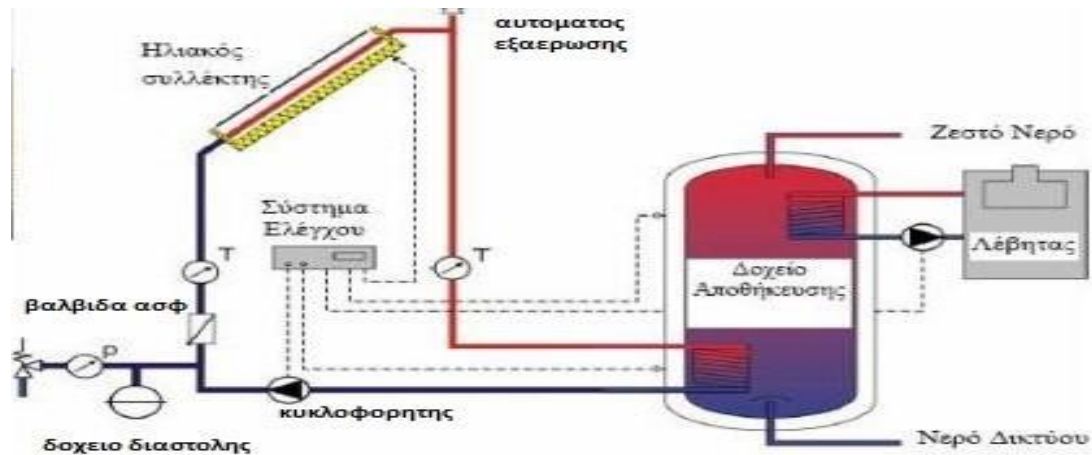


**Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Τεχνολογικού Τομέα  
Πειραιά.**



**ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ  
ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ  
ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ.**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΚΑΝΑΒΟΥΤΣΟΣ ΣΟΦΟΚΛΗΣ**

**ΦΛΑΜΠΟΥΡΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**Παπουτσιδάκης Μιχαήλ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016**

**ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ Π. Ραλλη & Θηβών 250, 12244 Αιγάλαιω , Αθήνα – Ελλάδα Τηλ. 210-  
5381488**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι, Καναβούτσος Σοφοκλής του Σωτηρίου με αριθμό μητρώου 39068 και Φλάμπουρα Μιχαήλ του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου 39587, φοιτητές του Τμήματος **Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβουμε την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μας, δηλώνουμε ότι ενημερωθήκαμε για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Επίσης δηλώνουμε υπεύθυνα ότι έχουμε παρακολουθήσει το σεμινάριο συγγραφής και εκπόνησης πτυχιακής εργασίας που διοργανώνεται από το Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.

Οι Δηλούντες:

Ημερομηνία

Καναβούτσος Σοφοκλής *Σ. Καναβούτσος*

13/12/2016

Φλάμπουρας Μιχαήλ *Μ. Φλάμπουρας*

**Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή κ. Δρόσο Χρήστο για την βοήθεια του στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.**

## **Περιεχόμενα**

Περίληψη	6
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1: Κατηγορίες θερμικών ηλιακών συστημάτων	10
1.1 Ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα	11
1.2 Συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας	12
Κεφάλαιο 2: Ηλιακοί συλλέκτες	14
2.1 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες	14
2.2 Ηλιακοί συλλέκτες κενού	17
2.3 Απώλειες ηλιακού συλλέκτη	18
2.4 Απόδοση ηλιακού συλλέκτη	18
2.5 Σύνδεση ηλιακών συλλεκτών	19
Κεφάλαιο 3: Συσσωρευτές ενέργειας (boiler)	20
3.1 Εναλλάκτες θερμότητας	20
3.2 Προστασία Boiler	21
Κεφάλαιο 4: Σωληνώσεις	22
4.1 Πολυστρωματικοί σωλήνες	22
Κεφάλαιο 5: Κυκλοφορητής	25
5.1 Υδραυλική σύνδεση	26
5.2 Ηλεκτρική σύνδεση	26
Κεφάλαιο 6: Δοχείο διαστολής	28
Κεφάλαιο 7: Βαλβίδα ασφαλείας και εξαερισμός	31
7.1 Βαλβίδα ασφαλείας	31
7.2 Εξαερισμός	32
Κεφάλαιο 8: Τι είναι ο μικροελεγκτής	35
8.1 Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή	35
8.2 Συνήθη υποσυστήματα	37
8.3 Πρόσθετες λειτουργίες Μικροελεγκτών	40
8.4 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών	41

