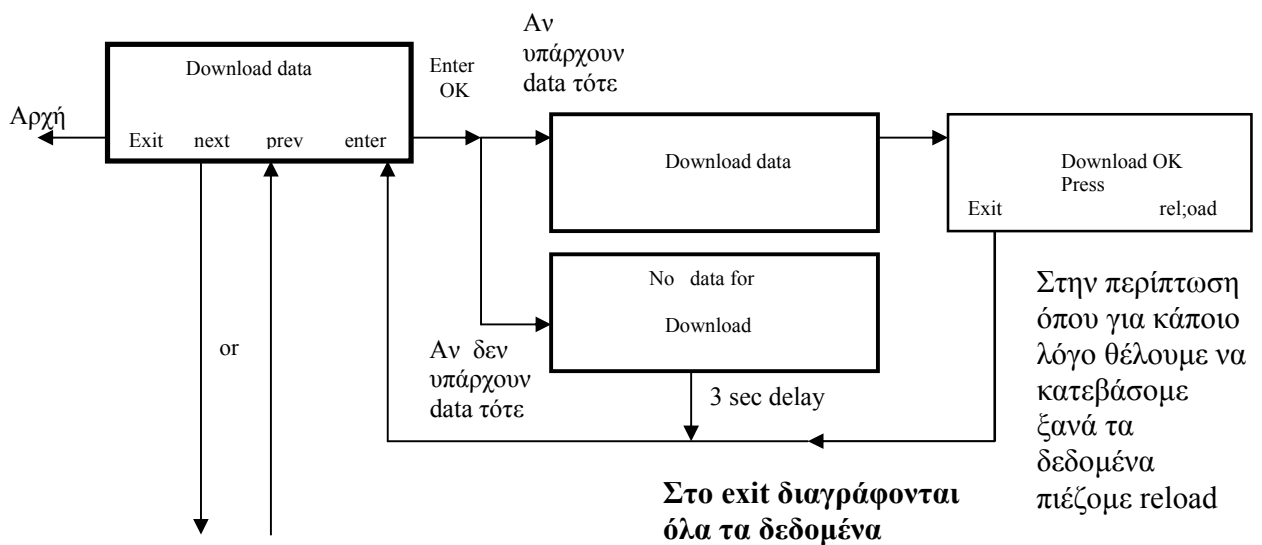


Μετά του τέλους της κίνησης η οθόνη δείχνει τις αρχικές ενδείξεις.

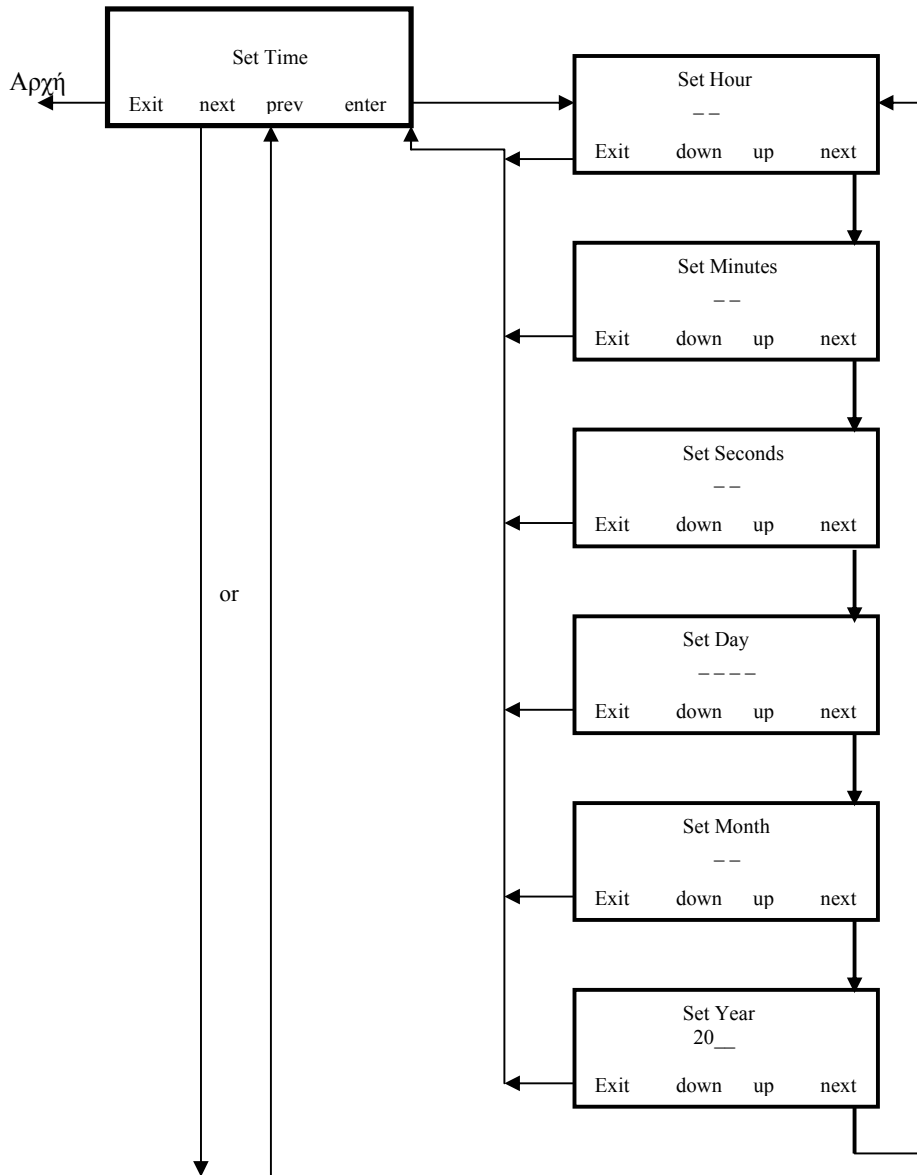
Εδώ ορίζουμε κάθε πότε θα κινούνται τα πάνελ (οι επιλογές είναι σε λεπτά της ώρας), πατώντας το πλήκτρο που μας υποδείχνει η οθόνη για να κάνουμε την επιλογή μας.



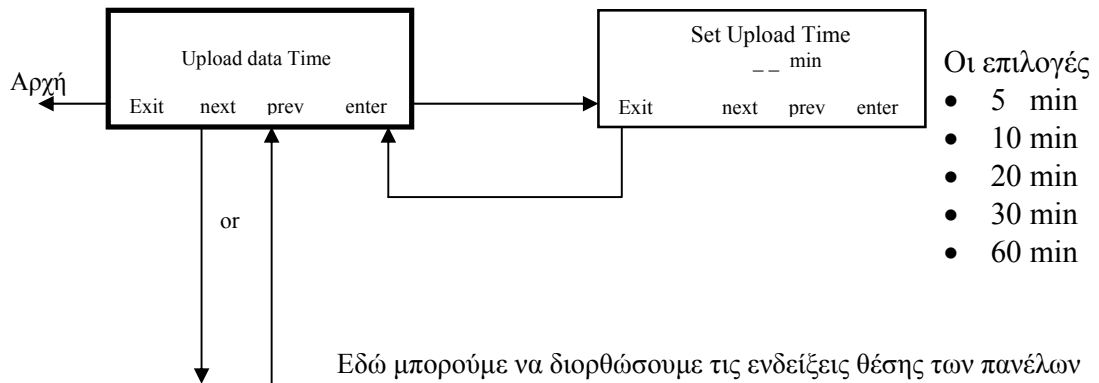
Εδώ κατεβάζουμε τα δεδομένα στον υπολογιστή μας Και εδώ πατώντας το πλήκτρο OK αρχίζει το κατέβασμα αν υπάρχουν στοιχεία .Όταν κατεβούν έχουμε την επιλογή να τα κατεβάσουμε ξανά ή να βγούμε από το μενού διαγράφοντας τα.



