

**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΛΗΡΩΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ
ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
ΚΑΓΙΑΜΠΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :
ΠΕΤΡΑΚΗΣ ΠΟΛΥΧΡΟΝΙΟΣ-ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΤΗΛΕΜΑΧΟΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 1 Γενικά	
Γενική ιστορική αναδρομή των κυριοτέρων ενεργειακών πηγών.....	3
1.2 Ηλιακή ακτινοβολία.....	4
1.2.1 Γενικά.....	4
1.2.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου.....	5
1.2.3 Η θέση του ήλιου στον ουρανό.....	7
1.2.4 Η ηλιακή ακτινοβολία στη γήινη ατμόσφαιρα.....	11
1.2.5 Εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη ατμόσφαιρα	14
1.3 Ηλιακοί συλλέκτες.....	15
1.3.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία ή ηλιακή συλλέκτες.....	15
1.3.2 Πλεονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής.....	16
1.3.3 Λειτουργία συλλέκτη.....	18
1.3.4 Η θέση του συλλέκτη(προσανατολισμός και κλίση).....	20
Κεφάλαιο 2 Περιγραφή και χρήση της συσκευής	
2.1 Σκοπός και πλεονεκτήματα της συσκευής.....	28
2.2 Ηλιακό πάνελ.....	29
2.3 Κινητήρες.....	30
2.4 Αισθητήρες.....	31
2.5 Τερματικούς διακόπτες.....	31
2.6 Βάση στήριξης πάνελ.....	32
2.7 Ρυθμιστής – φορτιστής μπαταριών Siemens solar.....	33
2.8 Συσσωρευτές (batteries).....	34
2.9 Μετατροπέας (Inverter).....	34
2.10 Ρύθμιση στρωφών.....	35
Κεφάλαιο 3 Περιγραφή εξαρτημάτων της συσκευής	
3.1 Πλακέτα ελέγχου.....	37
3.2 Ο Μικροελεγκτής ATmega168της Atmel.....	39
3.2.1 Γενικά.....	39
3.2.2 Χαρακτηριστικά.....	44
3.2.3 Περιγραφή.....	46
Κεφάλαιο 4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	
4.1 Κατασκευή – Λειτουργία πλακέτας ελέγχου.....	54
4.2 Λειτουργία κυκλώματος ισχύος.....	61
Κεφάλαιο 5 Προγραμματισμός	
5.1 Πλακέτα προγραμματισμού (AVR STK500).....	62
5.2 Προγραμματισμός (CodeVisionAVR).....	64

Κεφάλαιο 6 Αποτελέσματα – Οικονομικά

6.1 Αποτελέσματα και παρατηρήσεις.....	73
6.2 Οικονομικά.....	74

Εισαγωγή

Αισθανόμαστε ιδιαίτερη ευχαρίστηση που μας δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα που έχει σαν στόχο την κατασκευή ενός συστήματος που αφορά την παρακολούθηση του ήλιου και συλλογή ηλιακής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία μέσω φωτοαισθητηρων . Αποκτήσαμε γνώσεις πάνω σε θέματα που αφορούν την ηλιακή ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, κινητήρες, ηλεκτρονικά εξαρτήματα(όπως αισθητήρια, ολοκληρωμένα, κ.α.), σχεδιασμό και εμφάνιση πλακετών, προχωρημένο προγραμματισμό, κ.α.

Η ηλιακή ενέργεια, πέρα από την άμεση χρήση της μέσω της μετατροπής της ακτινοβολίας της σε θερμότητα, ηλεκτρισμό ή χημική ενεργεία, μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί τεχνικά και μια σειρά άλλων συμβάντων , που προξενούνται επάνω στην επιφάνεια της γης από τον ήλιο, όπως π.χ. η ενεργεία ανέμου, της βιομάζας, των κυμάτων ή των υδατοπτώσεων καθώς επίσης και η γεωθερμία.

Οι κυριότερες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος παλαιότερα ήταν το ξύλο, ο άνεμος και το νερό. Στη συνέχεια ανακάλυψε τον γαιάνθρακα, το αέριο, το πετρέλαιο και την υδροηλεκτρική ενέργεια που ακολουθεί την εξέλιξη του ηλεκτρικού. Η πιο πρόσφατη πηγή ενέργειας θεωρείται η πυρηνική.

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.

Στη συνέχεια του βιβλίου μπορούμε να δούμε περισσότερες πληροφορίες για τον ήλιο, την ηλιακή ενέργεια και για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που περιλαμβάνονται στο πρώτο κεφάλαιο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα μέρη της κατασκευής. Αναφέρουμε διάφορες πληροφορίες για το ηλιακό πάνελ,

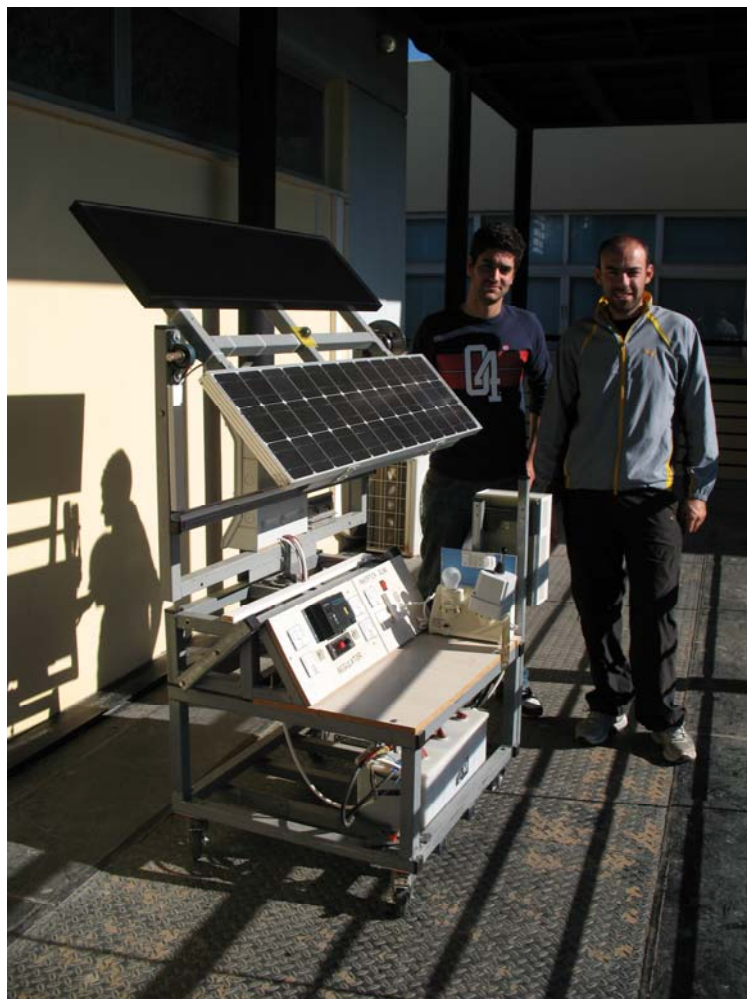
τους κινητήρες, τα αισθητήρια, τους τερματικούς διακόπτες και για τη βάση στήριξης που χρησιμοποιήσαμε. Ακόμη αναφερόμαστε στο σκοπό και τα πλεονεκτήματα της συσκευής.

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της κατασκευής πλακέτα ελέγχου και πλακέτα τροφοδοσίας μπορούμε να τα δούμε αναλυτικά στο τρίτο κεφάλαιο.

.Στο επόμενο κεφάλαιο βρίσκεται το πρόγραμμα (software) καθώς και ο τρόπος προγραμματισμού του. Στο έκτο κεφάλαιο μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα και το κόστος της κατασκευής.

Τέλος οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους μας βοήθησαν και στάθηκαν δίπλα μας για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Δεκεμβριος 2008



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Γενική ιστορική αναδρομή των κυριότερων ενεργειακών πηγών

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 ενέργειας 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 ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο «ηλιακή ακτινοβολία» ή ηλιακή ενέργεια αναφερόμαστε στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά το μεγαλύτερό της ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής φύσης (περίπου 99%) και κατά το υπόλοιπο σωματιδιακής. 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 υπέρυθρου	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td>ορατό</td> <td>14×10^{-9}</td> </tr> <tr> <td>ουρανού</td> <td>11×10^{-9}</td> </tr> </table>	}	ορατό	14×10^{-9}	ουρανού
}	ορατό	14×10^{-9}				
	ουρανού	11×10^{-9}				
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).

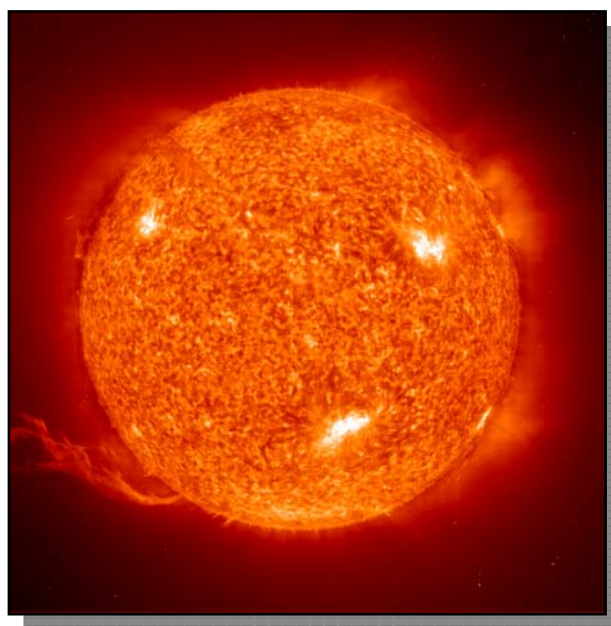
1.2.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου

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/m^2 .

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

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 διάπυρα αέρια.



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

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ήλιου.

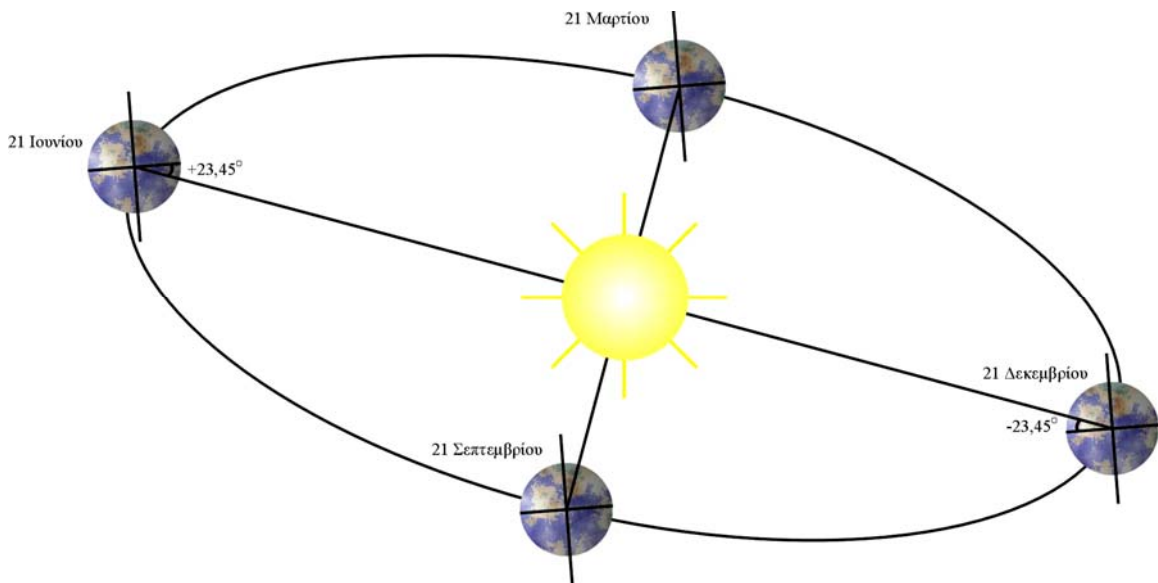
Sun Statistics

Mass (kg)	1.989e+30
Mass (Earth = 1)	332,830
Equatorial radius (km)	695,000
Equatorial radius (Earth = 1)	108.97
Mean density (gm/cm ³)	1.410
Rotational period (days)	25-36*
Escape velocity (km/sec)	618.02
Luminosity (ergs/sec)	3.827e33
Magnitude (V ₀)	-26.8
Mean surface temperature	6,000°C
Age (billion years)	4.5
Principal chemistry	
Hydrogen	
Helium	
Oxygen	92.1%
Carbon	7.8%
Nitrogen	0.061%
Neon	0.030%
Iron	0.0084%
Silicon	0.0076%
Magnesium	0.0037%
Sulfur	0.0031%
All others	0.0024%
	0.0015%
	0.0015%

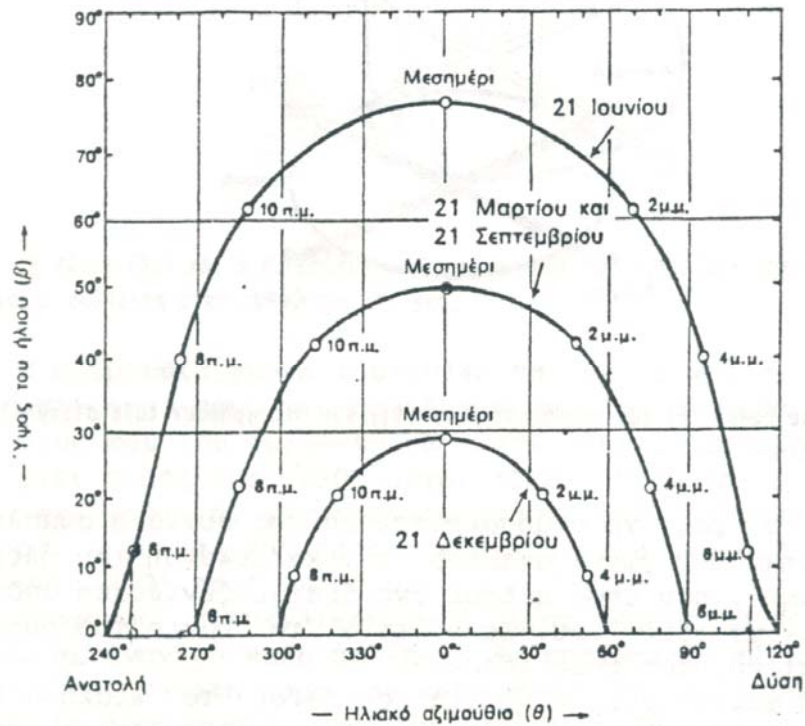
1.2.3 Η θέση του ήλιου στον ουρανό

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.



(A)



(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.