8.5 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης	43
8.6 Κατασκευαστές μικροελεγκτών	43
Κεφάλαιο 9: Τι είναι ο ARDUINO;	48
9.1 Επιλογή του ARDUINO	48
9.2 Λογισμικό-ARDUINO IDE	49
9.3 ARDUINO 2560R3	51
Κεφάλαιο 10:	57
10.1 Σκοπός της εφαρμογής	57
10.2 Σχεδιασμός μηχανικού μέρους	57
10.3 Υδραυλική κατασκευή και σύνδεση του ηλιοθερμικού συστήματος	61
10.4 Το ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό κύκλωμα (σύστημα ελέγχου)	65
10.5 Σχεδία σύνδεσης των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων	67
10.6 Περιγραφή λειτουργίας	69
10.7 Πρόγραμμα ελέγχου του συστήματος	73
Κεφάλαιο 11: Διαδικασία τοποθέτησης, λειτουργία, συμπεράσματα από την χρήση του, συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων	78
11.1 Περίοδος δοκιμής και θέση τοποθέτησης	78
11.2 Συμπεράσματα, και εξοικονόμηση ενέργειας	80
Βιβλιογραφία	81

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή μας εργασία μας αποσκοπεί στην βελτιστοποίηση της κτιριακής εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης ενός ηλιοθερμικού συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Στην πτυχιακή μας εργασία θα αναλύσουμε τον τρόπο λειτουργίας των ηλιοθερμικών συστημάτων, των τύπο τους, την απόδοσή τους και θα παρουσιάσουμε μία μελέτη για ένα ηλιοθερμικό σύστημα κλειστού τύπου που θα ελέγχεται μέσω μικροελεγκτή. Θα αναλυθεί το πώς μπορεί μία κεντρική μονάδα εργασίας (στη προκειμένη περίπτωση μικροελεγκτής) να βελτιώσει την απόδοση και την λειτουργικότητα ενός τέτοιου συστήματος. Πιο αναλυτικά στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα ενεργειακά και παθητικά ηλιοθερμικά συστήματα, ανοιχτού και κλειστού βρόχου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα των ηλιοθερμικών συστημάτων αρχίζοντας από τους ηλιακούς συλλέκτες, τους διάφορους τύπους αυτών, την απόδοσή τους, και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Μετέπειτα συναντάμε τα επόμενα βασικά κομμάτια των ηλιοθερμικών συστημάτων, τους θερμοσυσσωρευτές (γνωστοί και ως Boiler), τις σωληνώσεις του ηλιοθερμικού συστήματος, τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών καθώς και τον τρόπο υπολογισμού της εσωτερικής διάμετρος του. Ύστερα αναλύεται η λειτουργία του κυκλοφορητή, που είναι απαραίτητος για τα κλειστά ηλιοθερμικά συστήματα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Ακολουθούν σημαντικές αναφορές σε δύο βασικά στοιχεία, που είναι απαραίτητα στην λειτουργία των ηλιοθερμικών συστημάτων, το δοχείου διαστολής και τη βαλβίδα εξαερισμού ή ασφαλείας, που εκτός από την αναγκαιότητα τους για την λειτουργία του συστήματος επισημαίνεται και η αναγκαιότητα τους για την ασφάλεια του.

Στην επόμενη ενότητα αναλύεται τι είναι ένας μικροελεγκτής, η λειτουργία του, τεχνικά χαρακτηριστικά του και που βρίσκουν εφαρμογή στην εποχή μας. Αργότερα περιγράφεται ο μικροελεγκτής που θα χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή μας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Ακολουθεί η ενότητα που παρουσιάζεται μία ιδιοκατασκευή ενός κλειστού ηλιοθερμικού συστήματος που ελέγχεται με μικροελεγκτή. Παρουσιάζονται τα σχέδια του, τα επιμέρους κομμάτια του, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και το πρόγραμμα του μικροελεγκτή που έχει αναλάβει τον έλεγχο του συγκεκριμένου ηλιοθερμικού συστήματος

Τέλος κλίνουμε την πτυχιακή μας εργασία με τα αποτελέσματα που έχει ένα ηλιοθερμικό σύστημα για την θέρμανση του νερού για οικιακή χρήση, αναφέροντας την οικονομία που μπορεί να προκύψει σε σχέση με το κόστος των συμβατικών μεθόδων θέρμανσης για τις καθημερινές ανάγκες μίας σύγχρονης κατοικίας.