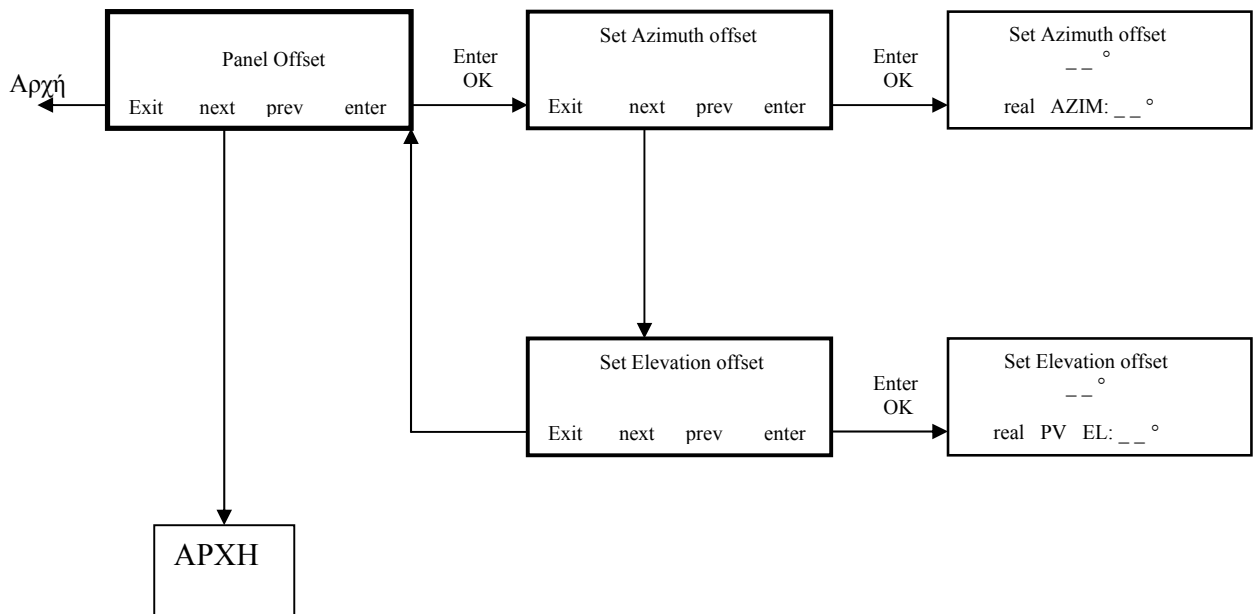
Εδώ ρυθμίζουμε την ώρα και την ημερομηνία ακολουθώντας τις οδηγίες της οθόνης.



Εδώ ορίζουμε κάθε πότε θα καταγράφονται τα στοιχεία των πάνελ (οι επιλογές είναι σε λεπτά της ώρας), στη μνήμη της συσκευής μας, πατώντας το πλήκτρο που μας υποδείχνει η οθόνη για να κάνουμε την επιλογή μας.



Εδώ μπορούμε να διορθώσουμε τις ενδείξεις θέσης των πανέλων τοποθετώντας μια απόκλιση στις μετρήσεις των encoder πατώντας το πλήκτρο που μας υποδείχνει η οθόνη για να κάνουμε την επιλογή μας. Η οθόνη μας δείχνει τη πραγματική μετρηση των encoder και τη θετική ή αρνητική απόκλιση που θέλουμε να ορίζουμε.



Σε ορισμένες παραμέτρους υπάρχει άνω και κάτω όριο τιμών που μπορούν να εισαχθούν. Αυτά τα όρια έχουν τοποθετηθεί στο πρόγραμμα και δεν μπορεί ο χρήστης να τα αλλάξει.

Όταν ο χρήστης υπερβεί το όριο των τιμών τότε ακολουθεί το επόμενο άνω ή κάτω όριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

5.1 Πλακέτα προγραμματισμού

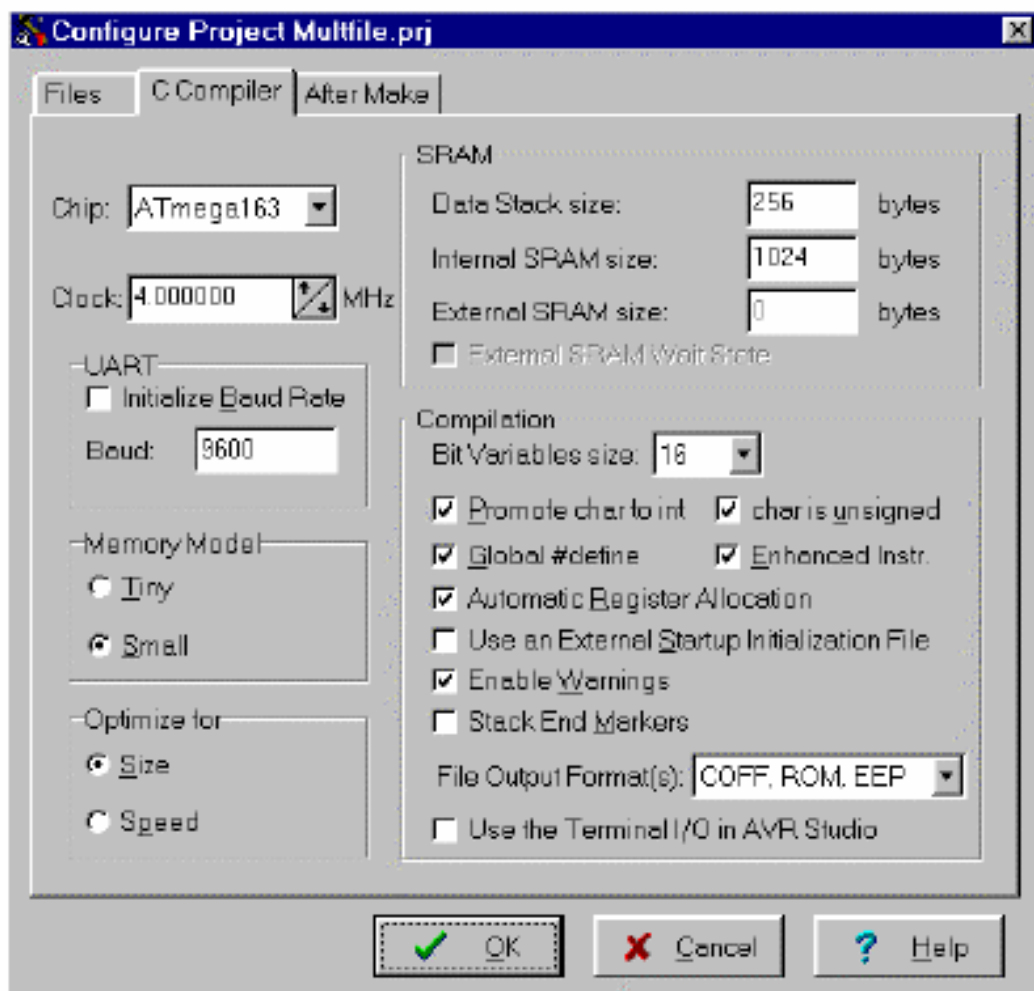
Η πλακέτα προγραμματισμού που χρησιμοποιήσαμε για να προγραμματίσουμε τον **ATmega128** είναι η **AVR STK500**, της οποίας τοποθετήσαμε κρύσταλλο 4MHz σε βάση που υπάρχει πάνω στην πλακέτα αφού ο εσωτερικός κρύσταλλος της πλακέτας είναι μικρότερος.