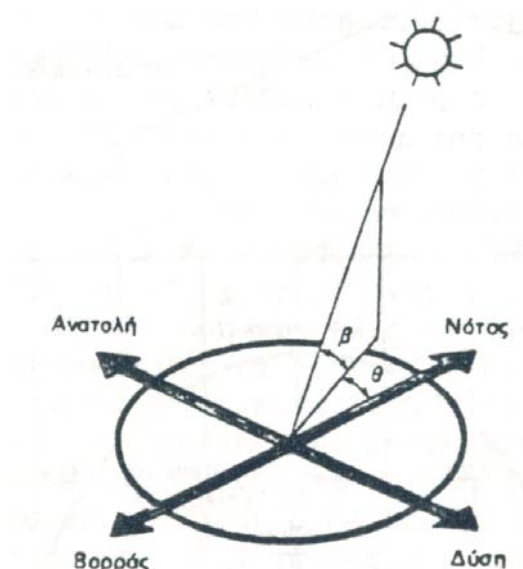
Κάθε μέρα ο ήλιος διαγράφει μια κυκλική τροχιά στο διάστημα και φτάνει το μεγαλύτερό του ύψος το μεσημέρι.

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 ηλιοφεγγών 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 (β) και το αζιμούθιο(θ).

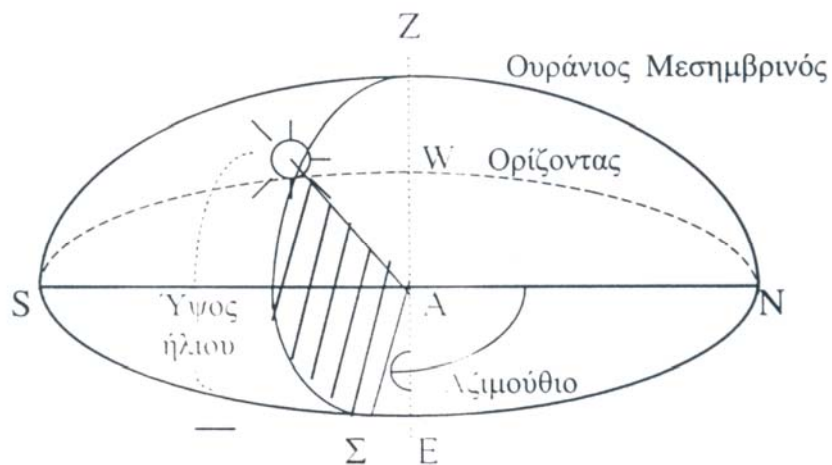


Οι γωνίες του ύψους (β) και του αζιμούθιου (θ), που περιγράφουν κάθε στιγμή τη θέση του ήλιου στον ουρανό.

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 A 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 Η ηλιακή ακτινοβολία στη γήινη ατμόσφαιρα

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**.

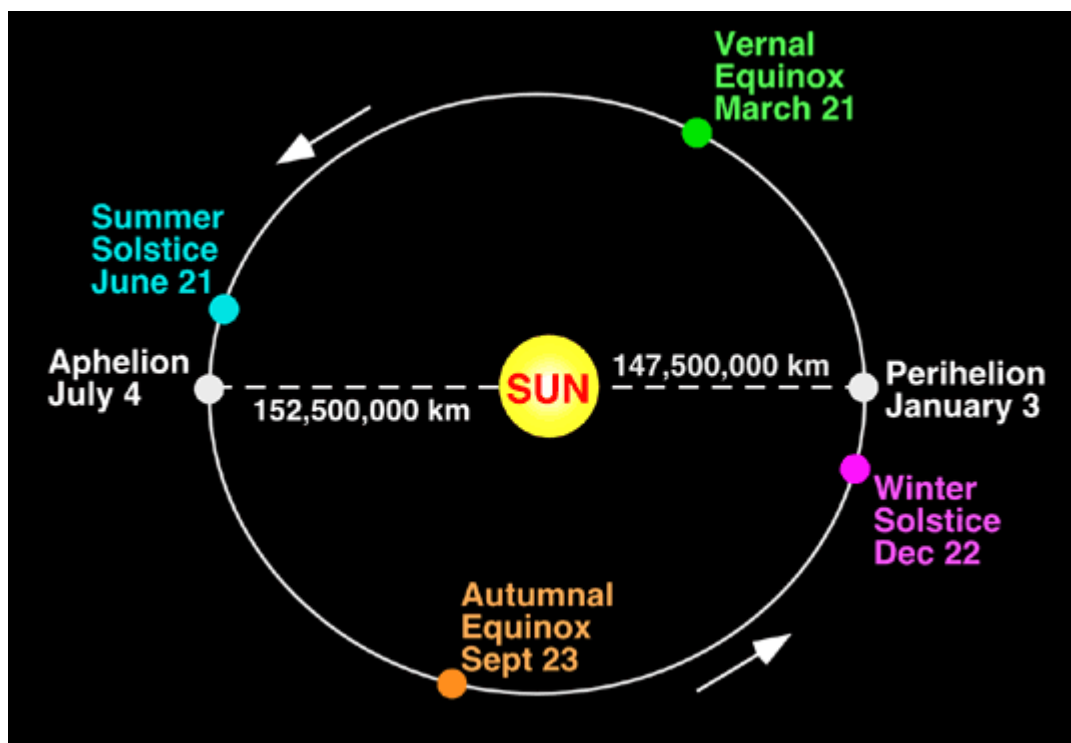
Από τις παραπάνω ακτινοβολίες, σπουδαιότερη είναι η άμεση και ακολουθεί η **διάχυτη**. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια ονομάζεται **ολική ηλιακή ακτινοβολία**.

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 $1,362$ KW/m².

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.

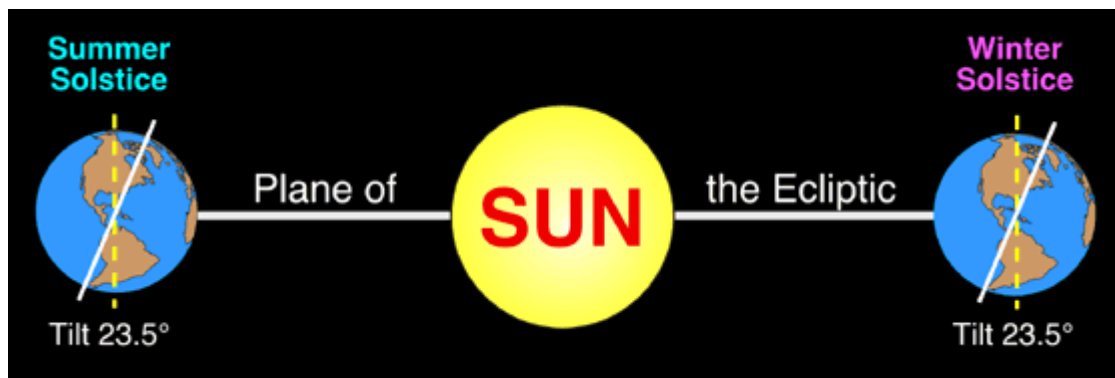
Η γη καθώς κινείται περί τον ήλιο ακολουθεί μια ελλειπτική τροχιά και η απόσταση της από αυτό μεταβάλλεται ελαφρά δηλαδή είναι πλησιέστερα στον ήλιο το χειμώνα και μακρύτερα το καλοκαίρι όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



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 ηλιακή συλλέκτες

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.

Σχετικά με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, με το πέρασμα του χρόνου η απόδοση τους αυξήθηκε κατά πολύ, σε αντίθεση με την τιμή τους που

έπεσε κατακόρυφα. Το 1945 κατασκευάστηκε φ/β στοιχείο πυριτίου με απόδοση 6%, ενώ σήμερα στοιχεία τύπου GaAs ξεπερνούν σε απόδοση το 24%, έχουν όμως μεγάλη τιμή. Ηλιακά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου, έχουν σήμερα απόδοση 12-15% και γίνονται έρευνες για στοιχεία άμορφου πυριτίου που έχουν μικρότερη απόδοση από τα κρυσταλλικά, αλλά και πολύ μικρότερη τιμή.

1.3.2 Πλεονεκτήματα 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 επιφάνειάς 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 φωτοβολταϊκές 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 φωτοβολταϊκής διάταξης.

- Η φωτοβολταϊκή 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 φωτοβολταϊκοί 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.

1.3.3 Λειτουργία συλλέκτη

Η λειτουργία του επίπεδου συλλέκτη είναι απλή. Το μεγαλύτερο ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στον συλλέκτη απορροφάται από μία επιφάνεια, που συμπεριφέρεται σαν 'μέλαν' σώμα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μέρος από την ενέργεια που απορροφάται, μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό, ενώ το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον. Η θερμότητα, που απάγεται από το ρευστό, είναι το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος του συλλέκτη και ή αποθηκεύεται, ή τροφοδοτεί απευθείας το φορτίο.

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 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ)

- **ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ 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 συναρτησείς της γωνίας, που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

- **ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

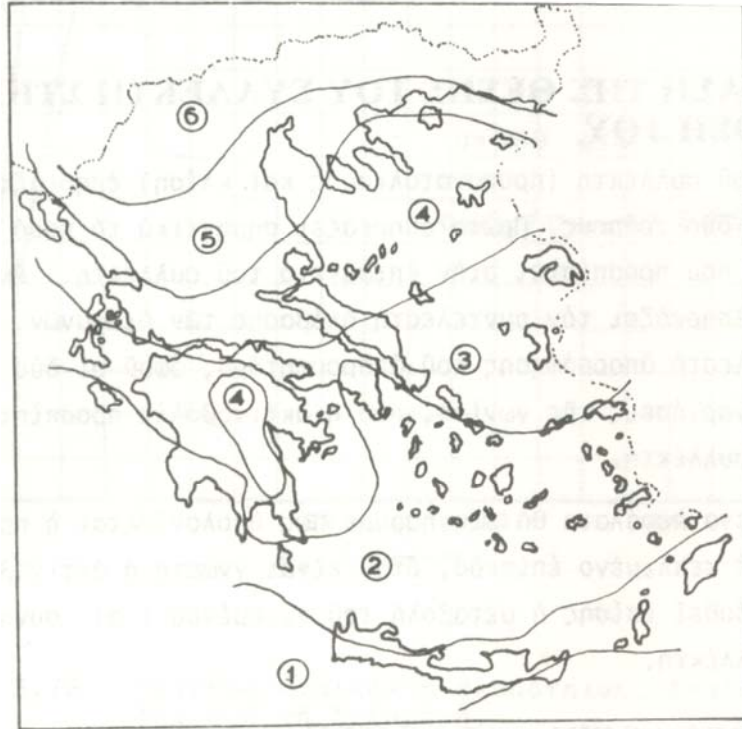
Οι διάφοροι μετεωρολογικοί σταθμοί μετρούν συνήθως είτε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο (σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδες επιφάνειας) είτε το ποσό ηλιοφάνειας.

Υπάρχουν προσεγγιστικές μέθοδοι, όπως αυτή του Angstrom (1956) βάσει των οποίων υπολογίζεται η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο συναρτησείς 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.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Άρτα	Θεσσαλονίκη	Ιωάννινα
Ιεράπετρα	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτηνή
Ρόδος	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Κόνιτσα
Σητεία	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Σέρρες
Χανιά	Σύρος	Χίος			



Χωρισμός της χώρας σε ζώνες

ΚΥΡΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΩΝΩΝ

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

ΖΩΝ Η	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ. Ο	ΣΥ Ν
1	23 0	27 7	43 9	55 8	70 6	77 0	81 7	76 0	59 8	42 4	28 4	22 0	507	608 0
2	23 0	27 4	41 8	49 3	69 1	75 2	78 1	71 3	53 6	38 2	27 0	19 8	498	573 8
3	22 0	25 9	40 0	49 3	68 4	74 5	78 1	71 3	52 6	36 7	24 1	18 7	468	561 6
4	19 4	23 4	37 1	49 3	64 4	72 4	78 1	69 5	50 4	34 9	22 0	17 3	449	538 4
5	16 9	22 3	36 0	49 3	64 4	68 0	72 6	67 0	48 6	32 8	22 0	16 2	430	516 2
6	16 9	21 6	34 9	46 8	61 2	66 6	70 6	64 1	46 4	31 3	20 2	16 2	414	496 8

Β. ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ 24ΩΡΟΥ (°C)

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

Γ. ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ (°C)

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο
1	14	14	16	18	22	27	30	29	26	23	19	16	21
2	13	13	15	18	22	27	29	29	26	22	18	14	21
3	12	13	14	18	21	27	29	29	25	21	17	14	20
4	9	10	13	17	21	27	29	29	25	19	15	10	19
5	7	9	11	16	21	26	29	28	25	19	13	8	18
6	5	8	11	16	21	26	29	27	24	18	12	7	17

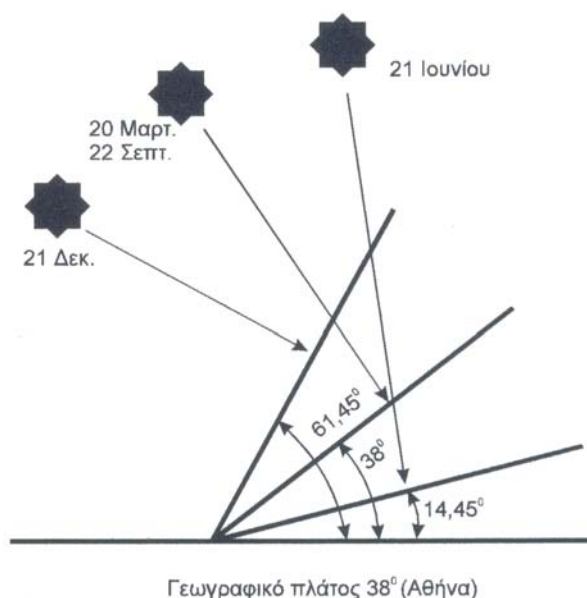
Δ. ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ 18° C

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝ
1	12 7	14 7	13 1	78	-	-	-	-	-	10	52	13 0	720
2	26 4	22 4	19 6	85	10	-	-	-	-	29	96	20 6	1110
3	28 1	22 5	20 5	12 1	14	-	-	-	-	46	12 9	24 6	1267
4	31 0	26 3	25 1	12 8	25	-	-	-	-	65	16 6	27 7	1485
5	39 6	31 3	26 8	13 0	23	-	-	-	-	70	18 7	38 8	1725
6	40 5	34 9	30 0	18 9	69	-	-	-	-	73	27 6	40 4	2065

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 :

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

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια 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.