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, λόγω των αυξανόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούν οι Εκπομπές CO<sub>2</sub>, έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους τομείς της ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Ειδικότερα η ανάγκη αυτή είναι πολύ εμφανής στην Ελλάδα όπου η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών.

Βασικοί παράγοντες των Εκπομπών CO<sub>2</sub>, είναι η θέρμανση και η θερμομόνωση ενός κτιρίου. Η συλλογή ή/και παραγωγή δηλαδή, των κατάλληλων ποσοτήτων θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου, η διατήρηση της θερμότητας εντός του κτιρίου και η διανομή της στους χώρους του. Η θέρμανση μπορεί να διαχωριστεί σε άμεση και έμμεση θέρμανση. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται οι ανοικτές εστίες (οι θερμαστές καύσεως, τα τζάκια κ.α.). Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι το σύστημα παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται μέσα στο χώρο που θερμαίνει. Στη δεύτερη κατηγορία μια πηγή ενέργειας (π.χ. ηλιακός συλλέκτης, ηλεκτρικό ρεύμα) θερμαίνουν ένα ρευστό (συνήθως νερό, αέρας κ.α.) και με τη βοήθεια κατάλληλων εναλλακτών, προσφέρει θερμότητα με αγωγή, μεταφορά, και ακτινοβολία στους χώρους που επιθυμούμε. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι η μονάδα παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται έξω από τους θερμαινόμενους χώρους.

Η Ελλάδα είναι χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και προσφέρεται για την ιδανική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Στο σύνολο της είναι πρακτικά ανεξάντλητη και ως τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Τα ηλιοθερμικά συστήματα διακρίνονται με βάση της λειτουργίας τους σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης.
  - 1.1. Τοπικά ή ατομικά (Ηλιακοί θερμοσίφωνες).
  - 1.2. Κεντρικά (Boiler ζεστού νερού με συστοιχία ηλιακών συλλεκτών).
2. Ηλιοθερμικά συστήματα κλιματισμού.
3. Ηλιοθερμικά συστήματα ανοιχτών κολυμβητικών δεξαμενών.
4. Ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης και θέρμανσης



χώρων.

4.1. *Ηλιοθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος.*

4.2. *Ηλιοθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος.*

Στα ηλιοθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος, το νερό της δεξαμενής αποθήκευσης διέρχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ενώ στα ηλιοθερμικά συστήματα κλειστού συστήματος μεταξύ των συλλεκτών και της δεξαμενής αποθήκευσης, παρεμβάλλεται ένας εναλλακτής θερμότητας, οπότε το υδατικό διάλυμα των συλλεκτών δεν αναμειγνύεται με το νερό της δεξαμενής.

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των συλλεκτών, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στην πλειονότητα των ηλιοθερμικών συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των ηλιακών συλλεκτών, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις 90°. Έχουν κατασκευαστεί δηλαδή, μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. φωτοκύτταρων ή με τη βοήθεια υπολογιστή), ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Λόγω πολυπλοκότητας και κόστους η χρήση τους δικαιολογείται μόνο σε περιπτώσεις εφαρμογών όπως στα κάτοπτρα ή στα συστήματα συγκεντρωμένης ακτινοβολίας. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται με σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία (η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου), που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται στο έδαφος σε οριζόντιες στέγες, σε κεκλιμένες στέγες, σε στέγαστρα και σε προσόψεις κτιρίων.

Γενικά η θέση του συλλέκτη επηρεάζει την απόδοση του κατά δυο τρόπους. Πρώτον, επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Δεύτερον, η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διάφανων καλυμμάτων και το συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα. Συμπερασματικά η τοποθέτηση τους είναι πολύ σημαντική και συμβάλλει στη μεγιστοποίηση της απόδοσης του συλλέκτη.

Ανάλογα με το σύστημα επιλογής, ένα ηλιακό σύστημα είναι ικανό να προσφέρει το σύνολο ή ένα πολύ μεγάλο μέρος της αναγκαίας ποσότητας σε ζεστό νερό χρήσης για μια μεγάλη περίοδο του έτους. Η επένδυση, λοιπόν, σε ένα θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι οικονομικά αποδοτική για κάθε καταναλωτή. Η αξιόπιστη τεχνολογία που στηρίζεται προσφέρει μακροπρόθεσμη απόδοση με χαμηλή συντήρηση και σχετικά γρήγορη απόσβεση των χρημάτων της απόδοσης.