Η πλακέτα αυτή υποστηρίζεται από το **AVR Studio**. Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά της :

- AVR Studio Compatible
- RS232 Interface to PC for Programming and Control
- Regulated Power Supply for 10 – 15V DC Power
- Sockets for 8-pin, 20-pin, 28-pin and 40-pin AVR Devices
- Parallel and Serial High-voltage Programming of AVR Parts
- Serial In-System Programming(ISP) of AVR Parts
- In-System Programmer for Programming AVR Parts in External Target System
- Reprogramming of AVR Parts
- 8 Push Buttons for General use
- 8 LEDs for General Use
- All AVR I/O Ports Easily Accessible through Pin Header Connectors
- Additional RS232 Port for General use
- Expansion Connectors for Plug-in Modules and Prototyping Area
- On-board 2-Mbit DataFlash for Nonvolatile Data Storage

5.2 Μεταγλωττιστής

Ο Compiler που χρησιμοποιήσαμε για να γράψουμε τον κώδικα (σε γλώσσα C) του επεξεργαστή μας είναι το **CodeVisionAVR**. Είναι σχεδιασμένο για τους μικροελεγκτές της οικογένειας AVR της εταιρίας ATMEL. Το CodeVisionAVR είναι μια απλή 32 bit εφαρμογή η οποία τρέχει σε Windows 95, 98, NT 4.0 και 2000. Περιέχει τις βασικές βιβλιοθήκες της γλώσσας C αλλά και άλλες οι οποίες είναι για ειδικές εφαρμογές.



5.3 Λογισμικό

```

/*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.6 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2005 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com
e-mail:office@hpinfotech.com
Project :
Version :
Date : 23/7/2005
Author : Nikolaos Papadakis
Company :
Comments:
Chip type : ATmega128
Program type : Application
Clock frequency : 4,000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 1024
*****/
#include <mega128.h>
#include<math.h>
#include <stdio.h> // Standard Input/Output functions
#include <string.h>
#include<delay.h>
#include <gray.h>
/**** Coord var *****/
signed int realPVel=0,realPVaz=0;
eeprom signed int offsetPVel=0,offsetPVaz=0; //eeprom
signed int PVel=0,PVaz=0;
signed int setPVel=44,setPVaz=222;
float sun_azimuth=0,sun_elevation=0;
/***** μεταβλητές χρόνου *****/
bit rtc_set_enable=0;
unsigned char rtc_year, rtc_month, rtc_day, rtc_hour, rtc_mins,rtc_sec;
void set_clock(void);
/***** μεταβλητές αναλογικού ψηφιακού μετατροπέα ADC*****/
#define ADC_VREF_TYPE 0xC0
//#define SINGLE_ENDED_INPUT 4
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input);
unsigned int volt ,amps ;
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input);
void read_analog(void);
/***** μεταβλητές οθόνης *****/
char lcd_buffer[90];
bit flg_disA;
bit rf_display=0;
signed char dispNo=0;
char disp_mode=1,set_mode=0;

```

```

void show_disp(char j);
/***** control *****/
#define AZ_MIN_LIMIT 60
#define AZ_MAX_LIMIT 300
#define EL_MIN_LIMIT 26
#define EL_MAX_LIMIT 79
#define EL_SAFE_POSITION 70
#define MANUAL_MODE 77
#define AUTO_MODE 65
char mode_auto=65;
unsigned char button=0;
eprom unsigned char upload_period=5; // eeprom
eprom unsigned char move_period=60; //eeprom
bit man_set_enable;
bit config_set_enable;
bit move_time_set;
bit once_move=1;
bit offset_enable;
void PVmanl_set(void);
void button_control(void);
void get_PVpos(void);
void manual_az_move(void);
void manual_el_move(void);
void move_time(void) ;
void auto_az_move(void);
void auto_el_move(void);
void check_time_move(void);
void panel_offset(void);
/***** μεταβλητές έξιsworth ηλίου *****/
#define rads 0.017453292519943295769236907684886
#define degs 57.295779513082320876798154814105
float glat=35.33583,glong=25.17361;
float FNday (float year,float month,float day,float hour,float mins);
float FNipart(float x);
float FNrange (float x );
float FNatn2(float y,float x);
float FNsun (float x);
void sun(void);
/***** eeprom *****/
#define DATA_BYTES 15
#define EEPROM_CAPACITY 8190
bit eepr_upload_enable=1;
bit upload_time_set;
bit once_data=1;
unsigned char eepr_buffer[ 15];
unsigned int data_adrs=0,data_read_adrs=0;
unsigned long data_bytes_rec=0;
unsigned char eepr_bus_adrs= 0xA0;
union cutint {
unsigned int word;