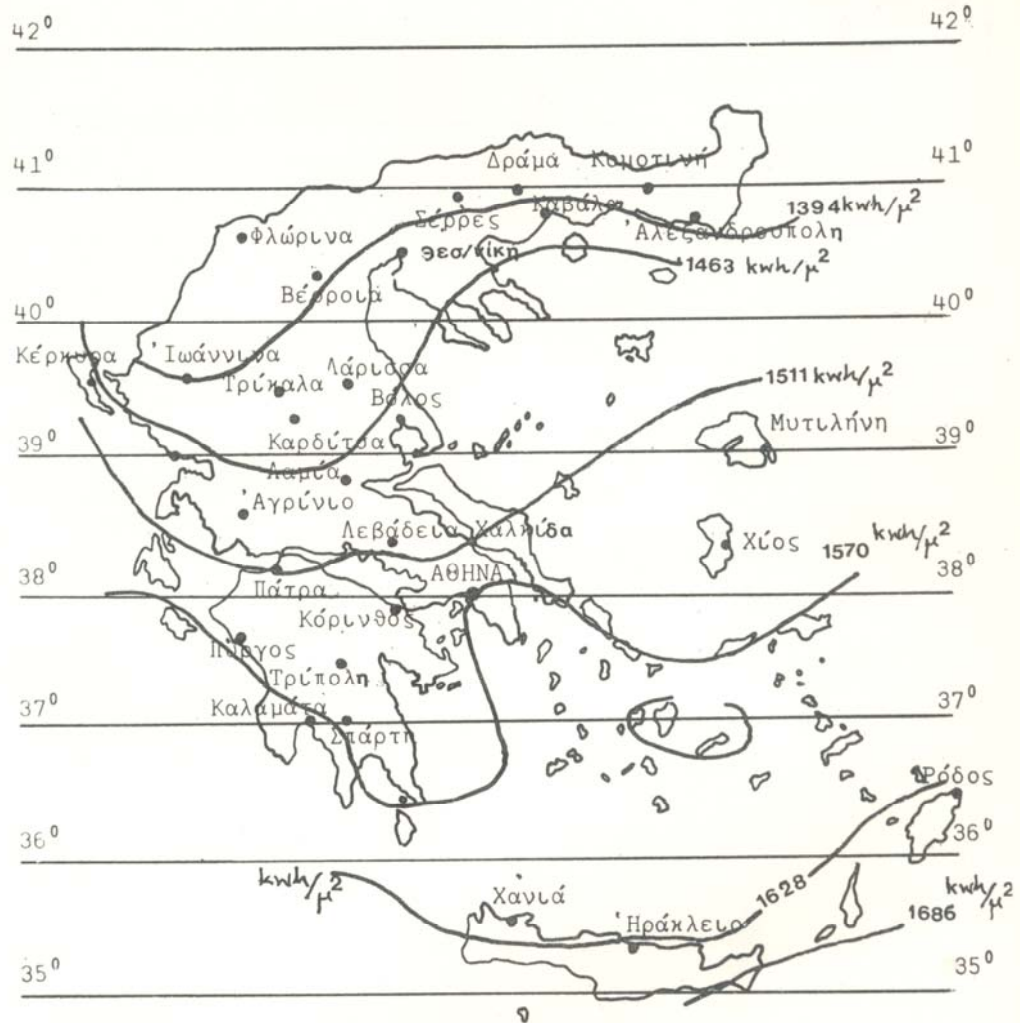


Η βέλτιστη θέση ενός ηλιακού συλλέκτη στο θερινό (21 Ιουνίου) και το χειμερινό (21 Δεκεμβρίου) ηλιοστάσιο και στην εαρινή (21 Μαρτίου) και τη φθινοπωρινή (21 Σεπτεμβρίου) ισημερία, σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος 38° , όπως η Αθήνα. Τα ύψη του ήλιου που εικονίζονται αφορούν στα αντίστοιχα μεσημέρια.

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.

Πόλη ή περιοχή	Γεωγραφικό πλάτος
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεστιάδα, Φλώρινα, Έδεσσα, Γιαννιτσά, Κιλκίς, Σέρρες	41 ⁰ 30´
Δράμα, Καβάλα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη, Καστοριά, Πτολεμαΐδα, 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´

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



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.

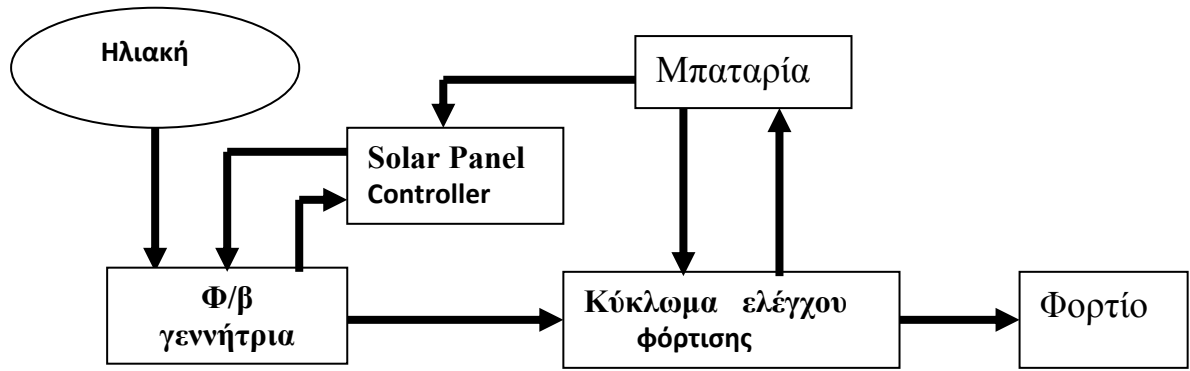
Η ποσότητα της ανακυκλωμένης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό που καλύπτει την επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1 για πλήρη ανάκλαση. Στον παρακάτω 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 χώμα	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.

Στο παρακάτω block διάγραμμα φαίνεται πως μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ακτινοβολία.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

2.1 Σκοπός και πλεονεκτήματα της συσκευής

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη πηγή και η χρήση της δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή της έγκειται μόνο στην ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα δεσμεύουν το ενεργειακό της. 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 εμάς 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.

Πλεονεκτήματα συσκευής :

- Καλύτερη αξιοπιστία και αυτονομία καθώς η ενέργεια όπου λαμβάνουμε από τον ήλιο δεν έχει μεγάλες διακυμάνσεις και είναι αρκετή κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Έχει αυτόματη εύρεση πεδίου κίνησης και στους δύο άξονες
- Λειτουργία αυτόματου προσανατολισμού, παρακολούθησης του ήλιου ανά 30λεπτο αν είναι ανοιχτή η συσκευή.
- Λειτουργία χειροκίνητης μετακίνησης του πάνελ.
- Δυνατότητα λειτουργίας σε μόνιμη θέση.
- Πολλές και χρήσιμες ενδείξεις(τάση μπαταριών, ρεύμα πάνελ και ισχύς).
- Προστασία από λάθους χειρισμούς.
- Προστασία από κάθε κίνδυνο μέσω τερματικών διακοπών.
- Ανεξάρτητο από οποιαδήποτε άλλη συσκευή και εύκολη μετακίνηση του.
- Ευκολία στις επαναριθμήσεις

2.2 Ηλιακό πάνελ

Ο τύπος των πάνελ που χρησιμοποιούμε είναι ο ST-50 κα. Ο τύπος αυτός έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

2. Shell solar ST 50 Specifications

General characteristics:

The shell solar st-40s 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.

Electrical Characteristics:

Power Rating (Watts)	50
Current at rated power (amps)	2.41
Voltage at rated power (volts)	16.6
Short circuit current (amps)	2.68

T	Open circuit voltage (volts)	23.3
---	------------------------------	------

Physical Characteristics:

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

O	Warranty	25
---	----------	----

Shel

l sholar ST-50 είναι ένα κλασικό βιομηχανικό panel. Είναι κατάλληλο για όλες της κλιματολογικές συνθήκες.



Εμείς χρησιμοποιήσαμε 2 ST-50 και η συνδεσμολογία τους είναι η εξής από τα αριστερά είναι παράλληλα.



2.3 Κινητήρες

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

Οι κινητήρες του αζιμούθιου και του ύψους έχουν τα εξής παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Τάση λειτουργίας : 12V D
- Ισχύ : 40W
- Ρεύμα :3 A

Για να πετύχουμε τον επιθυμητό αριθμό στροφών στις κινήσεις των κινητήρων χρησιμοποιήσαμε δύο μειωτήρες που συνδέονται πάνω

στους κινητήρες. Με αυτούς τους μειωτήρες τελικά καταλήγουμε 3 rpm. Έτσι η κίνηση των Panel είναι αργή και σταθερή.

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

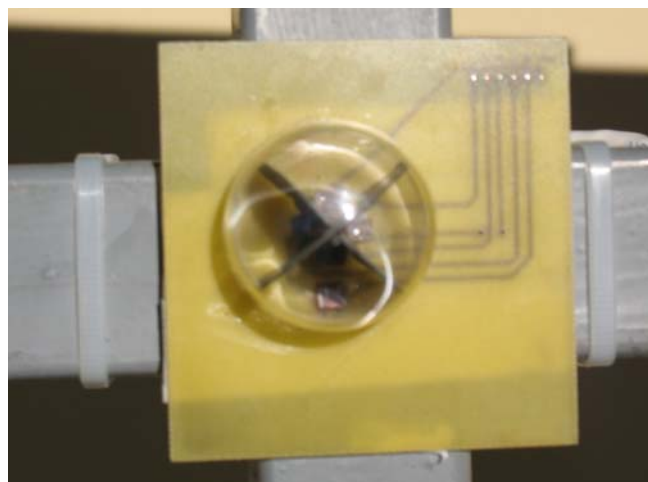
- Για να πετύχουμε καλύτερη ακρίβεια στην κίνηση του Panel.
- Μείωση φθορών.

3. 2.4 Αισθητήρες

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 ο ήλιος έτσι ώστε να έχουμε καθετη πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο ηλιακό πανελ . Έτσι σκεφτήκαμε την χρησιμοποίηση **φωτοαντιστάσεων** οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στο πανελ.Οι φωτοαντιστάσεις που χρησιμοποιήσαμε είναι του ίδιου τύπου.

Τα χαρακτηριστικά τους είναι :

- Τάση λειτουργίας : 10VDC
- Διάμετρος : M8
- Ωμική αντιστάση:





2.5 Τερματικούς διακόπτες

Για την ασφάλεια της κατασκευής χρησιμοποιήσαμε 4τερματικούς διακόπτες δυο για κάθε κινητήρα.

Οι τερματικοί διακόπτες για τον κινητήρα του ύψους είναι εσωτερικά του και τους ρυθμίσαμε έτσι ώστε η περιοχή κίνησής του να είναι 60° .

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



2.6 Βάση στήριξης πάνελ

Η βάση αποτελείται από ένα σιδερένιο τετράγωνο πλαίσιο. Εσωτερικά του περιέχεται ένας μεταλλικός 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 και εφάπτεται στην αλυσίδα του μεταλλικού 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.

2.7 Ρυθμιστής – φορτιστής μπαταριών Siemens solar

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μία απαραίτητη συσκευή για σωστή και μακροχρόνια χρήση της μπαταρίας. Αξιολογεί την φόρτιση της μπαταρίας και ελέγχει την κατάσταση φόρτισης από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μπαταρία υγρών καθώς και ξηρού τύπου (GEL).

- Προστασία από βαθιές εκφορτίσεις της μπαταρίας
- Προστασία από υπερφόρτιση της μπαταρίας
- Προστασία από υπερφόρτωση της εξόδου
- Προστασία από υπερθέρμανση

Αυτόματη αποκοπή των φορτίων όταν η μπαταρία αδειάσει και επανασύνδεση όταν η τάση του συσσωρευτή επανέλθει σε όρια ασφαλείας.

Νυχτερινή λειτουργία

Διαθέτουν οθόνη LCD 16 χαρακτήρων όπου εμφανίζονται

- Η κατάσταση της μπαταρίας [soc]
- Η τάση της μπαταρίας καθώς και ο τύπος φόρτισης
- Η ένταση φόρτισης από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες
- Η ισχύς των φορτίων εξόδου
- Όλα τα μηνύματα σφαλμάτων του συστήματος



2.8 Συσσωρευτές (batteries)

Αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Φ/Β συλλέκτες ή ανεμογεννήτριες και την διαθέτουν μόλις η κατανάλωση το απαιτήσει. Ανάλογα με την χωρητικότητά τους εξαρτάται και η αυτονομία του συστήματος η οποία υπολογίζεται συνήθως για 3-4 ημέρες για τα δεδομένα της Ελλάδας. Διακρίνονται σε υγρών & gel ανάλογα με το είδος του ηλεκτρολύτη .



2.9 Μετατροπέας (Inverter)

Συνδέεται στην μπαταρία και μετατρέπει την τάση της από 12-24-36-48-...VDC σε 230VAC. Η έξοδος του μετατροπέα (σταθεροποιημένη 230VAC ή 400VAC) συνδέεται απευθείας στον ηλεκτρολογικό πίνακα χωρίς επιπλέον αλλαγές στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

Πλήρης ημιτονική κυματομορφή εξόδου

· Ψύξη με φυσική ροή αέρα

(χωρίς ανεμιστήρα)

- Έλεγχος με προγραμματιζόμενο επεξεργαστή
- Λειτουργία Stand By μηδενισμού της αυτοκατανάλωσης του inverter
- Προστασία βαθιάς εκφόρτισης του συσσωρευτή
- Προστασία υπερφόρτωσης, υπερθέρμανσης βραχυκυκλώματος
- Πλήρης σταθεροποίηση στο ρεύμα εξόδου ανεξάρτητα από την κατάσταση της μπαταρίας
- Ενδείξεις σφαλμάτων



SWR-600W (max 1800W)

Input 24VDC
Output 230VAC 50Hz
Ημιτονική κυματομορφή
(pure sinewave)

Προστασία εισόδου, εξόδου,
συσσωρευτή
Ψύξη χωρίς ανεμιστήρα
Λειτουργία Stand by
Ενδείξεις σφαλμάτων

2.9 Ρυθμιση στροφων

Η ρυθμιση στροφων για τους κινητηρες μας εγινε με τη βοηθεια του τρανζιστορ 2N3055.



Είαι ένα τρανζιστορ ισχυος στο εχουν συνδεθει στη βαση μια αντισταση Ω και στον εκπομπο ένα ροοστατης 0,1 εως 5 ΚΩ.Μας προσφερει δυνατοτητα ρυθμισης με ικανοποιητικη ακριβεια. Για την ψυξη τους εχουμε τοποθετησει τα τρανζιστορ σε μια ψυκτρα.

Κεφάλαιο 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

3.1 Πλακέτα ελέγχου

Η πλακέτα ελέγχου αποτελείται από τα εξής παρακάτω εξαρτήματα:

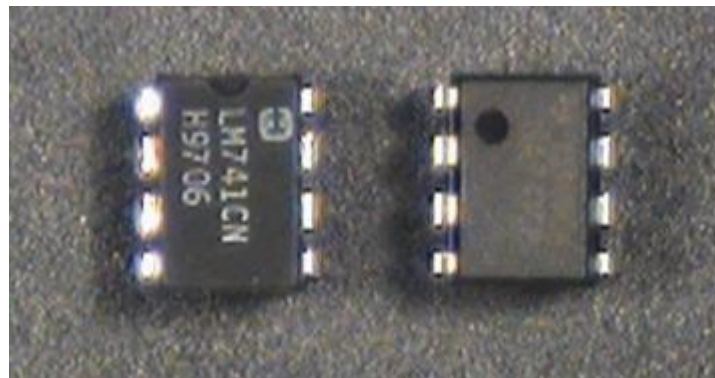
- **ATmega128:** Είναι η καρδιά της συσκευής. Σ' αυτόν έχουμε εγκαταστήσει το πρόγραμμα και είναι αυτός που δίνει τις εντολές. Αναλυτικά αναφερόμαστε παρακάτω.