## **1. Κατηγορίες θερμικών ηλιακών συστημάτων.**

Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή ζεστού νερού, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Οι συλλέκτες απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται, με τεχνητό ή και φυσικό τρόπο στην δεξαμενή. Οι ειδικές δεξαμενές αποθηκεύουν το παραγόμενο ζεστό νερό χρήσης προκειμένου να καταναλωθεί στα απαιτούμενα σημεία του κτιρίου που είναι εγκατεστημένο. Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθος τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής κ.λ.π. μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διαφορετικού τύπου θερμικά ηλιακά συστήματα. Όπως προαναφέρθηκε και στην εισαγωγή τα ηλιοθερμικά συστήματα διακρίνονται με βάση της λειτουργίας τους σε τέσσερις κατηγορίες:

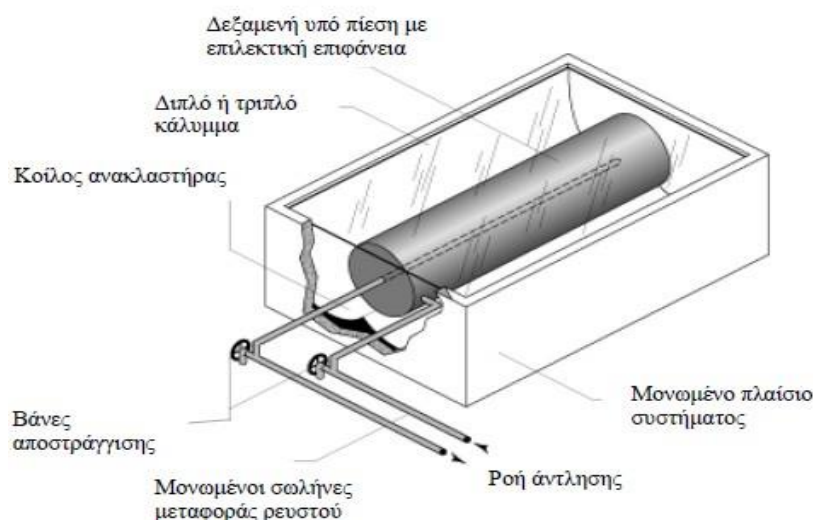
1. Ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης.
  - 1.1. Τοπικά ή ατομικά (Ηλιακοί θερμοσίφωνες).
  - 1.2. Κεντρικά (Boiler ζεστού νερού με συστοιχία ηλιακών συλλεκτών).
2. Ηλιοθερμικά συστήματα κλιματισμού.
3. Ηλιοθερμικά συστήματα ανοιχτών κολυμβητικών δεξαμενών.
4. Ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης και θέρμανσης χώρων.
  - 4.1. Ηλιοθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος.
  - 4.2. Ηλιοθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος.

Πέρα από αυτές τις κατηγορίες χωρίζονται επίσης, ανάλογα με την τεχνολογία και το κλίμα της περιοχής που θα τοποθετηθούν, στις παρακάτω κατηγορίες.

### 1.1 Ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα.

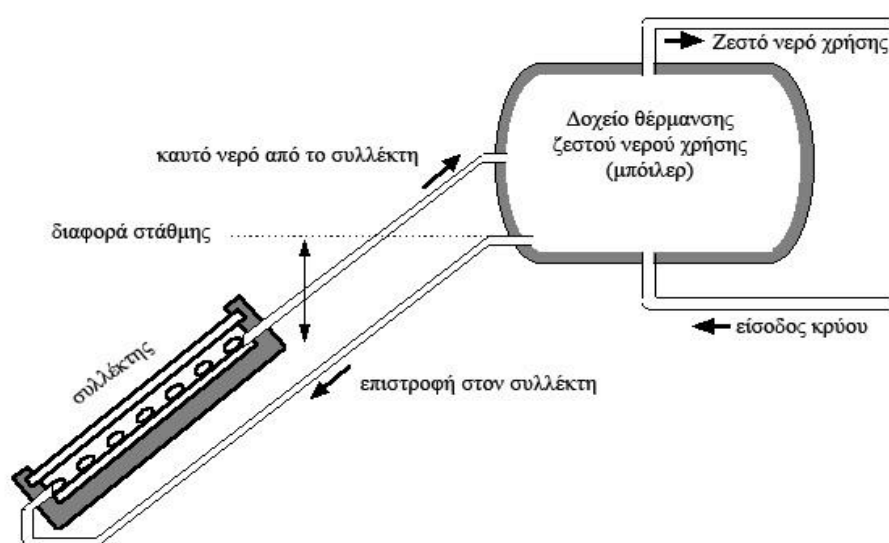
Η διαφορά τους είναι ότι ένα ενεργητικό σύστημα χρησιμοποιεί αντλία για την κυκλοφορία του υγρού μεταφοράς θερμότητας ενώ ένα παθητικό όχι.