```

```
unsigned char lsb[2];
} data;
void check_time_data(void);
unsigned char integ_break(unsigned char sbit,unsigned int var);
void eepr_write(unsigned int w_adrs ,unsigned char data);
void eepr_read(unsigned char chip_ad,unsigned int repet);
void eepr_upload(void);
void eepr_to_uart (void);
void eepr_download(void);
void upload_time(void) ;
// I2C Bus functions
#asm
.equ __i2c_port=0x03 ;PORTE
.equ __sda_bit=2
.equ __scl_bit=3
#endasm
#include <i2c.h>
// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <lcd.h>
// DS1302 ρολοι πραγματικου χρονου functions
#asm
.equ __ds1302_port=0x18 ;PORTB
.equ __ds1302_io=6
.equ __ds1302_sclk=5
.equ __ds1302_rst=7
#endasm
#include <ds1302n.h>
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
button=0xf0 & (~PINE);
EIFR=0x01;
}
// Timer 1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 1 value
TCNT1H=0xC2;
TCNT1L=0xF7;
// Place your code here
rtc_get_time(&rtc_hour,&rtc_mins,&rtc_sec);
rtc_get_date(&rtc_day,&rtc_month,&rtc_year);
get_PVpos();
read_analog();
sun();
rf_display=1;
}
void main(void)
```

```
{
// Input/Output Ports τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Port A τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;
// Port B τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=Out Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=0 State3=0 State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x18;
// Port C τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
// Port D τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=1
PORTD=0x01;
DDRD=0x00;
// Port E τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTE=0x0c;
DDRE=0x0c;
// Port F τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func7=Out Func6=Out Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0xC0;
// Port G τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Func4=Out Func3=Out Func2=In Func1=Out Func0=Out
// State4=0 State3=0 State2=T State1=0 State0=0
PORTG=0x00;
DDRG=0x1B;
// Timer/Counter 0 τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Clock source: System Clock
// Clock value: 3,906 kHz
// Mode: Normal top=FFFFh
```



```
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x04;
TCNT1H=0xC2;
TCNT1L=0xF7;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR1CL=0x00;
// Timer/Counter 2 τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// Timer/Counter 3 τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 3 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Timer 3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
```

```
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;
// External Interrupt(s) τοποθέτηση αρχικών τιμών
// INT0: On
// INT0 Mode: Falling Edge
// INT1: Off
// INT2: Off
// INT3: Off
// INT4: Off
// INT5: Off
// INT6: Off
// INT7: Off
EICRA=0x02;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x01;
EIFR=0x01;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) τοποθέτηση αρχικών τιμών
TIMSK=0x04;
ETIMSK=0x00;
// USART0 τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART0 Receiver: On
// USART0 Transmitter: On
// USART0 Mode: Asynchronous
// USART0 Baud rate: 9600
UCSR0A=0x00;
UCSR0B=0x18;
UCSR0C=0x06;
UBRR0H=0x00;
UBRR0L=0x19;
// Analog Comparator τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// ADC τοποθέτηση αρχικών τιμών
// ADC Clock frequency: 62,500 kHz
// ADC Voltage Reference: Int., cap. on AREF
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x86;
// I2C Bus τοποθέτηση αρχικών τιμών
i2c_init();
// DS1302 Real Time Clock τοποθέτηση αρχικών τιμών
// Trickle charger: Off
rtc_init(0,0,0);
// LCD module τοποθέτηση αρχικών τιμών
```

```

lcd_init(20);
// Global enable interrupts
#asm("sei")
lcd_putsf(" ATEI Energy & Environmental Technology Nikos Papadakis ");delay_ms(2000);
while (1)
{
button_control();
if(rf_display &&(dispNo==0) )show_disp(dispNo);
if (mode_auto==AUTO_MODE)check_time_move();
if(eepro_upload_enable)check_time_data();
};
}
/*****
* Συνάρτηση ελέγχου πλήκτρων *
*****/
void button_control(void)
{
if(button!=0)
{
rf_display=1;
switch (button)
{
case UP:++dispNo;if (dispNo>6)dispNo=0;break ;
case DOWN:--dispNo;if (dispNo<0)dispNo=6; break;
case ENTER:
if (mode_auto==77 && dispNo==0) // Av 77 (σε ascii το M) δηλ αν είναι χειοκ. mode
{ // και η οθόνη No 0 κάνε
man_set_enable=1; //χειροκ χρήση ενεργή
PVman1_set(); // τρέξε την χειροκ ρύθμιση κίνηση μοτέρ
}
else if (dispNo==1) //αλλιώς αν
{
if(mode_auto==65) // Av 65 (σε ascii το A) δηλ αν είναι αυτο. mode
{
mode_auto=77; // κανε το χειροκίνητο
dispNo=0;
}
else
{
mode_auto=65;dispNo=0;
}
}
else if(dispNo==4)
{
rtc_set_enable=1;set_clock();
}
else if(dispNo==3)
{
eepro_download();
}
}
}

```

```

else if (dispNo==5)
{
upload_time_set=1; upload_time();
}
else if (dispNo==2)
{
move_time_set=1; move_time();
}
else if (dispNo==6)
{
offset_enable=1; panel_offset();
}
break;
case G:dispNo=0;break;
default :break;
}
show_disp(dispNo);
button=0;
}
} /*****
* Συναρτήσεις θέσης ήλιου *
*****/

void PVmanl_set(void)
{
signed int sPVel,sPVaz;
char flg_set=0,flg_button=0;
button=0;
while(man_set_enable)
{
if (man_set_enable)
{
flg_set=1;
sPVel=setPVel;
sprintf(lcd_buffer," Set Elevation\n %2d°\ncurrent el=%2d°\nexit up down next",sPVel,PVel);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER: flg_set=0; if(flg_button) { setPVel=sPVel; flg_button=0; manual_el_move()
;}break ;
case DOWN: flg_button=1;sPVel--; if (sPVel < EL_MIN_LIMIT)sPVel =
EL_MAX_LIMIT;break ;
case UP: flg_button=1; sPVel++; if (sPVel > EL_MAX_LIMIT)sPVel = EL_MIN_LIMIT;break
;
case G: flg_set=0; man_set_enable=0; break;
}
}
}
}
}

```

```

button=0; sprintf(lcd_buffer, " Set Elevation\n %2d^\ncurrent el=%2d^\nexit up down
next", sPVel, PVel);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
if (man_set_enable)
{
flg_set=1;
sPVaz=setPVaz;
sprintf(lcd_buffer, " Set Azimuth\n %3d^\ncurrent az=%3d^\nexit up down
next", sPVaz, PVaz);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{ switch (
button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(fl_g_button){setPVaz=sPVaz;fl_g_button=0; manual_az_move();
}break ;
case DOWN:fl_g_button=1;sPVaz--;if
(sPVaz<AZ_MIN_LIMIT)sPVaz=AZ_MAX_LIMIT;break ;
case UP: fl_g_button=1;sPVaz++;if (sPVaz>AZ_MAX_LIMIT)sPVaz=AZ_MIN_LIMIT;break ;
case G: flg_set=0;man_set_enable=0;break;
}
button=0; sprintf(lcd_buffer, " Set Azimuth\n %3d^\ncurrent az=%3d^\nexit up down
next", sPVaz, PVaz);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
}
}
float FNday (float year,float month,float day,float hour,float mins)
{
return (367*year-floor(((7*(year+floor(month+9)/12))/4)+floor((275*month)/9)+day-730531)+
(((hour+(mins/60))/24)-0.5);
}
float FNsun(float x)
{
float L,g;
L =FNrange(4.694967-0.0172027*x);
g=FNrange(6.740040+0.01720197*x);
return (FNrange(L+0.033423*sin(g)+0.000349*sin(2*g)));
}
float FNipart(float x)
{
return fsign(x)*floor(fabs(x));
}

```

```

float FNatn2(float y, float x)
{
float a;
a=atan(y/x);
if (x<0) a=(a+PI);
if ( (y<0)&&(x<0)) a=a+(2*PI);
return a;
}
float FNrange (float x )
{
float aa;
aa=(2*PI * ( x/(2*PI)) - FNipart( x/(2*PI) ));
if (aa<0)
return (2*PI)+aa;
else
return aa;
}
void sun(void)
{
float year,month,day,hour,mins;
float d,obliq,lambda,alpha,delta,LMST,sinalt,azim,elev;
year=2000+rtc_year;
month=rtc_month;
day=rtc_day;
hour=rtc_hour;
mins=rtc_mins;
d= FNday (year, month,day, hour, mins);
lambda=FNsun(d);
obliq=0.2390877234-0.0000000070*d;
LMST=FNrange((3.8949612)+((360.98564736629)*d)*rads+(glong*rads));
alpha=FNatn2( (cos(obliq)*sin(lambda)) , cos(lambda) );
delta=asin(sin(obliq)*sin(lambda));
sinalt=(sin(delta)*sin(glat*rads))+ cos(glat*rads)*cos(FNrange(LMST-alpha));
if (modf((asin(sinalt)*degs), &elev)>0.5)elev=elev+1;
sun_elevation=elev;
elev=0;
if (modf((FNatn2((-cos(delta)*cos(glat*rads))*sin(FNrange(LMST-alpha))),(sin(delta)-
sin(glat*rads)*sinalt))*degs)
,&azim)>0.5)azim=azim+1;
sun_azimuth=azim;
azim=0;
} /*****
* Συνάρτηση τοποθέτησης χρόνου *
*****/

void set_clock(void)
{
signed char year, month, day, hour,min,sec;
char flg_set=0,flg_button=0;
button=0;
while(rtc_set_enable)