- **LM7805:** Ρυθμιστής τάσης. Το χρησιμοποιούμε στην συσκευή μας ώστε να επιτύχουμε σταθερή τάση 5V με την οποία τροφοδοτούμε τον μικροελεγκτή μας.



- **LM 741:** Είναι ο τελεστικός ενισχυτής τον οποίο τροφοδοτούμε με $+ - 10V$ στο 7 και 4 ποδαράκι αντίστοιχα ενώ συνδέουμε τις 2 φωτοαντιστάσεις στην ανεστραμμένη και στην μη ανεστραμμένη είσοδο και στην έξοδο του παίρνουμε αρνητική η θετική τάση ανάλογα με το ποια φωτοαντίσταση έχει μεγαλύτερη τιμή



- **ICL 7660:** Είναι ένα ολοκληρωμένο το οποίο χρησιμοποιούμε για να πάρουμε την αρνητική τάση $- 10V$ για τη τροφοδοσία του τελεστικού μας ενισχυτή.



- **4N32:** Οπτοζευκτης το οποίο ουσιαστικά αποτελείται από μια φωτοεκπεμπουσα διόδος και ένα photodarlington ώστε με την ορθη πολωση της φωτοδιόδου το photodarlington να μετατρεπεται σε αγωγιμο. Τους οπτοζευκτες τους χρησιμοποιουμε για να δωσουμε εντολές στις εισοδους του μικροελεγκτη αλλα και για να παρουμε εντολες από τις εξοδους του.



3.2 Ο Μικροελεγκτής ATmega128 της Atmel

3.2.1 Γενικά

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 AVR

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 1000 φορές . Άμεσος προγραμματισμός σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να προηγηθεί κάποια διαδικασία σβήσιματος (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. Σήμερα , υπάρχουν ανταγωνιστικοί μικροελεγκτές που φτάνουν ακόμη και τα 100MHz (100 MIPS) όπως π.χ το chip SX18AC100 της SCENIX .

Μικροελεγκτές AVR της Atmel

	FLASH (KB)	EEPROM(Bytes)	RAM(Bytes)	Instructions	I/O Pins	Interrupts	Ext. Interrupts	SPI	UART	TWI ⁽¹⁾	Hardware Multiplier	8-bit Timer	16-bit timer	PWM	Watchdog Timer	RTC Timer	Analog Comp	10-bit A/D Channels	On Chip Oscillator	Brown Out Detector	In System Programming	Self Program Memory	Vcc(V)	Clock speed(MHz)	Packages	Available
ATtiny11L	1	-	90	6	4	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y	-	Y ⁽³⁾	-	2.7-5.5	0-2	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny11	1	-	90	6	4	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y	-	Y ⁽³⁾	-	4.0-5.5	0-6	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny12V	1	64	90	6	5	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y ⁽²⁾	Y	Y	-	1.8-5.5	0-1	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny12L	1	64	90	6	5	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y ⁽²⁾	Y	Y	-	2.7-5.5	0-4	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny12	1	64	90	6	5	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y ⁽²⁾	Y	Y	-	4.0-5.5	0-8	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny15L	1	64	90	6	8	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	2	-	1	Y	-	Y	4	Y ⁽²⁾	Y	Y	-	2.7-5.5	1.6	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
ATtiny28V	2	-	90	20	5	2 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y ⁽²⁾	-	Y ⁽³⁾	-	1.8-5.5	0-1	28-Pin DIP 32-Pin MLF 32-Pin TQFP	now	
ATtiny28L	2	-	90	20	5	2 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y ⁽²⁾	-	Y ⁽³⁾	-	2.7-5.5	0-4	28-Pin DIP 32-Pin MLF 32-Pin TQFP	now	
AT90S1200	1	64	89	15	3	1	-	-	-	-	1	-	-	Y	-	Y	-	Y	-	Y	-	2.7-6.0	0-12	20-Pin DIP 20-Pin SOIC 20-Pin SSOP	now	
AT90S2313	2	128	128	120	15	10	2	-	1	-	1	1	1	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	2.7-6.0	0-10	20-Pin DIP 20-Pin SOIC	now	
AT90LS2323	2	128	128	120	3	2	1	-	-	-	1	-	-	Y	-	-	-	-	-	Y	-	2.7-6.0	0-4	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
AT90S2323	2	128	128	120	3	2	1	-	-	-	1	-	-	Y	-	-	-	-	-	Y	-	4.0-6.0	0-10	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
AT90LS2343	2	128	128	120	4	2	1	-	-	-	1	-	-	Y	-	-	-	Y	-	Y	-	2.7-6.0	0-1	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
AT90LS2343	2	128	128	120	4	2	1	-	-	-	1	-	-	Y	-	-	-	Y	-	Y	-	2.7-6.0	0-4	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
AT90S2343	2	128	128	120	4	2	1	-	-	-	1	-	-	Y	-	-	-	Y	-	Y	-	4.0-6.0	0-10	8-Pin DIP 8-Pin SOIC	now	
AT90LS4433	4	256	128	120	20	14	2	1	1	-	1	1	1	Y	-	Y	6	-	Y	Y	-	2.7-6.0	0-4	28-Pin DIP 32-Pin TQFP	now	
AT90S4433	4	256	128	120	20	14	2	1	1	-	1	1	1	Y	-	Y	6	-	Y	Y	-	4.0-6.0	0-8	28-Pin DIP 32-Pin TQFP	now	
AT90S8515	8	512	512	120	32	11	2	1	1	-	1	1	2	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	2.7-6.0	0-4	40-Pin DIP 44-Pin PLCC 44-Pin TQFP	now	
AT90S8515	8	512	512	120	32	11	2	1	1	-	1	1	2	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	4.0-6.0	0-8	40-Pin DIP 44-Pin PLCC 44-Pin TQFP	now	

	FLASH (KB)	EEPROM(Bytes)	RAM(Bytes)	Instructions	I/O Pins	Interrupts	Ext. Interrupts	SPI	UART	TWI ¹⁾	Hardware Multiplier	8-bit Timer	16-bit timer	PWM	Watchdog Timer	RTC Timer	Analog Comp	10-bit A/D Channels	On Chip Oscillator	Brown Out Detector	In System Programming	Self Program Memory	Vcc(V)	Clock speed(MHz)	Packages	Available
AT90LS8535	8	512	512	120	32	15	2	1	1	-	-	2	1	3	Y	Y	Y	8	-	-	Y	-	2.7-6.0	0-4	40-Pin DIP 44-Pin PLCC 44-Pin TQFP	now
AT90S8535	8	512	512	120	32	15	2	1	1	-	-	2	1	3	Y	Y	Y	8	-	-	Y	-	4.0-6.0	0-8	40-Pin DIP 44-Pin PLCC 44-Pin TQFP	now
ATmega8L	8	512	1K	130	23	16	2	1	1 ⁵⁾	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-8	28-Pin DIP 32-Pin MLF 32-Pin TQFP	Q1'02
ATmega8	8	512	1K	130	23	16	2	1	1 ⁵⁾	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-16	28-Pin DIP 32-Pin MLF 32-Pin TQFP	Q1'02
ATmega161L	16	512	1K	130	35	20	3	1	2	-	Y	2	1	4	Y	Y	Y	-	-	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-4	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega161	16	512	1K	130	35	20	3	1	2	-	Y	2	1	4	Y	Y	Y	-	-	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-8	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega163L	16	512	1K	130	32	17	2	1	1	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-4	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega163	16	512	1K	130	32	17	2	1	1	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-8	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega16L	16	512	1K	130	32	17	3	1	1 ⁵⁾	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-8	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	Q1'02
ATmega16	16	512	1K	130	32	17	3	1	1 ⁵⁾	1	Y	2	1	3	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-16	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	Q1'02
ATmega323L	32	1K	2K	130	32	19	3	1	1	1	Y	2	1	4	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-4	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega323	32	1K	2K	130	32	19	3	1	1	1	Y	2	1	4	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-8	40-Pin DIP 44-Pin TQFP	now
ATmega103L	128	4K	4K	121	48	16	8	1	1	-	-	2	1	4	Y	Y	Y	8	-	-	Y	-	2.7-3.6	0-4	64-Pin TQFP	now
ATmega103	128	4K	4K	121	48	16	8	1	1	-	-	2	1	4	Y	Y	Y	8	-	-	Y	-	4.0-5.5	0-6	64-Pin TQFP	now
ATmega128L	128	4K	4K	133	48	27	8	1	2 ³⁾	1	Y	2	2	6+2	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	2.7-5.5	0-8	64-Pin TQFP	Eng. Samples Q4
ATmega128	128	4K	4K	133	48	27	8	1	2 ⁵⁾	1	Y	2	2	6+2	Y	Y	Y	8	Y ²⁾	Y	Y	Y	4.0-5.5	0-16	64-Pin TQFP	Eng. Samples Q4

¹⁾ One external interrupt + interrupt and wake-up on pin change(all I/O pins)

²⁾ High accuracy (5%) internal RC oscillator with programmable speed.

³⁾ Requires 12V signal on RESET pin during programming

⁴⁾ Compatible to I2C

⁵⁾ Programmable Serial USART

⁶⁾ interrupt on pin low on 8 pins

4. 3.2.2 ATmega128

Χαρακτηριστικά

- AVR- Υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης, αποτέλεσμα της RISC αρχιτεκτονικής.
 - 133 ισχυρές εντολές που οι περισσότερες εκτελούνται σε ένα κύκλο ρολογιού .
 - 32x8 γενικής χρήσης καταχωρητές .
 - Πλήρης στατική λειτουργία.
 - Ταχύτητα 16MIPS με κρύσταλλο 16 MHz.
 - 2 κύκλων πολλαπλασιαστή.
- Μη-πτητικό πρόγραμμα και δεδομένα μνήμης .
- Προγραμματισμός flash μνήμης .

- 128K bytes flash μνήμης

Διάρκεια : 10.000 κύκλοι εγγραφής / διαγραφής .

- SPI σειριακή διασύνδεση για τον προγραμματισμό της.

- 4K bytes μνήμης EEPROM.

Διάρκεια:100.000 κύκλοι εγγραφής / διαγραφής .

- 4K bytes εσωτερικής SRAM (Static RAM).

- Προστασία περιεχομένων μνήμης προγράμματος .

• Περιφερειακά χαρακτηριστικά

- Δύο 8-bit χρονιστές / μετρητές με ανεξάρτητο προδιαιρέτη και λειτουργίες σύγκρισης .

- Δύο 16-bit χρονιστες / μετρητες με ανεξάρτητο προδιαιρέτη και λειτουργίες σύγκρισης και σύλληψης .

- Ρολόι πραγματικού χρόνου με ανεξάρτητο ταλαντωτή και λειτουργία μετρητή .

- 2 8-bit PWM κανάλια.

- 6 PWM κανάλια με προγραμματιζόμενη ανάλυση από 2 ως 16 Bits

- 8 κανάλια, 10 bit ADC.

- Διπλό καλώδιο σειριακής διασύνδεσης(2-wire serial interface).

- Προγραμματιζόμενο σειριακό UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) πλήρως αμφίδρομο (full duplex)

- Master/Slave SPI σειριακή διασύνδεση.

- Προγραμματιζόμενος χρονιστής επιτήρησης (Watchdog timer) με ανεξάρτητο ενσωματωμένο ταλαντωτή .

Αναλογικός συγκριτής.

• Ειδικά χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή

- Επαναφορά εκκίνησης και

- Εσωτερική ρύθμιση RC ταλαντωτή .

- Υποστήριξη εσωτερικών και εξωτερικών σημάτων διακοπής (interrupt)

- 6-καταστάσεις αναμονής : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, standby and extended standby .
- Κατανάλωση ισχύος στα 4 MHz, 3V, 25°C .
 - Ενεργό (Active) 5.0 mA .
 - Αδρανή (Idle) 1.9 mA .
 - Σε λειτουργία χαμηλής ισχύος (Power-down mode) <1μΑ .
- Ακίδες εισόδου / εξόδου και πακέτα .
 - 32 προγραμματιζόμενες ακίδες εισόδου /εξόδου .
 - 40-pin PDIP και 44-pin TQFP .
- Τάσεις λειτουργίας .
 - 2.7-5.5 για τον ATmega128L .
 - 4.0-5.5 για τον ATmega128 .
- Βαθμοί ταχύτητας .
 - 0-8 MHz για τον ATmega128L .
 - 0-16 MHz για τον ATmega128 .

Περιγραφή



Ο Mega128 είναι ένας χαμηλής κατανάλωσης, CMOS, 8-bit μικροελεγκτής βασισμένος στην AVR τεχνολογία. Εκτελώντας τις περισσότερες από τις 133 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 :

128 KBytes μνήμη προγράμματος, 4 Kbytes 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,

προγραμματιζόμενο UART ,χρονιστής επιτήρησης με δικό του ταλαντωτή, 4 καταστάσεις αναμονής και τέλος μια θύρα SPI για τον προγραμματισμό της Flash μνήμης .

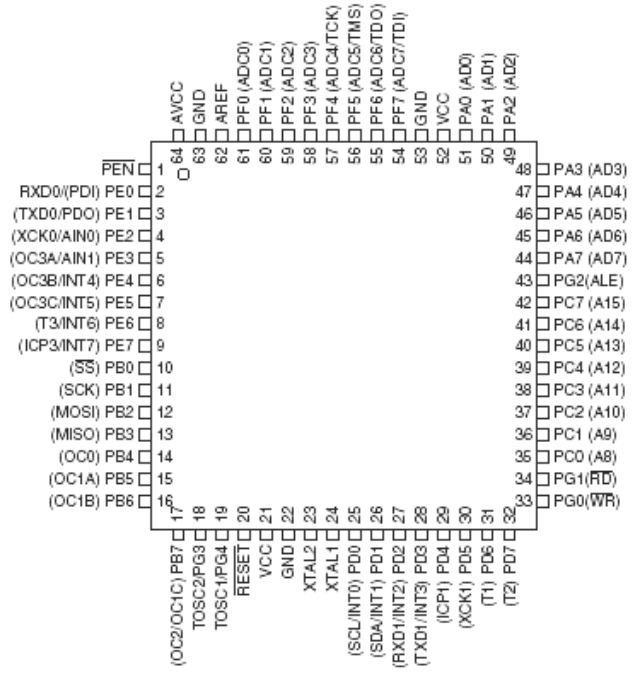
Στην κατάσταση αναμονής (Idle mode) , η CPU διακόπτει την λειτουργία της διατηρώντας όμως σε ετοιμότητα την SRAM , την θύρα SPI , τους μετρητές / χρονιστές , το UART και την βαθμίδα διαχείρισης σημάτων διακοπής . Στην κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης (Power Down mode) διατηρούνται μόνο τα περιεχόμενα των 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 διασύνδεσής ή με ένα συμβατό προγραμματιστή . Εγκαθιστώντας ένα αυτό-προγραμματιζόμενο εκκινήτη φορτώματος, ο μικροελεγκτής μπορεί να κάνει ανανέωση με αυτήν την εφαρμογή χωρίς εξωτερικά εξαρτήματα. Ο εκκινήτης 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 .