Στα ενεργητικά συστήματα συναντάμε τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας, τα οποία χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τους συμπαγείς θερμαντήρες νερού και τα θερμοσιφωνικά συστήματα. Στην πρώτη κατηγορία, οι συμπαγείς θερμαντήρες νερού τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με τη διάφανη πλευρά προς τον ήλιο (νότιος προσανατολισμός). Ο συλλέκτης και το δοχείο συνδυάζονται με μια μονάδα. Το κρύο νερό διοχετεύεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής, ενώ, ζεστό νερό λαμβάνεται από την κορυφή. Έτσι υπάρχει κατανάλωση ζεστού νερού, η πίεση του νερού από το σπίτι κινεί ζεστό νερό από την κορυφή του ηλιακού συλλέκτη αφού κρύο νερό ωθείται στο κάτω μέρος (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Συμπαγείς θερμαντήρες νερού.

Στην δεύτερη κατηγορία ανήκει το πιο σύνηθες και απλό στο καταναλωτικό κοινό ηλιακό σύστημα, ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα ή δυο συλλέκτες και με δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία τοποθετείται ακριβώς πάνω από το ή τους συλλέκτες. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα (Σχήμα 1.2).



*Σχήμα 1.2 Θερμοσιφωνικό σύστημα.*

## 1.2 Συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, συστήματα ελέγχου και βαλβίδες για την κυκλοφορία του νερού ή των άλλων ρευστών μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Διακρίνονται σε δυο υποκατηγορίες: τα συστήματα ανοιχτού βρόχου και τα συστήματα κλειστού βρόχου. Η διαφορά τους βρίσκεται στην αρχή λειτουργίας τους: τα συστήματα ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούν αντλίες για την κυκλοφορία του νερού του δικτύου στους συλλέκτες. Αντίθετα τα συστήματα κλειστού βρόχου αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας

συνήθως από ένα μείγμα γλυκόζης και νερού μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα στα συστήματα κλειστού βρόχου μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές αποθήκευσης.

### **Συστήματα ανοιχτού βρόχου.**

Χρησιμοποιούνται σε θερμά, κυρίως, κλίματα όπου η πιθανότητα παγετού είναι ελάχιστη. Τις περισσότερες φορές το σύστημα περιλαμβάνει μια δεξαμενή με ηλεκτρικό θερμαντή περίπου 200 λίτρων και ένα συλλέκτη 3,5 -3,7m<sup>2</sup>. Η δεξαμενή αποθήκευσης χρησιμοποιείται, στην πλειονότητα, για αποθήκευση προθερμασμένου νερού που τροφοδοτεί έναν υπάρχοντα βοηθητικό θερμαντή νερού. Στην κορυφή του ηλιακού συλλέκτη υπάρχει χειροκίνητο ή αυτόματο εξάρτημα εξαερισμού για την απομάκρυνση του αέρα. Η αντλία (ένας μικρός κυκλοφορητής) μπορεί να τροφοδοτείται από ένα μικρό φωτοβολταϊκό στοιχείο 10Watt ή ακόμη από μια αντλία εναλλασσόμενου ρεύματος που ελέγχεται από έναν θερμοστάτη.

### **Συστήματα κλειστού βρόχου.**

Κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κλίματα με χαμηλές θερμοκρασίες. Το νερό που εισέρχεται κατευθύνεται στην δεξαμενή αποθήκευσης, αλλά ποτέ από τους συλλέκτες. Ένα μείγμα νερού και γλυκόζης (αντιψυκτικό υγρό) κυκλοφορεί από τους συλλέκτες σε σπειροειδή σωλήνωση στην δεξαμενή αποθήκευσης και στην συνέχεια αντλείται πίσω στους συλλέκτες. Το νερό θερμαίνεται μέσω της επαφής με τη σπειροειδή σωλήνωση του ζεστού νερού που έρχεται από το συλλέκτη μέσα στη δεξαμενή. Τέτοιου είδους συστήματα απαιτούν την ύπαρξη δοχείου διαστολής και κάποια ακόμη βοηθητικά στοιχεία για το γέμισμα, τη συντήρηση και την εξαέρωση του συστήματος.