```

```
{
//set_hour
if (rtc_set_enable)
{
flg_set=1;
rtc_get_hour(&hour);
sprintf(lcd_buffer, " Set hour\n %2d\n\nexit down up next",hour);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){rtc_set_hour(hour);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1;hour--;if (hour<0)hour=23;break ;
case UP: flg_button=1;hour++;if (hour>23)hour=0;break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0; sprintf(lcd_buffer, " Set hour\n %2d\n\nexit down up next",hour);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
//set_min
if (rtc_set_enable)
{
flg_set=1;
rtc_get_min(&min);
sprintf(lcd_buffer, " Set minutes\n %2d\n\nexit down up next",min);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){rtc_set_min(min);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1;min--;if (min<0)min=59;break ;
case UP: flg_button=1;min++;if (min>59)min=0;break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0; sprintf(lcd_buffer, " Set minutes\n %2d\n\nexit down up next",min);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
//set_sec
if (rtc_set_enable)
{
```

```
flg_set=1;
rtc_get_sec(&sec);
sprintf(lcd_buffer, " Set seconds\n %2d\n\nexit down up next",sec);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(fl_g_button){rtc_set_sec(sec);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1;sec--;if (sec<0)sec=59; break ;
case UP: flg_button=1;sec++;if (sec>59)sec=0;break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0 ; sprintf(lcd_buffer, " Set seconds\n %2d\n\nexit down up next",sec);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
// set_day
if (rtc_set_enable)
{
flg_set=1;
rtc_get_day(&day);
sprintf(lcd_buffer, " Set day\n %2d\n\nexit down up next",day);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(fl_g_button){rtc_set_day(day);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1; day--;if (day<1)day=31;break ;
case UP: flg_button=1;day++;if (day>31)day=1;break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0 ; sprintf(lcd_buffer, " Set day\n %2d\n\nexit down up next", day);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
//set_month
if (rtc_set_enable)
{
flg_set=1;
rtc_get_month(&month);
sprintf(lcd_buffer, " Set month\n %2d\n\nexit up down next",month);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
```



```

while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){rtc_set_month(month);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1; month--;if (month<1)month=12; break ;
case UP: flg_button=1;month++;if (month>12)month=1;break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0 ; sprintf(lcd_buffer," Set month\n %2d\n\nexit down up next", month);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
// set_year
if (rtc_set_enable)
{
flg_set=1;
rtc_get_year(&year);
sprintf(lcd_buffer," Set year\n %2d\n\nexit down up back",(2000+year));
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){rtc_set_year(year);flg_button=0;}break ;
case DOWN:flg_button=1;year--;if (year<01)year=20; break ;
case UP:flg_button=1;year++;if (year>20)year=1; break ;
case G: flg_set=0;rtc_set_enable=0;break;
}
button=0;sprintf(lcd_buffer," Set year\n %2d\n\nexit down up back",(2000+year));
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
}
show_disp(dispNet);
}
/*****
* MENU ° *
*****/

void show_disp(char j)
{
switch (j)
{

```

```

case 0: sprintf(lcd_buffer," %2u:%02u:%02u %2u-%02u-%u\nSUN El:%+2.0f° Az:%-
3.0f°\n%c PV El:%-3d°
Az:%-3d°\nV:%.1f V Amp:%d A ",rtc_hour,
rtc_mins,rtc_sec,rtc_day,rtc_month,(2000+rtc_year),sun_elevation,sun_azimuth,mode_auto,
PVel,PVaz,(volt*0.1),(amps));
lcd_clear();
lcd_puts(lcd_buffer);
break;
case 1: lcd_clear(); if(mode_auto==65){ lcd_clear();lcd_gotoxy(5,0);lcd_putsf("Manual
Mode") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter"); }
else if (mode_auto==77){ lcd_clear();lcd_gotoxy(6,0);lcd_putsf("Auto Mode") ;
lcd_gotoxy(8,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter"); }
break;
case 2: lcd_clear();lcd_gotoxy(1,0);lcd_putsf("AUTO POSITION TIME") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter");
break;
case 3: lcd_clear();lcd_gotoxy(3,0);lcd_putsf("DOWNLOAD DATA") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter");
break;
case 4: lcd_clear();lcd_gotoxy(6,0);lcd_putsf("SET TIME") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter");
break;
case 5: lcd_clear();lcd_gotoxy(2,0);lcd_putsf("UPLOAD DATA TIME") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter");
break;
case 6: lcd_clear();lcd_gotoxy(4,0);lcd_putsf("PANEL OFFSET") ;
lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press") ;
lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit Next Prev Enter");
break;
} rf_display=0;
}
/*****
* Συναρτήσεις EEPROM *
*****/
//συνάρτηση μετατροπής int σε char
unsigned char integ_break(unsigned char sbit,unsigned int var)
{
data.word=var;
if(sbit==1)return data.lsb[1];
else if (sbit==0)return data.lsb[0];
}
//συνάρτηση τοποθέτησης δεδομένων προσωρινής μνήμης
void data_eepro_buffer(void)

```

```

{
eepro_buffer[0]=rtc_hour; //1
eepro_buffer[1]= rtc_mins; //2
eepro_buffer[2]=rtc_day; //3
eepro_buffer[3]=rtc_month; //4
eepro_buffer[4]=rtc_year; //5
eepro_buffer[5]=integ_break(1,sun_azimuth); //6
eepro_buffer[6]=integ_break(0,sun_azimuth); //7
eepro_buffer[7]=integ_break(0,sun_elevation); //8
eepro_buffer[8]=integ_break(1,PVaz); //9
eepro_buffer[9]=integ_break(0,PVaz); //10
eepro_buffer[10]=integ_break(0,PVvel); //11
eepro_buffer[11]=integ_break(1,volt); //12
eepro_buffer[12]=integ_break(0,volt); //13
eepro_buffer[13]=integ_break(1,amps); //14
eepro_buffer[14]=integ_break(0,amps); //15
}
//συνάρτηση εγγραφής δεδομένων στη μνήμη
void eepr_write(unsigned int w_adrs, unsigned char data)
{
i2c_stop();
i2c_start();
i2c_write(eepro_bus_adrs);
i2c_write(integ_break(1,w_adrs));
i2c_write(integ_break(0,w_adrs));
i2c_write(data);
i2c_stop();
delay_ms(15);
} //συνάρτηση τοποθέτησης δεδομ
ένων στη μ
νήμη
η
void eepr_upload(void)
{
unsigned char j=0;
unsigned int final_adrs=0;
data_eepr_buffer();
final_adrs=data_adrs+DATA_BYTES;
do
{
eepr_write(data_adrs,eepr_buffer[j]);
j++;data_adrs++;data_bytes_rec++;
} while(data_adrs <final_adrs);
printf("%d %d %d %d %d %-3.0f %-2.0f %d %d %.1f %d %c%c
",rtc_hour,rtc_mins,rtc_day,rtc_month,rtc_year,sun_azimuth,sun_elevation,PVaz,PVvel,(volt*
0.1),amps,13,10);
if(data_adrs==EEPROM_CAPACITY) //8190
{
data_adrs=0;
eepr_bus_adrs=eepr_bus_adrs+2;