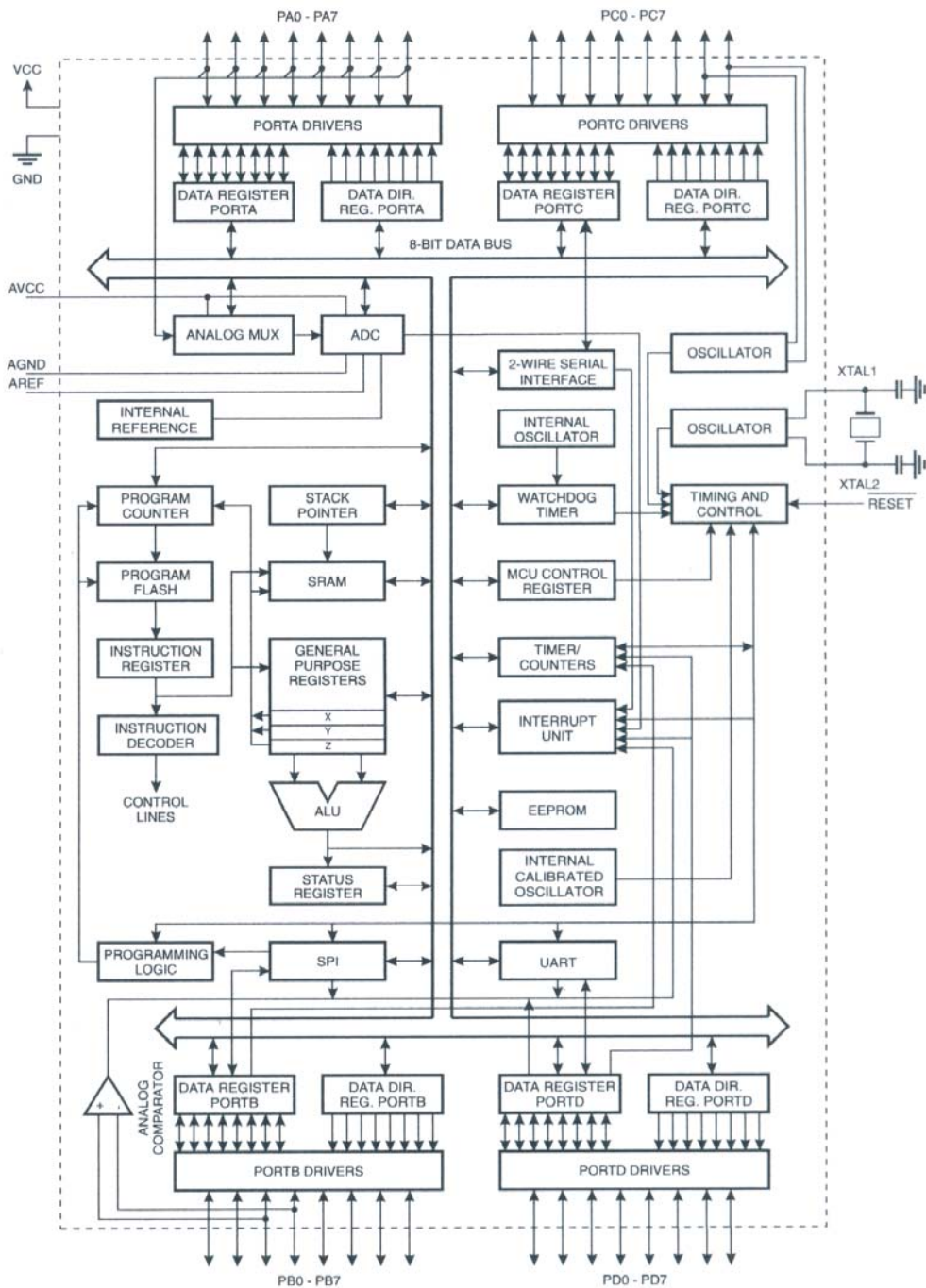
Ο μικροελεγκτής συνοδεύεται από αρκετά εργαλεία ανάπτυξης και προγραμματισμού , μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται μεταφραστές από γλώσσα C (C compilers) , συμβολομεταφραστές με

ικανότητα μακροεντολών , προσομοιωτές σε επίπεδο λογισμικού , εξομοιωτές πραγματικού χρόνου και αξιολόγησης .

Παρακάτω βλέπουμε το block διάγραμμα του :



Block διάγραμμα :



Σημασία των ακίδων:

VCC: Ακίδα τροφοδοσίας.

GND:Ακίδα αναφοράς (γη).

Port A (PA7..PA0)

Η θύρα αυτή περιλαμβάνει τις αναλογικές εισόδους του A/D μετατροπέα. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν 8 αμφίδρομες ακίδες. Οι ακίδες αυτές μπορούν κατ' επιλογή να συνδεθούν εσωτερικά στην τροφοδοσία μέσω αντιστάσεων πρόσδεσης (pull-up resistors) . Όλες οι ακίδες όταν συμπεριφέρονται σαν έξοδοι , απορροφούν ρεύμα 20 mA , επιτρέποντας την άμεση οδήγηση ψηφίων LED επτά τμημάτων .Αντίθετα όταν είναι είσοδοι και έχουν οδηγηθεί σε χαμηλή στάθμη , παρέχουν ρεύμα το οποίο διέρχεται μέσα από εσωτερικές αντιστάσεις πρόσδεσης (εάν αυτές είναι ενεργοποιημένες).Τέλος , η θύρα χρησιμοποιείται σαν πολυπλέκτης διευθύνσεων / δεδομένων εισόδων /εξόδων όταν χρησιμοποιούμε εξωτερική μνήμη .

Port B (PB7..PB0)

Η θύρα αυτή περιλαμβάνει 8 αμφίδρομες ακίδες . Οι ακίδες αυτές μπορούν κατ' επιλογή να συνδεθούν εσωτερικά στην τροφοδοσία μέσω αντιστάσεων πρόσδεσης (pull-up resistors) .Όλες οι ακίδες όταν συμπεριφέρονται σαν έξοδοι , απορροφούν ρεύμα 20 mA , επιτρέποντας την άμεση οδήγηση ψηφίων LED επτά τμημάτων .Αντίθετα όταν είναι είσοδοι και έχουν οδηγηθεί σε χαμηλή στάθμη , παρέχουν ρεύμα το οποίο διέρχεται μέσα από εσωτερικές αντιστάσεις πρόσδεσης (εάν αυτές είναι ενεργοποιημένες).Τέλος πολλές από τις ακίδες της θύρας B έχουν και άλλες λειτουργίες που αναφέρονται στο data sheet του μικροελεγκτή.

Port C (PC7..PC0)

Η θύρα αυτή περιλαμβάνει 8 αμφίδρομες ακίδες . Οι ακίδες αυτές μπορούν κατ' επιλογή να συνδεθούν εσωτερικά στην τροφοδοσία μέσω αντιστάσεων πρόσδεσης (pull-up resistors) . Όλες οι ακίδες όταν

συμπεριφέρονται σαν έξοδοι , απορροφούν ρεύμα 20 mA , επιτρέποντας την άμεση οδήγηση ψηφίων LED επτά τμημάτων .Αντίθετα όταν είναι είσοδοι και έχουν οδηγηθεί σε χαμηλή στάθμη , παρέχουν ρεύμα το οποίο διέρχεται μέσα από εσωτερικές αντιστάσεις πρόσδεσης (εάν αυτές είναι ενεργοποιημένες). Η θύρα C επίσης εξυπηρετεί και άλλες λειτουργίες οι οποίες φαίνονται αναλυτικότερα στο datasheet.

Port D (PD7..PD0)

Η θύρα αυτή περιλαμβάνει 8 αμφίδρομες ακίδες . Οι ακίδες αυτές μπορούν κατ' επιλογή να συνδεθούν εσωτερικά στην τροφοδοσία μέσω αντιστάσεων πρόσδεσης (pull-up resistors) .

Όλες οι ακίδες όταν συμπεριφέρονται σαν έξοδοι , απορροφούν ρεύμα 20 mA , επιτρέποντας την άμεση οδήγηση ψηφίων LED επτά τμημάτων .Αντίθετα όταν είναι είσοδοι και έχουν οδηγηθεί σε χαμηλή στάθμη, παρέχουν ρεύμα το οποίο διέρχεται μέσα από εσωτερικές αντιστάσεις πρόσδεσης (εάν αυτές είναι ενεργοποιημένες)..Η θύρα D επίσης εξυπηρετεί τις λειτουργίες κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που αναφέρονται στο data sheet του μικροελεγκτή.

RESET

Ακίδα επανεκκίνησης .Ο μικροελεγκτής αρχικοποιείται , όταν επιβληθεί σε αυτόν χαμηλή στάθμη για χρόνο τουλάχιστον 500nS, ακόμα και όταν είναι απενεργοποιημένο το ρολόι. Μικρότερης διάρκειας παλμοί δεν είναι εγγυημένο ότι θα γίνει Reset.

XTAL1: Είσοδος στον εσωτερικό αναστρέφοντα ταλαντωτή και ταυτόχρονα στο σύστημα χρονισμού του μικροελεγκτή .

XTAL2: Έξοδος του αναστρέφονται ταλαντωτή .

AVCC: Η ακίδα αυτή είναι η τάση τροφοδοσίας για την Port A και τον A/D μετατροπέα. Πρέπει να είναι εξωτερικά συνδεδεμένη με το VCC ακόμα και όταν ο ADC δεν χρησιμοποιείται. Εάν χρησιμοποιείται ο ADC πρέπει να συνδέεται με το VCC μέσω ενός χαμηλοπερατού φίλτρου.

AREF: Αυτή είναι η αναλογική είσοδος αναφοράς για τον A/D μετατροπέα. Για τις λειτουργίες του ADC η τάση εισόδου για την ακίδα εισόδου αυτή πρέπει να είναι από 2,5V μέχρι AVCC.

AGND: Αναλογική γη. Ένα η πλακέτα έχει ξεχωριστό αναλογικό επίπεδο γης αυτή η ακίδα πρέπει να συνδεθεί με αυτό το επίπεδο γης. Διαφορετικά συνδέεται με το GND.

Χρονιστές /Μετρητές (timers/counters)

Ο ATmega163 παρέχει τρεις γενικής χρήσης χρονιστές /μετρητές (timers/counters) . Δύο 8 bit και έναν 16 bit . Ο καθένας ξεχωριστά διαθέτει ρύθμιση με την χρήση του ίδιου 10 bit timer που λειτουργεί ως προδιαρέτης (prescaler) . Έτσι ο χρονισμός με τον οποίο μετράνε ως timers μπορεί να είναι CK,CK/8,CK/64,CK/256,CK/1024.

Ο 16-bit χρονιστής έχει επιπλέον λειτουργίες σύλληψης και σύγκρισης ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν 8, 9 και 10 bit διαμορφωτής εύρους παλμών (Pulse Width Modulator) και μάλιστα διπλός, δηλαδή έχουμε δύο διαμορφωτές εύρους παλμών .Οι συχνότητες που μπορούμε να πάρουμε για την διαμόρφωση του εύρους παλμών είναι συγκεκριμένες. Βέβαια με την βοήθεια προγραμματισμού μπορούμε να ρυθμίσουμε εμείς και τη λειτουργία , σε άλλες συχνότητες .

T_s : η συνολική περίοδος του κάθε παλμού

Ως counters μπορούν να μετρήσουν εξωτερικά γεγονότα , με την βοήθεια των εξωτερικών pin που βρίσκονται στην θύρα B.

Εαν θέλουμε να μετρήσουμε εξωτερικούς παλμούς η όπως αλλιώς λέμε «εξωτερικό ρολόι» τότε για να πετύχουμε σωστή δειγματοληψία θα πρέπει ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο μεταβάσεων του «εξωτερικού ρολογιού” να είναι το λιγότερο ίσος με μια περίοδο

ρολογιού με το οποίο χρονίζεται η CPU του μικροελεγκτή μας. Το σήμα από το «εξωτερικό ρολόι» δειγματοληπτείται στην ανερχόμενη ακμή του ρολογιού που χρονίζει τον μικροελεγκτή μας .

Κύκλωμα ATmega128

Η καρδιά της συσκευής μας είναι ο ATmega128 και είναι αυτός που δίνει τις εντολές για όλες τις λειτουργίες. Όπως φαίνονται στο σχηματικό διάγραμμα παρακάτω στις ακίδες του συνδέονται τα παρακάτω:

PIN	PORTA	CONNECT	P		CONNECT
			IN	ORTB	
40	PA0	MM74C923N(DA1)	1	PB0	-
39	PA1	MM74C923N(DA2)	2	PB1	ADS7824P(R/C_)
38	PA2	MM74C923N(DA3)	3	PB2	ADS7824P(BUSY_)
37	PA3	MM74C923N(DA4)	4	PB3	MOTOR(AZIM)
36	PA4	MM74C923N(DA5)	5	PB4	MOTOR(AZIM)
35	PA5	MM74C923N(DA)	6	PB5	MOTOR(HEIGHT)
34	PA6	SENSOR(AZIM)	7	PB6	ADS7824P(A0)
33	PA7	SENSOR(HEIGHT)	8	PB7	MOTOR(HEIGHT)