## 2. Ηλιακοί συλλέκτες

Απαραίτητο εξάρτημα του συστήματος ηλιακής θέρμανσης, είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Πρακτικά είναι ένας εναλλακτής θερμότητας ο οποίος μετατρέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Η θερμοκρασία εξόδου του ρευστού από έναν ηλιακό συλλέκτη φτάνει μέχρι 100°C, για υψηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται συγκεντρωτικοί συλλέκτες.

### 2.1 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.

Ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης εκμεταλλεύεται την διάχυτη, άμεση και την ανακλώμενη από το έδαφος ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να χρειάζεται μόνο συντήρηση.

Τα βασικά στοιχεία που τον απαρτίζουν είναι:

- το κουτί: συχνά αποτελείται από γυαλί (ή διάφανες πλαστικό ή μεταλλικό πλαίσιο) και περιέχει όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του συλλέκτη και βασική χρήση του είναι η προστασία από εξωτερικούς παράγοντες
- η μόνωση στεγανοποίησης: αποτελείται από ελαστικό υλικό το οποίο χρησιμεύει στην στεγανότητα του συλλέκτη, εμποδίζοντας, έτσι, την εισροή του βρόχινου νερού, της υγρασίας και της σκόνης
- η θερμομόνωση: τοποθετείται στο πίσω μέρος και τα πλάγια ενός συλλέκτη. Μεγαλύτερο πάχος των 15cm για την πίσω πλευρά του συλλέκτη θεωρείται ικανοποιητική μόνωση
- η διάφανη επένδυση: τοποθετείται προς την μεριά που είναι εκτεθειμένη στον ήλιο. Είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του “φαινομένου του θερμοκηπίου” της απορρόφησης μέσα στον συλλέκτη, αφού επιτρέπει να περάσει μεγάλο μέρος της επικείμενης ηλιακής ακτινοβολίας και εμποδίζει την έξοδο της υπέρυθρης ακτινοβολίας που παράγει το στρώμα απορρόφησης
- το στρώμα απορρόφησης: το μέρος του συλλέκτη στο οποίο γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στην εσωτερική ενέργεια του υγρού, το οποίο πρέπει να βρίσκεται στο εσωτερικό του απορροφητή. Συνήθως προτιμάται το αλουμίνιο ή ο χαλκός γιατί είναι οι καλύτεροι μεταφορείς

θερμότητας

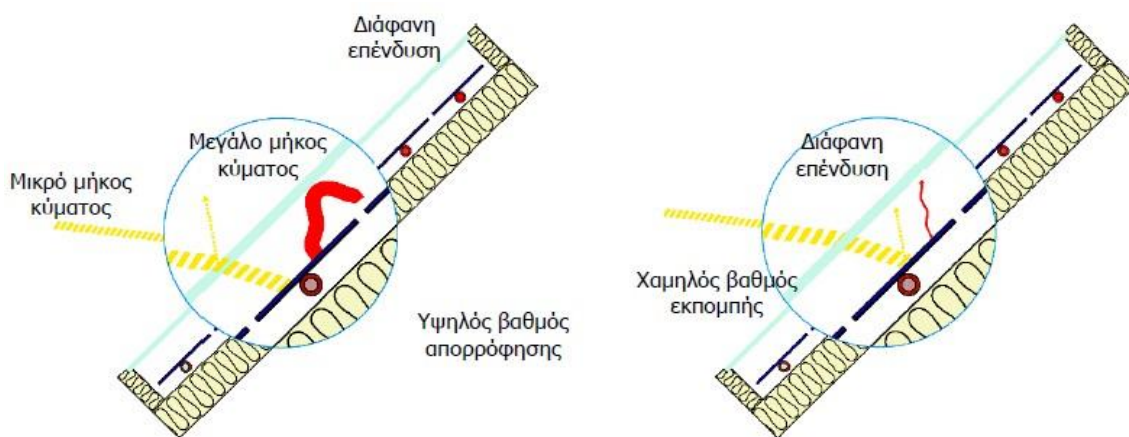
- το δίκτυο μεταφοράς του ρευστού: σωλήνες που είναι ενσωματωμένοι με την μαύρη απορροφητική επιφάνεια. Από εκεί περνά ο υγρός θερμομεταφορέας που μεταφέρει την ενέργεια που αποθηκεύεται στους συλλέκτες. Η απόσταση μεταξύ των σωλήνων είναι 100-120mm.