```

```

if(eepro_bus_addrs==0xA8)eepro_bus_addrs=0xA0; // 0xA0 0XA2 0XA4 0XA6 256K
}
}
//συνάρτηση εξαγωγής δεδομένων μνήμης
void eepro_download(void)
{
    unsigned char chip=0xA0;
    unsigned char loop_flg = 1,k,choice,end=0;
    unsigned int No_full_mem=0 , mod_mem=0; //dat_adr=0
    No_full_mem=(data_bytes_rec / EEPROM_CAPACITY); //εύρεση αριθμου γεμάτων μνημών
    mod_mem=(data_bytes_rec % EEPROM_CAPACITY); //εύρεση υπολοιπου μη γεμάτης
    μνήμης
    TCCR1B=0x00;
    do
    {
        if ( (No_full_mem==0) && (mod_mem==0) ) //αν δεν υπάρχει κααχώριση στις μνήμες γράψε
        {
            lcd_clear();lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf(" No data for\n Download");
            loop_flg=0;
            delay_ms(3000);
        }
        else
        {
            sprintf(lcd_buffer," DOWNLOAD\n %d records\n full mem : %d\n mod :
            %d",(data_bytes_rec/DATA_BYTES),No_full_mem,mod_mem/DATA_BYTES);
            lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer); delay_ms(1000);
            end=1;
        }
    }
    if (No_full_mem!=0)
    {
        k=0;
        do
        {
            data_read_adrs=0;
            eepro_read(chip,EEPROM_CAPACITY/DATA_BYTES);
            chip=chip+2;
        } while (++k <= No_full_mem);
    }
    if(mod_mem!=0)
    {
        data_read_adrs=0;
        eepro_read(chip, mod_mem/DATA_BYTES);
    }
    if(end)
    {
        delay_ms(2000);
        button=0;
        lcd_clear();lcd_gotoxy(3,1);lcd_putsf("DOWNLOAD OK ?");
        lcd_gotoxy(7,2);lcd_putsf("press");
        lcd_gotoxy(0,3);lcd_putsf("Exit or Reload");
    }
}

```

```

choice=1;
while (choice)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER: chip=0xA0; choice=0; break ;
case G: loop_flg=0;
chip=0xA0;
data_bytes_rec=0;
data_adrrs=0;
choice=0;
end=0;
break;
}
button=0;
}
}
} while (loop_flg);
TCCR1B=0x04;
}
//συνάρτηση διαβάσματος δεδομένων στη μνήμη
void eepr_read(unsigned char chip_ad,unsigned int repet)
{
unsigned int i=1;
do{
i2c_stop();
i2c_start();
i2c_write(chip_ad);
i2c_write(integ_break(1,data_read_adrs ));
i2c_write(integ_break(0,data_read_adrs ));
i2c_start();
i2c_write(chip_ad| 1);
eepr_to_uart();
data_read_adrs=data_read_adrs+DATA_BYTES;
}while(++i<=repet);
}
//συνάρτηση εξαγωγής των δεδομένων μνήμης στη σειριακή θύρα
void eepr_to_uart (void)
{
signed int e=0;
printf("%2u %02u %2u %02u
%u",i2c_read(1),i2c_read(1),i2c_read(1),i2c_read(1),(2000+i2c_read(1))); //hour mins
day month year
e=0 | i2c_read(1);
e= (e<<8) + i2c_read(1) ;
printf("%d", e ); //azimuth
printf("%d",i2c_read(1)); //elevation

```

```

e=0 | i2c_read(1);
e= (e<<8) + i2c_read(1) ;
printf("%d", e); //Pazimuth
printf("%d",i2c_read(1)); //Pelevation
e=0 | i2c_read(1);
e= (e<<8) + i2c_read(1) ;
printf("%.1f", (e*0.1) ); //volt
e=0 | i2c_read(1);
e= (e<<8) + i2c_read(1) ;
printf("%d%c%c", e,13,10); //amps
i2c_read(0);
i2c_stop();
}
//συνάρτηση ελέγχου χρόνου της εξαγωγής δεδομένων μνήμης
void check_time_data(void)
{
  unsigned time;
  if (upload_period !=0)
  {
    time=rtc_mins;
    if ( ((time% upload_period)==0) && (sun_elevation>1) && once_data && ( upload_period
    !=0))
    {
      TCCR1B=0x00;
      delay_ms(1000);
      get_PVpos();
      delay_ms(50);
      eepru_upload();
      once_data=0;
      TCCR1B=0x04;
    }
    if (time != rtc_mins) once_data=1;
  }
}
//συνάρτηση ελέγχου χρόνου τοποθέτησης δεδομένων στη μνήμη
void upload_time(void)
{
  char flg_set=0,flg_button=0;
  unsigned char up_time[7]={0,1,5,10,20,30,60};
  signed char h=0;
  button=0;
  while(upload_time_set)
  {
    flg_set=1;
    sprintf(lcd_buffer, " Set Upload Time\n %2d min\n\n\nexit up down enter",upload_period);
    lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
    while (flg_set)
    {
      if(button!=0)
      {

```

```
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){upload_period=up_time[h]; flg_button=0; }break ;
case DOWN:flg_button=1;h--;if (h<0)h=4;break ;
case UP: flg_button=1;h++;if (h>6)h=0;break ;
case G: flg_set=0;upload_time_set=0;break;
}
button=0;sprintf(lcd_buffer," Set Upload Time\n %2d min\n\n\nexit up down enter",up_time[h]);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
}
}
//*****
/* Συνάρτηση θέσης ηλιακών πανέλων *
//*****
void get_PVpos(void)
{
int j=0,k=0;
PORTB&=0Xe7;
delay_ms(20);
j=(PING & 0X04);
j<=6;
j=gray2bin( j|PINA);
realPVaz=j;
PVaz=j+offsetPVaz;
k=gray2bin(PIND>>1);
realPVel=k;
PVel=k+offsetPVel;
PORTB|=0X18;
}
// *****
// * συναρτήσεις κίνησης κινητήρων θέσης ηλιακών πανέλων *
// *****
//συνάρτηση χειροκινητης κίνησης κινητήρα αζιμουθίου ηλιακών πανέλων
void manual_az_move(void)
{
TCCR1B=0x00;
switch ( sign(setPVaz - PVaz))
{
case -1: do{
AZ_MTR_L;
get_PVpos();
sprintf(lcd_buffer," Azimuth Motor\n rotate left \n Panel Azim= %3d°\n\nexit Set
Azim=%3d°",PVaz,setPVaz); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(250);
} while ( !(setPVaz>= PVaz) && ( button!=G) );break;
case 1: do{
AZ_MTR_R;
get_PVpos();
```

```

sprintf(lcd_buffer, " Azimuth Motor\n rotate right \n Panel Azim= %3d°\nexit Set
Azim=%3d°",PVaz,setPVaz); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(250);
} while ( !(setPVaz <= PVaz) && ( button!=G) ); break;
case 0: break;
}; AZ_MTR_OFF;
TCCR1B=0x04;
}
//συνάρτηση χειροκίνητης κίνησης κινητήρα ανήψωσης ηλιακών πανέλων
void manual_el_move(void)
{
TCCR1B=0x00;
switch ( sign(setPVel - PVel))
{
case -1: do{
EL_MTR_DOWN;
get_PVpos();
sprintf(lcd_buffer, " Elevation Motor\n rotate for down\n Panel Elev= %3d°\nexit Set
Elev=%3d°",PVel,setPVel); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while (!(setPVel >= PVel) && ( button!=G));break;
case 1: do{
EL_MTR_UP;
get_PVpos();
sprintf(lcd_buffer, " Elevation Motor\n rotate for up\n Panel Elev= %3d°\nexit Set
Elev=%3d°",PVel,setPVel); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while ( !(setPVel <= PVel) && ( button!=G) ); break;
case 0: break;
}; EL_MTR_OFF;
TCCR1B=0x04;
}
//συνάρτηση αυτόματης κίνησης κινητήρα αζιμουθίου ηλιακών πανέλων
void auto_az_move(void)
{
unsigned int az_move_to;
if ( sun_azimuth < AZ_MAX_LIMIT && sun_azimuth > AZ_MIN_LIMIT ) az_move_to =
sun_azimuth;
else if ( sun_azimuth > AZ_MAX_LIMIT ) az_move_to = AZ_MAX_LIMIT;
else if ( sun_azimuth < AZ_MIN_LIMIT ) az_move_to =AZ_MIN_LIMIT;
switch ( sign( az_move_to - PVaz))
{
case -1: AZ_MTR_L;
delay_ms(10);
do{
get_PVpos();
delay_ms(10);
sprintf(lcd_buffer, " Azimuth Motor\n rotate to AZ:%-3d°\nSUN El:%+2.0f° Az:%-3.0f°\n PV
El:%-3d°
Az:%-3d°",az_move_to,sun_elevation,sun_azimuth,PVel,PVaz);