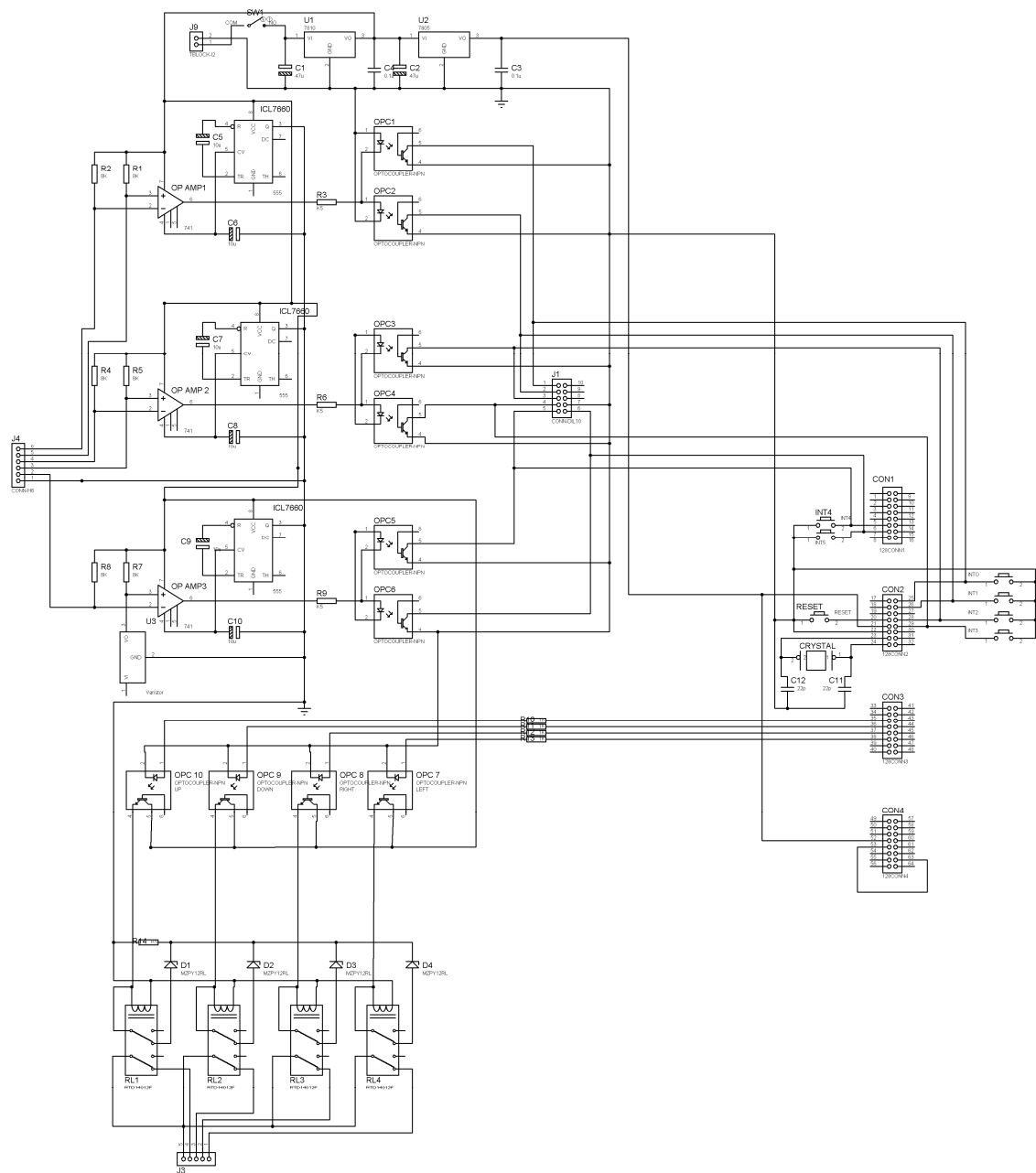
PIN	PORTC	CONNECT	IN	P ORTD	CONNECT
22	PC0	LCD(RS)	14	PD0	ADS7824P(D0)
23	PC1	LCD(RD)	15	PD1	ADS7824P(D1)
24	PC2	LCD(EN)	16	PD2	ADS7824P(D2)
25	PC3	LCD(LED)	17	PD3	ADS7824P(D3)
26	PC4	LCD(DB11)	18	PD4	ADS7824P(D4)
27	PC5	LCD(DB12)	19	PD5	ADS7824P(D5)
28	PC6	LCD()	20	PD6	ADS7824P(D6)
29	PC7	LCD()	21	PD7	ADS7824P(D7)

PIN		CONNECT
9	RESET	-
10	VCC	+5V
11	GND	GROUND
12	XTAL2	CRYSTAL(4MHZ)
13	XTAL1	CRYSTAL(4MHZ)
30	AVCC	-
31	AGND	GROUND
32	AREF	-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

4.1 Κατασκευή - Λειτουργία της πλακέτας ελέγχου.



Ο έλεγχος του πάνελ όσον αφορά την παρακολούθηση της πορείας του ήλιου γίνεται από την πλακέτα την οποία έχουμε τοποθετήσει στο εσωτερικό του πίνακα ελέγχου της κατασκευής . Η λειτουργία αυτής έχει ως εξής :

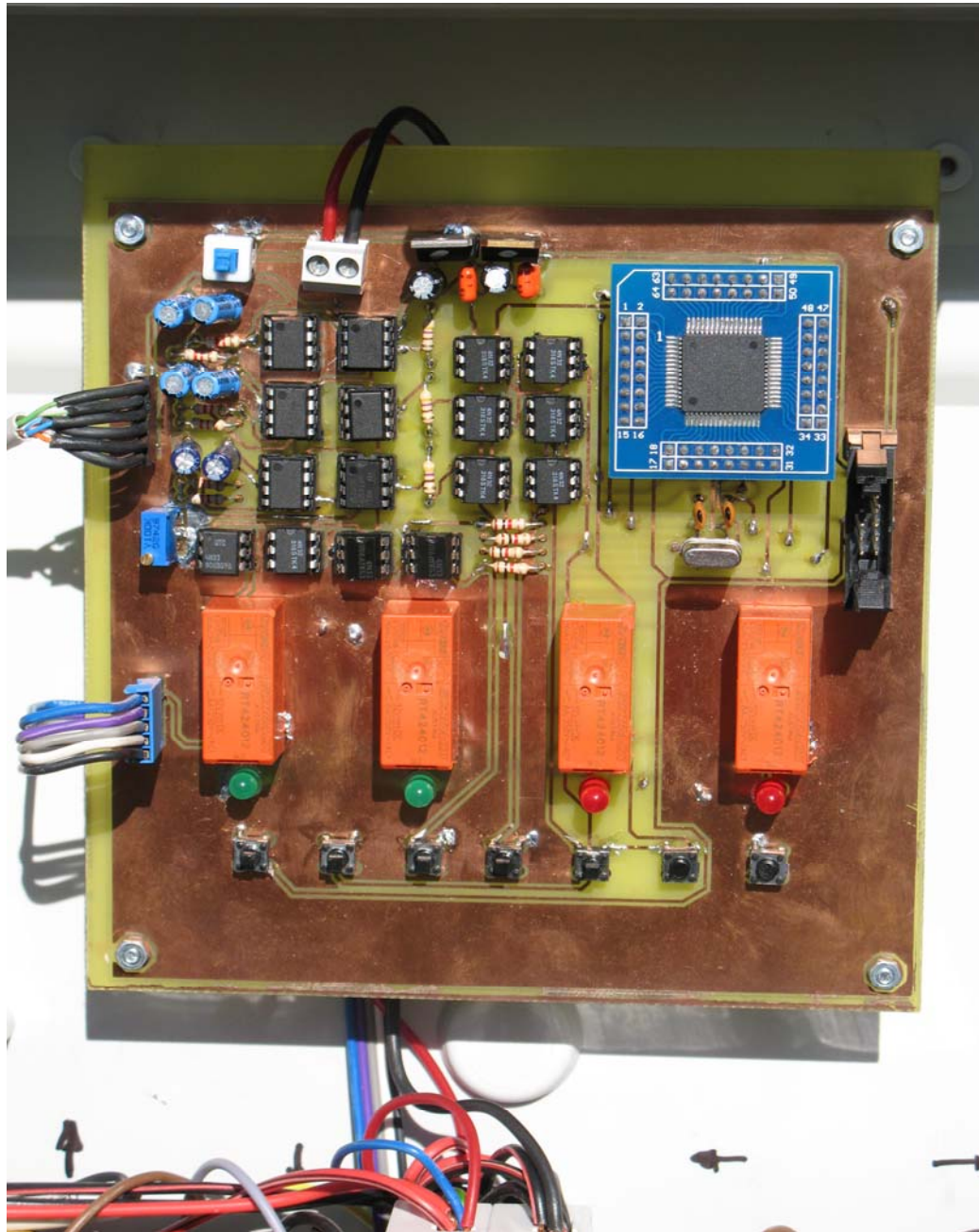
Αρχικά τροφοδοτούμε την πλακέτα με τα 12V της μπαταρίας η οποία φορτίζεται από το φωτοβολταϊκό πάνελ . Τα 12V τα μετατρέπουμε σε 10V μέσω του LM7810 με τα οποία τροφοδοτούμε τα ICL7660 , τους τελεστικούς ενισχυτές LM 741 , τις φωτοαντιστάσεις, τα relay, ενδεικτικά led και τέλος το LM7805 από το οποίο παίρνουμε ως έξοδο τάση 5V για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή μας ATMEGA128.

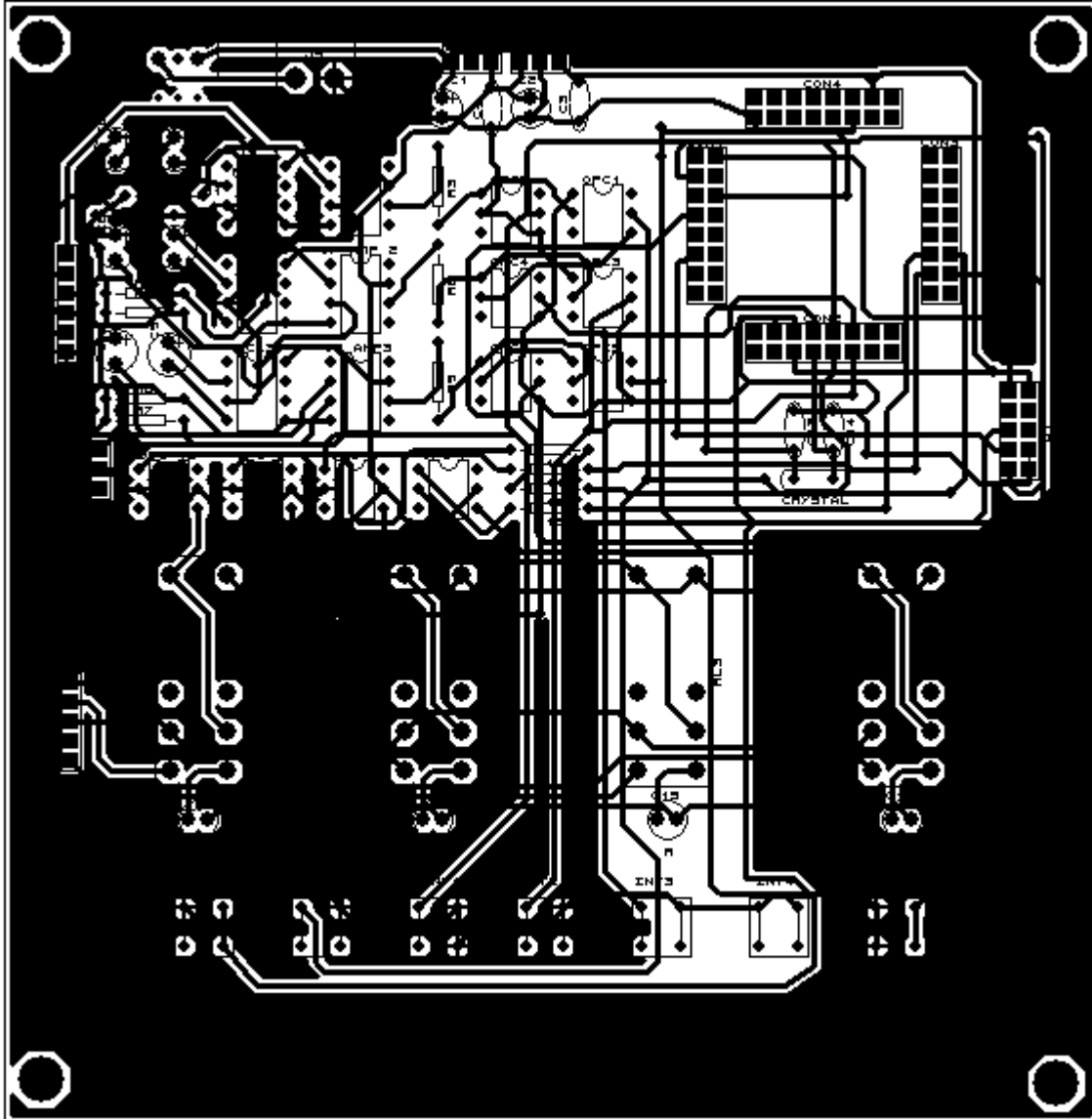
Με τα 10V αυτά τροφοδοτώντας τα ICL 7660 καταφέρνουμε να πάρουμε τάση -10V τα οποία χρησιμοποιούμε για την τροφοδοσία των τελεστικών μας ,οπότε χρησιμοποιούμε ένα ICL7660 για κάθε τελεστικό. Συνολικά χρησιμοποιούμε 3 τελεστικούς, έναν με δυο φωτοαντιστάσεις για τον έλεγχο της κίνησης πάνω – κάτω, έναν με επίσης δυο φωτοαντιστάσεις για τον έλεγχο της κίνησης δεξιά – αριστερά και ένα τρίτο με μια φωτοαντιστάσεων και ένα ποτενσιόμετρο για τον έλεγχο της φωτεινότητας. Με τις αντιστάσεις συνδεδεμένες στα 2 και 3 ποδαράκια των τελεστικών αντίστοιχα επιτυγχάνουμε να έχουμε σύγκριση αυτών και παίρνουμε ως έξοδο από τον τελεστικό θετική ή αρνητική τάση ανάλογα με τις τιμές των φωτοαντιστάσεων που εξαρτώνται από την φωτεινότητα.