Η πιο απλή μορφή είναι ο συλλέκτης που κατασκευάζεται χωρίς διάφανη επένδυση και μόνωση και περιλαμβάνει στρώμα απορρόφησης από πλαστικό και τους σωλήνες. Εφαρμόζεται στη θέρμανση του νερού σε ανοιχτές κολυμβητικές δεξαμενές και για την προθέρμανση νερού οικιακής χρήσης. Βασικά χαρακτηριστικά του είναι το χαμηλό κόστος, οι μεγάλες θερμικές απώλειες και η μικρή συλλεγόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη: 250-300kWh/m<sup>2</sup>.έτος για ετήσια ηλιακή ακτινοβολία 1000 kWh/m<sup>2</sup>.έτος.

#### **Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.**

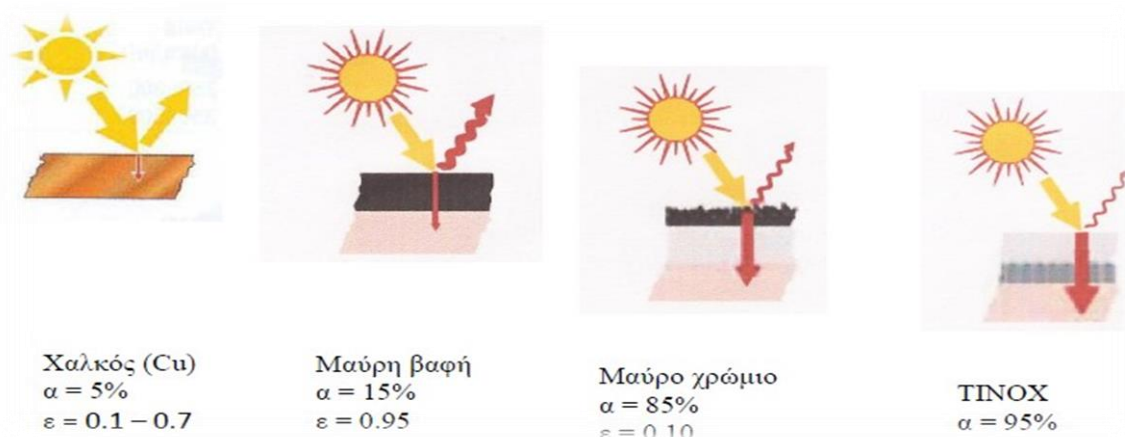
Η διάφανη επένδυση ενός συλλέκτη, είναι συνήθως γυαλί πάχους 3-4mm. Θα πρέπει να έχει μεγάλο συντελεστή διαπερατότητας  $\tau$ , να περάσει δηλαδή, το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, και μικρούς συντελεστές απορροφητικότητας  $\alpha$  και ανακλαστικότητα  $\rho$ , δηλαδή να απορροφά και να ανακλά το μικρότερο τμήμα της.

Το στρώμα απορρόφησης έχει την δυνατότητα να απορροφάει ηλιακή ακτινοβολία σε ποσοστό 98% με μήκη κύματος μικρότερα των 3mm και προκαλεί αύξηση θερμοκρασίας του, γύρω στους 200°C. Ως συνέπεια εκπέμπει με ένα συντελεστή εκπομπής  $\epsilon$  υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία έχει μήκη κύματος μεγαλύτερα των 3mm σε ποσοστό 99%. Βασική επιδίωξη είναι ο μεγάλος συντελεστής απορροφητικότητας  $\alpha$ , για τα μικρά μήκη κύματος και ο μικρός συντελεστής εκπομπής  $\epsilon$ , για τα μεγάλα μήκη κύματος (Σχήμα 2.1).



**Σχήμα 2.1 Απορρόφηση και εκπομπή**

Η επιφάνεια που έχει αυτές τις ιδιότητες ονομάζεται ως επιλεκτική. Συνήθως το στρώμα απορροφητή είναι κατασκευασμένο με επενδυμένο από βερνίκι μέταλλο ή από μια μαύρη ουσία υψηλού βαθμού απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο σχήμα 2.2 παρουσιάζονται ο μεγάλος και ο μικρός συντελεστής απορροφητικότητας επιλεκτικών επιφανειών.