```



```

lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while ( !( az_move_to >= PVaz) && ( button!=G) ); AZ_MTR_OFF; break;
case 1: AZ_MTR_R;
delay_ms(10);
do{
get_PVpos();
delay_ms(10);
sprintf(lcd_buffer, " Azimuth Motor\n rotate to AZ:%-3d\nSUN El:%+2.0f Az:%-3.0f\n PV
El:%-3d
Az:%-3d",az_move_to,sun_elevation,sun_azimuth,PVvel,PVaz);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while ( !( az_move_to <= PVaz) && ( button!=G) ); AZ_MTR_OFF; break;
case 0: AZ_MTR_OFF; break;
};
}
//συνάρτηση αυτόματης κίνησης κινητήρα ανήψωσης ηλιακών πανέλων
void auto_el_move(void)
{
signed char el_move_to;
if ( sun_elevation< EL_MAX_LIMIT && sun_elevation > EL_MIN_LIMIT ) el_move_to =
sun_elevation;
else if ( sun_elevation > EL_MAX_LIMIT ) el_move_to = EL_MAX_LIMIT;
else if (( sun_elevation < EL_MIN_LIMIT ) && (sun_elevation >= -1 ))el_move_to
=EL_MIN_LIMIT;
else if ( sun_elevation <-1 ) el_move_to = EL_SAFE_POSITION;
delay_ms(50);
button=0;
switch ( sign(el_move_to - PVel))
{
case -1: EL_MTR_DOWN;
delay_ms(10);
do{
get_PVpos();
delay_ms(10);
sprintf(lcd_buffer, " Elevation Motor\n rotate to EL:%-2d\nSUN El:%-2.0f° Az:%-3.0f°\n PV
El:%-3d°
Az:%-3d",el_move_to,sun_elevation,sun_azimuth,PVvel,PVaz);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while ( !( el_move_to >= PVel) && ( button!=G) ); EL_MTR_OFF; break;
case 1:EL_MTR_UP;
delay_ms(10);
do{
get_PVpos();
delay_ms(10);
sprintf(lcd_buffer, " Elevation Motor\n rotate to EL:%-2d\nSUN El:%-2.0f° Az:%-3.0f°\n PV
El:%-3d°
Az:%-3d",el_move_to,sun_elevation,sun_azimuth,PVvel,PVaz);

```

```

lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
delay_ms(100);
} while ( !( el_move_to <= PVel) && ( button!=G) ); EL_MTR_OFF; break;
case 0: EL_MTR_OFF; break;
};
}
//συνάρτηση τοποθέτησης του χρόνου ελέγχου αυτόματης κίνησης ηλιακών πανέλων
void move_time(void)
{
char flg_set=0,flg_button=0;
unsigned char m_time[5]={5,10,20,30,60};
signed char h=0;
button=0;
while(move_time_set)
{
flg_set=1;
sprintf(lcd_buffer," Auto Position Time\n set %2d min\n\nexit up down enter",move_period);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){move_period=m_time[h]; flg_button=0; }break ;
case DOWN:flg_button=1;h--;if (h<0)h=4;break ;
case UP: flg_button=1;h++;if (h>4)h=0;break ;
case G: flg_set=0;move_time_set=0;break;
}
}
button=0;sprintf(lcd_buffer," Auto Position Time\n set %2d min\n\nexit up down
enter",m_time[h]);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
}
//συνάρτηση ελέγχου χρόνου αυτόματης κίνησης ηλιακών πανέλων
void check_time_move(void)
{
unsigned char time;
time=rtc_mins;
if ( ((time % move_period)==0) && (sun_elevation > -6) && once_move ) //max el at 21 June
78.24 °
max el at 21 Dec 31 .37°
{
TCCR1B=0x00; //daylength
14 hrs 23 min daylength 9 hrs 38 min
if( sun_azimuth != PVaz) auto_az_move();
//~5.45 ° / hour 3.25 ° / hour
if( sun_elevation != PVel )auto_el_move();
}
}

```

```

//2.725° / 30 min 1.625° / 30 min
once_move=0;
TCCR1B=0x04; //1.81° / 20 min
1.08° / 20 min
} //0.9° / 10 min
0.54° / 10 min
if (time != rtc_mins) once_move=1; //0.45° / 5 min
0.27° / 5 min
}
//συνάρτηση διόρθωσης θέσης ηλιακών πανέλων
void panel_offset(void)
{
signed int sPVel_offset,sPVaz_offset;
char flg_set=0,flg_button=0;
button=0;
while(offset_enable)
{
if (offset_enable)
{
flg_set=1;
sPVel_offset=offsetPVel;
printf(lcd_buffer,"Set Elevation offset\n %2d°\nreal PVel=%2d°\nexit up down
next",sPVel_offset,realPVel); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{
switch (button)
{
case ENTER:flg_set=0;if(flg_button){offsetPVel=sPVel_offset;flg_button=0;}break ;
case DOWN: flg_button=1;sPVel_offset--;if (sPVel_offset<-20)sPVel_offset=20;; break ;
case UP: flg_button=1;sPVel_offset++; if (sPVel_offset>20)sPVel_offset=-20; break ;
case G: flg_set=0;offset_enable=0;break;
}
button=0; printf(lcd_buffer,"Set Elevation offset\n %2d°\nreal PVel=%2d°\nexit up down
next",sPVel_offset,realPVel); lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
}
}
}
if (offset_enable)
{
flg_set=1;
sPVaz_offset=offsetPVaz;
printf(lcd_buffer,"Set Azimuth offset\n %3d°\nreal PVaz=%3d°\nexit up down
next",sPVaz_offset,realPVaz);
lcd_clear();lcd_puts(lcd_buffer);
while (flg_set)
{
if(button!=0)
{

```


5.4 Ρυθμίσεις RS232.Στοιχειοθέτηση εξαγόμενων δεδομένων

Οι ρυθμίσεις που πρέπει να έχει η σειριακή επικοινωνία RS232 του υπολογιστή που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε για το κατέβασμα των δεδομένων είναι:

Baud Rate	9600
Parity	none
Data Bits	8
Stop Bits	1
Flow control	off

Τα δεδομένα που θα εξαχθούν από τη μνήμη της συσκευής όταν ακολουθήσουμε την σωστή διαδικασία όπως περιγράφεται στις οδηγίες χρήσης θα έχουν την παρακάτω στοιχειοθεσία.