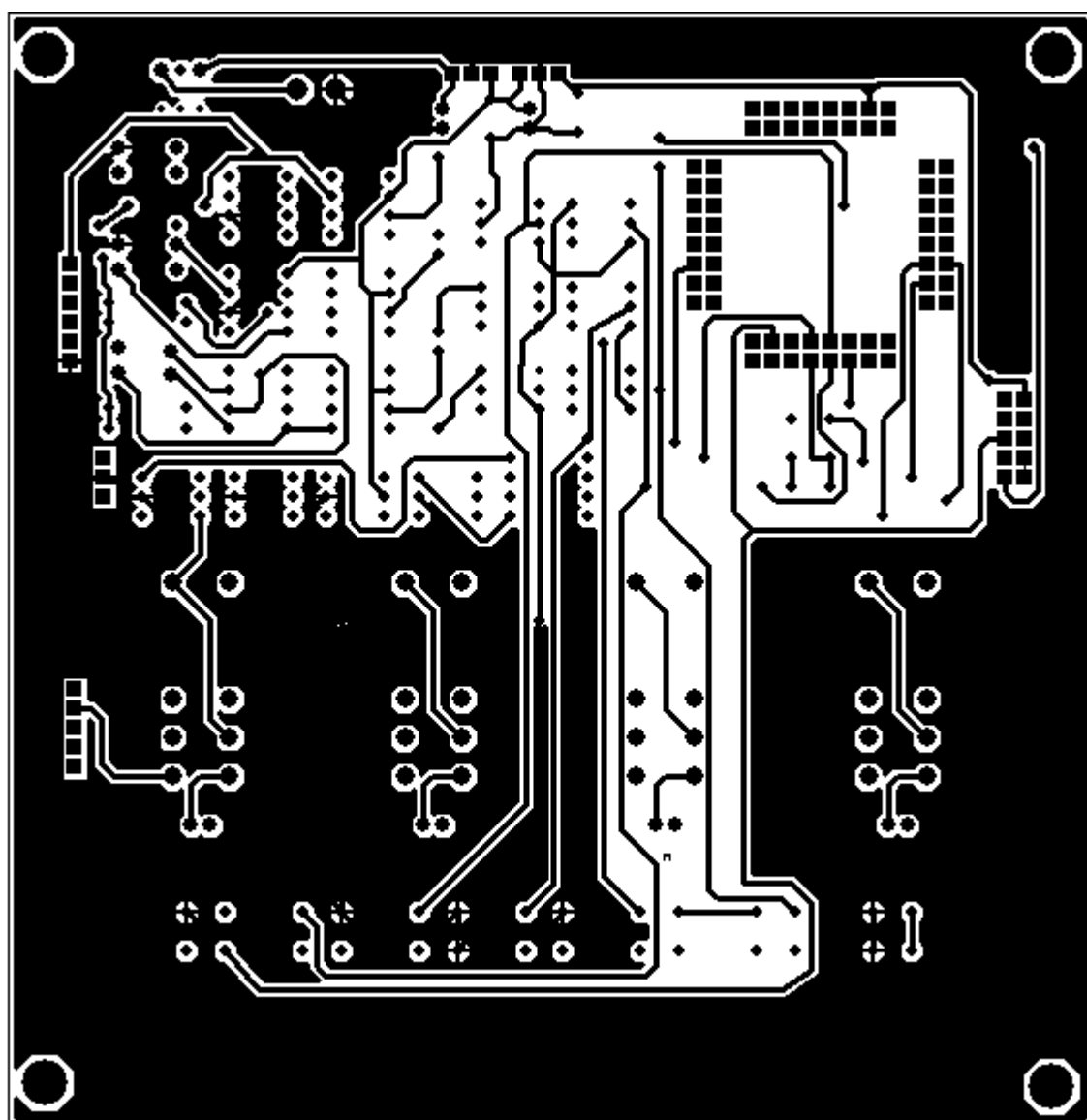
Με την έξοδο του τελεστικού και μέσω μιας αντίστασης $X\Omega$ τροφοδοτούμε τους οπτοζευκτες που έχουμε συνδέσει ώστε με θετική τάση να πολώνεται ορθά ο πρώτος και αντίστοιχα με αρνητική τάση ο δεύτερος. Με την ορθή πόλωση κάποιου οπτοζεύκτη δίνουμε εντολή στον μικροελεγκτή να ανατρέξει μια ρουτίνα interrupt μέσα στην οποία έχουμε ορίσει να μας δίνει κάποια έξοδο ανάλογα με την εκαστοτε κατάσταση του όλου συστήματος .

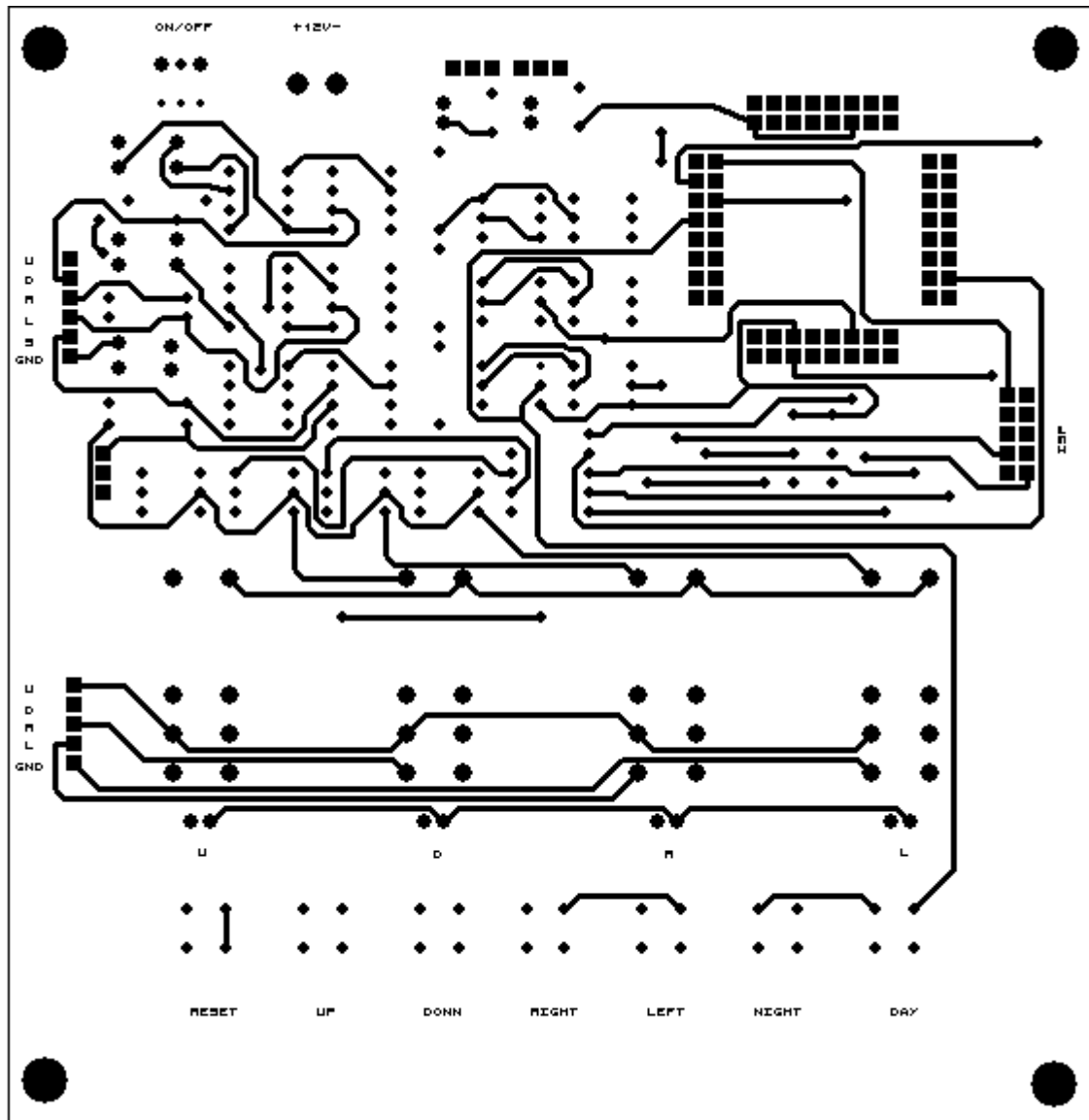
Ο AT mega 128 τροφοδοτείται, όπως αναφέραμε και πιο πάνω από την έξοδο του LM7805, με τάση 5V στο ποδαράκι 21 του ολοκληρωμένου . Η χρήση του μικροελεγκτή ήταν αναγκαία ώστε μέσω του προγραμματισμού του να έχουμε συγκεκριμένες εξόδους του. Δηλαδή επικαλώντας μια ρουτίνα interrupt μέσω κάποιου οπτοζεύκτη να κάνουμε έλεγχο της παρούσας κατάστασης και να και να παίρνουμε ως έξοδο ένα σήμα με το οποίο μέσω οπτοζεύκτη δίνουμε εντολή να ενεργοποιηθεί το αντίστοιχο ρελε. Στο πρόγραμμα του μικροελεγκτή θα

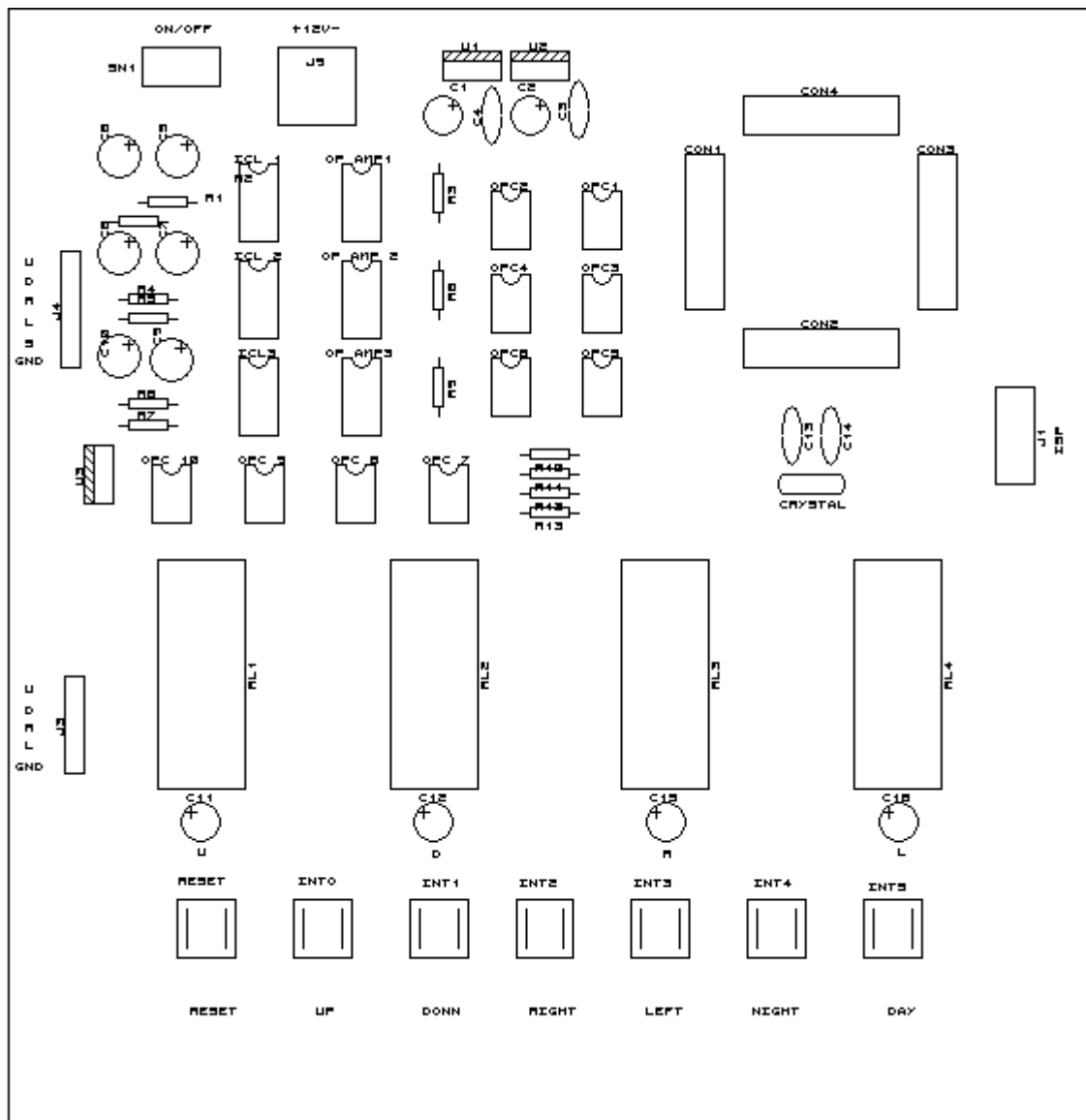
αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες σε επόμενη ενότητα. Επίσης στην κατασκευή μας χρησιμοποιούμε 4 ρελέ, ένα για κάθε κίνηση, τα οποία τροφοδοτούμε με τάση 10V. Με κάθε ένα από αυτά τα ρελε ελέγχουμε τα ρελε ισχύος των κινητήρων.











4.2 Λειτουργία κυκλώματος ισχύος

Για την αναφορά μας για το κύκλωμα ισχύος πρωταρχικό ρόλο έχει το φωτοβολταϊκό πανελ με το οποίο μετατρέπουμε την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και μέσω του ρυθμιστή φόρτισης μπαταριών (Siemens Solar) αποθηκεύουμε στις μπαταρίες, από τον οποίο μπορούμε να παίρνουμε ενδείξεις για την κατάσταση των μπαταριών. Στη συνέχεια το inverter μας μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο ώστε να μπορούμε να λειτουργήσουμε συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος όπως και επίσης να το παραλληλίσουμε με το δίκτυο της ΔΕΗ, πράγμα το οποίο κάνει από μόνο του αυτόματα το inverter. Επίσης στην κατασκευή μας έχουμε τοποθετήσει ενδεικτικά όργανα ώστε να παίρνουμε τιμές για τη τάση και το ρεύμα των πανελ , για τη τάση και το ρεύμα της μπαταρίας και τάση ρεύμα inverter.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

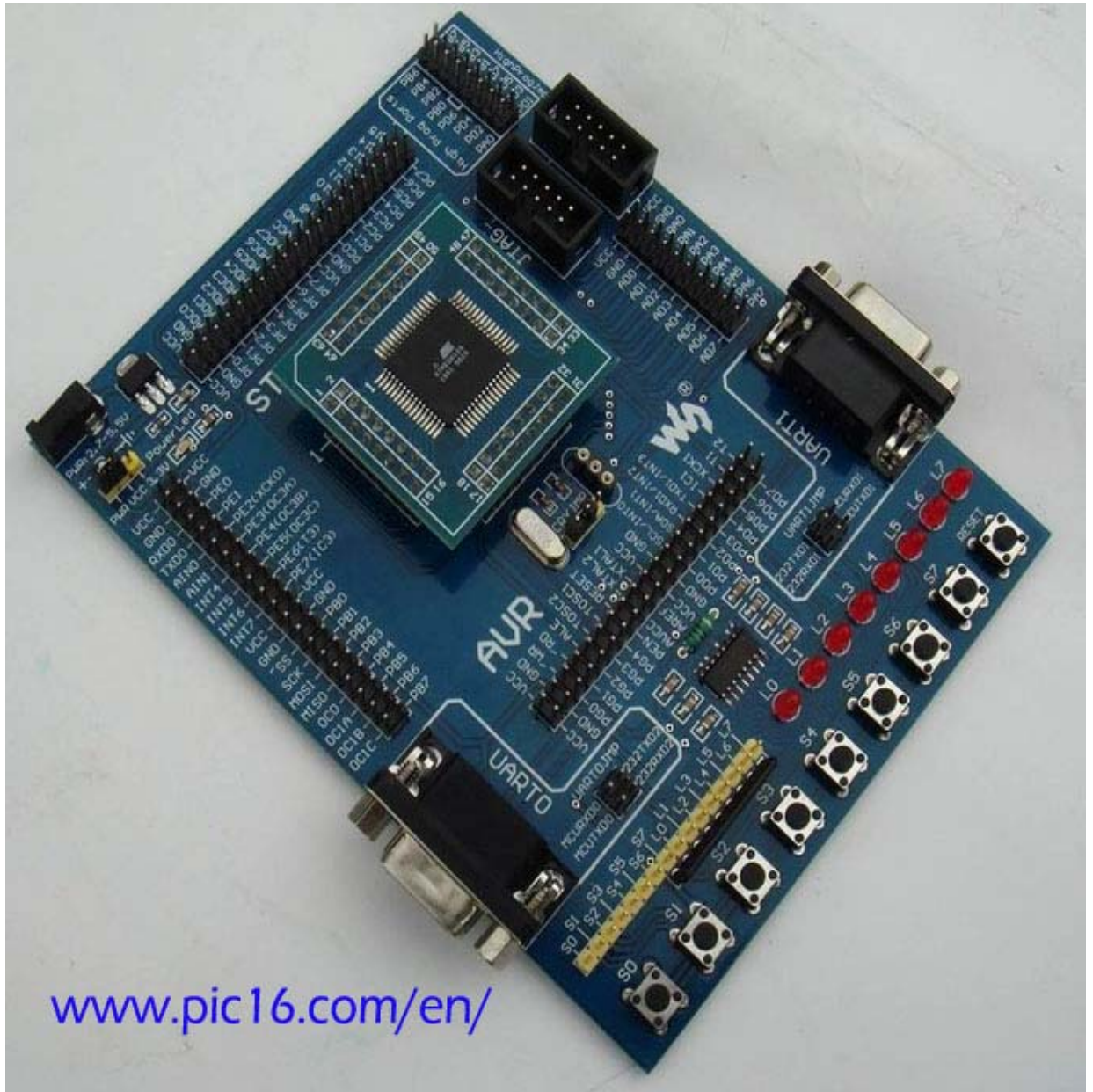
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

5.1 Πλακέτα προγραμματισμού (AVR STK128)

Η πλακέτα προγραμματισμού που χρησιμοποιήσαμε για να προγραμματίσουμε τον **ATmega128** είναι η **AVR STK128**, της οποίας τοποθετήσαμε κρύσταλλο 8MHz σε βάση που υπάρχει πάνω στην πλακέτα αφού ο εσωτερικός κρύσταλλος της πλακέτας είναι μικρότερος.