Ωρα*TAB***Λεπτά***TAB***Ημέρα***TAB***Μήνας***TAB***Έτος***TAB***ΓωνίαΑζιμουθίουΗλιου***TAB*
ΓωνίαΥψουςΗλιου*TAB***ΓωνίαΑζιμουθίουΠανέλου***TAB***ΓωνίαΥψουςΠανέλου**
*TAB***Τάση***TAB***Ρεύμα** *CarriageReturn FeedLine*

<i>TAB</i>	σε δεκαδικό 09
<i>CarriageReturn</i>	σε δεκαδικό 13
<i>FeedLine</i>	σε δεκαδικό 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Αποτελέσματα παρατηρήσεις

Το πλεονέκτημα της κατασκευής είναι ότι με τον προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών συλλεκτών έχουμε μια σταθερή ισχύ χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις κατά την περίοδο της ημέρας πράγμα που δεν θα το πετυχαίναμε έστω και αν αυξάναμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Ωστόσο για την κίνηση των στοιχείων καταναλώνεται κάποια ενέργεια η οποία είναι ελάχιστη ακόμα και κατά την περίοδο που έχουμε συννεφιά. Η ισχύς που λαμβάνουμε από τα πάνελ κυμαίνεται από 50 έως 400W. Μια πλήρη κίνηση των κινητήρων(από 60°έως 300° και 26°εως 79°) διαρκεί 2 λεπτά. Επίσης η ισχύς του κινητήρα για την αζιμούθια κίνηση είναι 100W ενώ για το ύψος είναι 20W. Επομένως η ενέργεια που καταναλώνουμε από τους κινητήρες για την μέγιστη διάρκεια ημέρας (21 Ιουνίου)είναι:

$$\frac{2}{60} * (100 + 20) = 4\text{Wh} / \text{ημέρα}$$

και η συνολική ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι $8*400 = 3,2\text{KWh}$ η μέγιστη και $8*50 = 400\text{Wh}$ η ελάχιστη, ενώ για μια συννεφιασμένη μέρα λαμβάνουμε 800Wh περίπου.

Μετά την τοποθέτηση και τη σωστή ρύθμιση του συστήματος πραγματοποιήσαμε μετρήσεις για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε να έχουμε πάντα τη μέγιστη δυνατή συλλογή ηλιακής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Η ενέργεια που λαμβάνουμε από τα πάνελ όταν είναι κάθετα προσανατολισμένα στον ήλιο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που θα λαμβάναμε αν ήταν σε κάποια σταθερή θέση. Έτσι η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στην περίπτωση μας αυξάνεται κατά 40-50% κατά τη διάρκεια του έτους.

Περιεχόμενα	Σελίδα
Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1 Ο Ήλιος	
1.1 Οι ενεργειακές πηγές του ανθρώπου	5
1.2 Ηλιακή ακτινοβολία	6
1.2.1 Γενικά για την ηλιακή ακτινοβολία	6
1.2.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου	7
1.2.3 Η τροχιά του ήλιου στον ουρανό	8
1.2.4 Εξίσωση τροχιάς του ήλιου	10
1.2.5 Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης	12
1.2.6 Εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη ατμόσφαιρα	17
1.3 Ηλιακοί συλλέκτες	18
1.3.1 Λειτουργία των Φωτοβολταϊκών στοιχείων	19
1.3.2 Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής	21
1.3.3 Κύρια μέρη συλλέκτη	24
1.3.4 Εφαρμογές	25
1.3.5 Σχεδίαση αυτόνομου Φ/Β συστήματος ²⁹	
1.3.6 Η θέση του συλλέκτη(προσανατολισμός και κλίση)	31
Κεφάλαιο 2 Περιγραφή του συστήματος παρακολούθησης του ήλιου και αλλαγές για την βελτίωση του	
2.1 Περιγραφή συστήματος	33
2.2 Σκοπός και αλλαγές για την βελτίωση της συσκευής	33
2.3 Αλλαγές που έγιναν και τα πλεονεκτήματα τους	33
2.4 Ηλιακός συλλέκτης	37
2.5 Κινητήρες	38
2.6 Τερματικοί διακόπτες	39
2.7 Βάση στήριξης πάνελ	40
2.8 Απόλυτος περιστροφικός κωδικοποιητής θέσης	41
Κεφάλαιο 3 Περιγραφή ηλεκτρονικού κυκλώματος της συσκευής	
3.1.1 Περιγραφή κυκλώματος	49
3.1.2 Τροφοδοτικό ισχύος	51
3.1.3 Ο Μικροελεγκτής ATmega128 της Atmel	52
3.1.4 Η μνήμη	60
3.1.5 Σειριακή επικοινωνία	62
3.1.6 Ρολόι πραγματικού χρόνου	64

3.1.7	Οδήγηση ηλεκτρονόμων κινητήρων	66
3.1.8	Σύνδεση και οδήγηση Encoder	69
3.1.9	Είσοδος και ενίσχυση αναλογικού σήματος	70
3.1.10	Σύνδεση συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου	72
3.2	Τυπωμένα κυκλώματα συσκευής	76
3.2.1	Τυπωμένο κύκλωμα μικροελεγκτή	76
3.2.1	Τυπωμένο κύκλωμα συσκευής απεικόνισης και πλήκτρων εισόδου	80
Κεφάλαιο 4 Χειρισμός συσκευής		
4.1	Λειτουργία συσκευής	81
4.2	Οδηγίες χρήσεως για την εγκατάσταση	82
4.3	Οδηγίες χρήσεως λειτουργίας προγράμματος	84
Κεφάλαιο 5 Προγραμματισμός		
5.1.1	Πλακέτα προγραμματισμού)	89
5.2	Μεταγλωττιστής	91
5.3	Λογισμικό	92
5.4	Ρυθμίσεις RS232.Στοιχειοθέτηση εξαγόμενων δεδομένων	116
Κεφάλαιο 6 Αποτελέσματα		
6.1	Αποτελέσματα και παρατηρήσεις	117

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Richard Perez and Sam Coleman: PV Module Angles
 - Ν Α Μυλωνά : Ενέργεια από τον ήλιο
 - Κ Ε. Holber: Solar Calculations
 - Απόστολου Φλόκα: Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας
 - Στέλιος Ψωμάς: Ηλιακή Ενέργεια & Επιχειρηματικότητα
 - Γ.Τσιλικίδης Φωτοβολταϊκά: Εφαρμογές στα κτίρια
 - ROBERT WALRAVEN: Solar energy calculating the position of the sun
 - KERNIGHAN-RITCHIE: The C programming language
 - ROGER TOKHEIM: Ψηφιακά Ηλεκτρονικά
 - Εγχειρίδιο χρήσης: μικροελεγκτή Mega 163 Atmel
 - Εγχειρίδιο χρήσης: μνήμης AT24C64 Atmel
 - Εγχειρίδιο χρήσης: RTC DS1302 Dallas
 - Εγχειρίδιο χρήσης: OP CA3240 ST
 - Εγχειρίδιο χρήσης: MAX202SE Analog Device
 - Εγχειρίδιο χρήσης: ULN2004A ST
-