Η πλακέτα αυτή υποστηρίζεται από το **AVR Studio**, έκδοση 3.2 ή νεώτερη. Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά της :

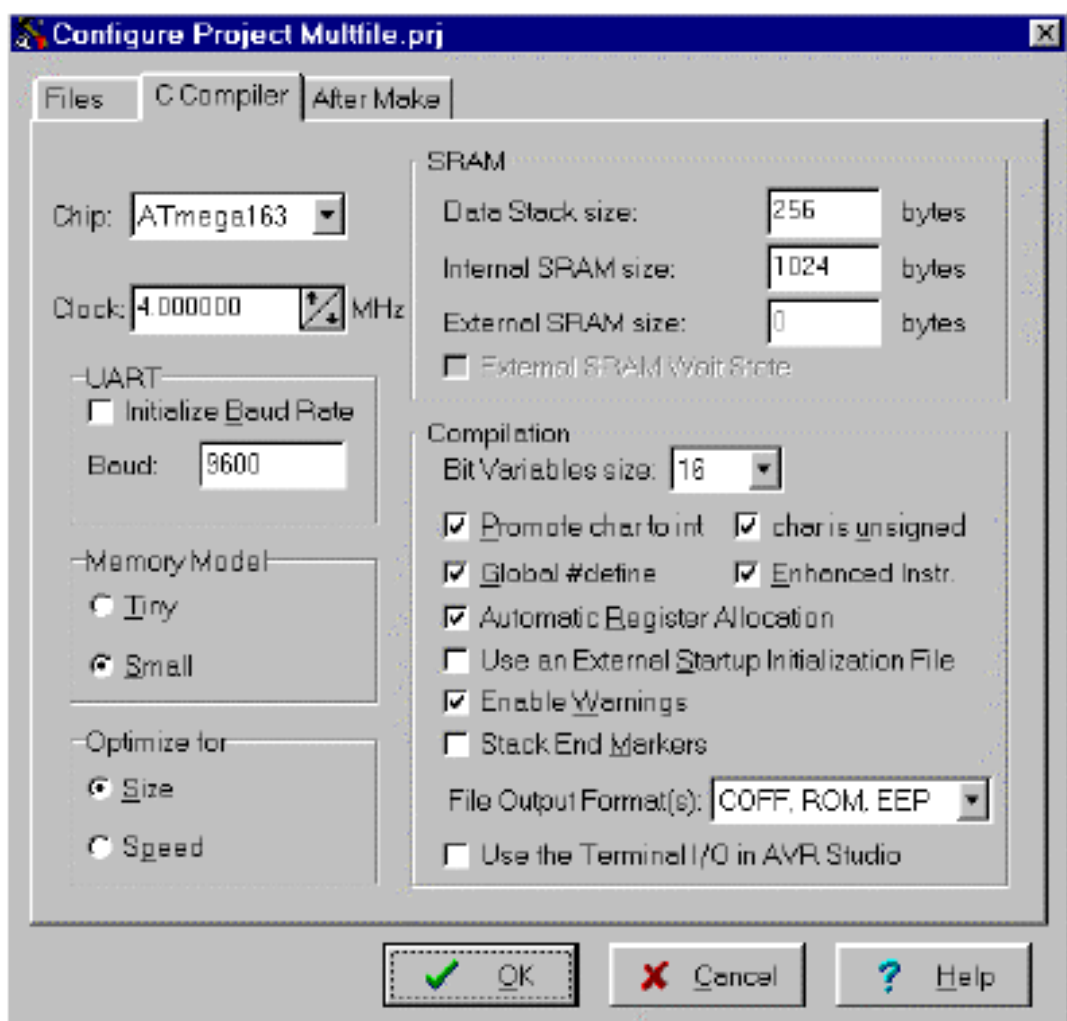
- AVR Studio Compatible
- RS232 Interface to PC for Programming and Control
- Regulated Power Supply for 5V DC Power
- Parallel and Serial High-voltage Programming of AVR Parts
- Serial In-System Programming(ISP) of AVR Parts
- In-System Programmer for Programming AVR Parts in External Target System
- 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



www.pic16.com/en/

5.2 Προγραμματισμός (CodeVisionAVR)

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, 2000, xp και vista. Περιέχει της βασικές βιβλιοθήκες της γλώσσας C αλλά και άλλες οι οποίες είναι για ειδικές εφαρμογές.



5.3 Software

/*****

This program was produced by the

CodeWizardAVR V1.25.9 Standard

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project : Sun trucker

Version :1 .1

Date : 31/10/2008

Author : Petrakis Polyhronios – Sotiropoylos Tilemahos

Company :

Comments:

Chip type : ATmega128

Program type : Application

Clock frequency : 8,000000 MHz

Memory model : Small

External SRAM size : 0

Data Stack size : 1024

*****/

#include <mega128.h> //Βιβλιοθήκη μικροελεγκτή

#include <delay.h> //Βιβλιοθήκη Καθυστέρησης

// External Interrupt 0 service routine

```
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
```

```
{
```

```
    d=0;
```

```
    EIMSK&=0b11111101;
```

```
    EIFR&=0b11111101;
```

```
    PORTC&=~0x40;
```

```
if(PINC.0==0&PINC.1==0)
```

```
{
```

```
    PORTC&=0b11111101; // stop down
```

```
    PORTC|=0x01;// UP
```

```
    delay_ms(350); //Καθυστέρηση 350ms
```

```
    s=1;
```

```
}
```

```
if(PINC.0==0&PINC.1==1)
```

```
{
```

```
    PORTC&=0b11111110; //stop up
```

```
    delay_ms(350); //Καθυστέρηση 350 ms
```

```
    s=0;
```

```
}
```

```
}
```

```
// External Interrupt 1 service routine
```

```
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
```

```
{
```

```
    d=0;
```

```
    EIMSK&=0b11111110;
```

```
    EIFR&=0b11111110;
```

```
    PORTC&=~0x40;
```

```

if(PINC.1==0&PINC.0==0)
{
    PORTC&=0b11111110; // stop up
    PORTC|=0x02; // DOWN
    delay_ms(150); //Καθυστέριση 150ms
    s=1;
}
if(PINC.1==0&PINC.0==1)
{
    PORTC&=0b11111101; //stop down
    delay_ms(350); //Καθυστέριση 350 ms
    s=0;

}
}

```

// External Interrupt 2 service routine

```

interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
    r=0;
    EIMSK&=0b11110111;
    EIFR&=0b11110111;
    PORTC&=~0x80;
if(PINC.2==0&PINC.3==0)
{
    PORTC&=0b11110111; //stop left
    PORTC|=0x04; // RIGHT
    t=1;
    delay_ms(500); //Καθυστέριση 500ms
}
}

```

```

if(PINC.2==0&PINC.3==1)
{
    PORTC&=0b11111011; //stop left
    delay_ms(350); //Καθυστέρηση 350 ms
    t=0;

}
}

```

// External Interrupt 3 service routine

```

interrupt [EXT_INT3] void ext_int3_isr(void)

```

```

{
    r=0;
    EIMSK&=0b11111011;
    EIFR&=0b11111011;

    PORTC&=~0x80;
if(PINC.3==0&PINC.2==0)
{
    PORTC&=0b11111011; //stop right
    PORTC|=0x08; // LEFT
    t=1;
    delay_ms(500); //Καθυστέρηση 500 ms

}
if(PINC.3==0&PINC.2==1)
{
    PORTC&=0b11111011; //stop left
    delay_ms(350); //Καθυστέρηση 350ms
    t=0;

```

```

    }
}

// Timer 1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    l++;
    d++;
    r++;
    if(d==3)
    {
        EIMSK|=0b00000011;
        PORTC|=0x40; //down
        d=0;
        s=1;
    }
    if(r==3)
    {
        EIMSK|=0b00001100;
        PORTC|=0x80; //right
        r=0;
        t=1;
    }
    TCNT1H=0x78;
    TCNT1L=0x96;
}

```

```
//External Interrupt 4 service routine  
interrupt [EXT_INT4] void ext_int4_isr(void)  
{  
    EIMSK&=0xF0;  
    PORTC|=0x06;  
    delay_ms(10000); //Καθυστέρηση 10s  
    PORTC&=~0x06;  
}
```

```
// External Interrupt 5 service routine  
interrupt [EXT_INT5] void ext_int5_isr(void)  
{  
    EIMSK|=0x0F;  
}
```

```
// Declare your global variables here  
char d,l,r,s,t=0;
```

```
void main(void)  
{
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
```

```
// 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 initialization
```



```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0x00;  
  
// Port C initialization  
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out  
Func0=Out  
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0  
PORTC=0x00;  
DDRC=0xFF;  
  
// Port D initialization  
// 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=P State2=P State1=P State0=P  
PORTD=0xFF;  
DDRD=0x00;  
  
// Port E initialization  
// 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=0xFF;  
DDRE=0x00;  
  
// Port F initialization  
// 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  
PORTF=0x00;  
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization  
  
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In  
  
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T  
  
PORTG=0x00;  
  
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
  
// 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 initialization  
  
// Clock source: System Clock  
  
// Clock value: 7,200 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=0x05;  
TCNT1H=0x78;  
TCNT1L=0x96;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;  
OCR1CH=0x00;  
OCR1CL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```

```
// 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 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 3 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFFh
```

```
// 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) initialization
```

```
// INT0: On
```

```
// INT0 Mode: Falling Edge
```

```
// INT1: On
```

```
// INT1 Mode: Falling Edge
```

```
// INT2: On
```

```
// INT2 Mode: Falling Edge
```

```
// INT3: On
```

```
// INT3 Mode: Falling Edge
```

```
// INT4: Off
```

```
// INT5: Off
```

```
// INT6: Off
```

```
// INT7: Off
```

```
EICRA=0x00;
```

```
EICRB=0x00;
```

```
EIMSK=0x3F;
```

```
EIFR=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
```

```
TIMSK=0x04;
```

```
ETIMSK=0x00;
```

```
// Analog Comparator initialization
```

```
// Analog Comparator: On
```

```
// Interrupt on Output Toggle
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x8B;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
// Global enable interrupts
```

```
#asm("sei")
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
}
```

```
}
```

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

6.1 Αποτελέσματα και παρατηρήσεις

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.

Κατά την κίνηση των πάνελ καταναλώνεται και κάποια ενέργεια. Η ενέργεια όμως αυτή 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 320° και 15° έως 75°) διαρκεί 2 λεπτά. Επίσης η ισχύς του κινητήρα για την αζιμούθια κίνηση είναι 40W ενώ για το ύψος είναι 40W. Επομένως η ενέργεια που καταναλώνουμε από τους κινητήρες είναι:

$$\frac{0.24}{60} * (40 + 40) = 0,32 \text{Wh} / \text{ημέρα}$$

και η συνολική ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι $2 * 50 = 100 \text{KWh}$ η μέγιστη και $1 * 50 = 50 \text{Wh}$ η ελάχιστη, ενώ για μια συννεφιασμένη μέρα λαμβάνουμε 800Wh περίπου.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της κατασκευής είναι ότι με τον προσανατολισμό έχουμε ένα σταθερό ρεύμα χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις κατά την περίοδο της ημέρας πράγμα που δεν θα το πετυχαίναμε έστω και αν αυξάναμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

6.2 Οικονομικά

Η κατασκευή αυτή από οικονομική άποψη προς το παρόν δεν συμφέρει, αφού η ενέργεια που αγοράζουμε από τη ΔΕΗ είναι φτηνή ενώ όπως φαίνεται αναλυτικά παρακάτω τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι ακριβά

και μικρής σχετικά απόδοσης καθώς για την σωστή λειτουργία τους χρειάζονται μπαταρίες συσσωρεύσεις ενέργειας αλλά και για να είναι εύχρηστη η ενέργεια, ένα inverter που είναι και αυτός πολύ ακριβός.

ΥΛΙΚΑ	ΤΕΜΑΧΙ	ΤΙΜΗ(€)	ΣΥΝΟΛΟ(€)
	A		
Φ/β στοιχεία	2	300	600
Κινητήρες	2	-	-
Αισθητήρια	5	1	5
Τερματικοί διακ.	4	2.5	10
Inverter	1	500	500
Μπαταρίες	1	260	260
Βάση στήριξης	1	140	140
Solar Panel Controller	1	121	121
Πίνακας ελέγχου με τα υλικά του	1	150	150
Έξοδα εγκατάστασης	-	-	-
Γενικό σύνολο κατασκευής			1786

Συμπεραίνοντας μπορούμε να πούμε ότι αν τα φωτοβολταϊκά ήταν πιο φτηνά και η απόδοσή τους ήταν πιο μεγάλη θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένα τέτοιο σύστημα θα ήταν αναγκαίο μιας και ο μαύρος χρυσός εκτός του ότι δημιουργείται και επεξεργάζεται με πολύ μικρότερους ρυθμούς από ότι καταναλώνεται και δεν είναι ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, κάποτε θα τελειώσει, ενώ κατά την πορεία αυτή όλο και θα ακριβαίνει πράγμα που δίνει την ευκαιρία να κερδίζουν έδαφος όλο και περισσότερο οι ανανεώσιμες ή ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.