**Σχήμα 2.2 Μεγάλος συντελ. απορροφητικότητας ( $\alpha$ ) και μικρός συντελ. απορροφητικότητας ( $\varepsilon$ ).**

Για την καλύτερη απόδοση του ηλιακού συλλέκτη απαιτείται η καλή επαφή των σωληνώσεων με το στρώμα απορρόφησης. Έτσι, εξασφαλίζεται η βέλτιστη μετάδοση θερμότητας στο υγρό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα σε αυτούς. Το υγρό πρέπει να έχει υψηλή θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα καθώς και χαμηλό ιξώδες. Το νερό χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές ως μέσο μεταφοράς



της θερμότητας, αφού αποτελεί υγρό με τις απαιτούμενες ιδιότητες. Όμως, λόγω των χημικών ιδιοτήτων του (πήξη στους 0°C και εξάτμιση στους 100°C) γίνεται προσθήκη προπυλενογλυκόζης σε ποσοστό 40% κατά βάρος με αποτέλεσμα να μειώνεται το σημείο πήξης του στους -23°C και το σημείο βρασμού του στους 150°C. Το πρόσθετο αυτό, είναι αντιπηκτικό, μειώνει τη θερμοχωρητικότητα και τη θερμική αγωγιμότητα, αυξάνει το ιξώδες και κάνει το νερό πιο διαβρωτικό επομένως είναι αναγκαία η προσθήκη ουσιών για την προστασία των σωλήνων από τη διάβρωση.

## 2.2 Ηλιακοί συλλέκτες κενού.

Αποτελούνται από λυχνίες με διπλό τοίχωμα και περιέχουν εσωτερικά τους σωλήνα με ειδικό θερμικό υγρό. Ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, υπάρχει ένα στρώμα θερμοαπορροφητικό υλικό, το οποίο απορροφά την ηλιακή ενέργεια, θερμαίνοντας έτσι το εσωτερικό της λυχνίας και κατ' επέκταση την εσωτερική σωλήνα που φέρει το θερμικό υγρό. Αφού η λυχνία ξεκινάει να θερμαίνεται, το θερμικό υγρό στη σωλήνα εξαερώνεται και ανεβαίνει στο υψηλότερο σημείο της σωλήνας μεταφέροντας ενέργεια από το κάτω μέρος της σωλήνας στο επάνω. Το επάνω μέρος της σωλήνας βρίσκεται βυθισμένο είτε στη μάζα του νερού χρήσης (Σχήμα 2.3) είτε μέσα στο νερό του κλειστού κυκλώματος (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.3



Σχήμα 2.4

Τα πλεονεκτήματα των ηλιακών συλλεκτών κενού είναι οι υψηλές θερμοκρασίες που επιτυγχάνουν, οι μειωμένες θερμικές απώλειες και η μικρότερη επιφάνεια εγκατάστασης σε σχέση με τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι οι υψηλές τιμές στεγανοποίησης, οι μεγάλοι σχηματισμοί ατμών κατά τη στεγανοποίηση και σε μια επιφάνεια σκεπής δεν επιτρέπεται ο εντοιχισμός τους.

### 2.3 Απώλειες ηλιακού συλλέκτη.

Οι απώλειες που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του ηλιακού συλλέκτη, χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Οπτικές απώλειες. Προκαλούνται μέσω της αντανάκλασης, όπου ανάλογα με την ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται, ο βαθμός αντανάκλασης μεταβάλλεται.
2. Θερμικές απώλειες. Παράγονται στην πρόσθια πλευρά του συλλέκτη και αποτελούν το 80% των συνολικών απωλειών.

Οι υπόλοιπες απώλειες παράγονται διαμέσου της οπίσθιας και πλαϊνής πλευράς του συλλέκτη, η οποία εξαρτάται από την μόνωση, την ταχύτητα του ανέμου και την θερμοκρασία.

### 2.4 Απόδοση ηλιακού συλλέκτη.

Ο έλεγχος της απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών γίνεται σύμφωνα με τα πρότυπα EN12975-1 του 2001, το EN12975-2 του 2002 και από την Ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης CEN. Η απόδοση υπολογίζεται στην επιφάνεια συσσώρευσης και στο άνοιγμα της επιφάνειας, οπότε είναι απαραίτητη η γνώση των διαστάσεων της επιφάνειας του συλλέκτη κατά τον υπολογισμό. Με κριτήρια τη μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας και του περιβάλλοντος η μεταβολή της απόδοσης δίνεται από τον τύπο:

$$\eta = \eta_0 - c_1 \cdot \frac{t_m - t_a}{G^*} - c_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G^*}$$

Όπου:

- $\eta_0$ : υπολογισμένη απόδοση σε  $t_m=t_a$
- $t_m$ : μέση θερμοκρασία υγρού μεταφοράς της θερμότητας του συλλέκτη
- $t_a$ : θερμοκρασία εξωτερικού χώρου
- $G^*$ : προσπίπτουσα ακτινοβολούσα ισχύς σε  $W/m^2$

## 2.5 Σύνδεση ηλιακών συλλεκτών.

Είναι απαραίτητο το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών να εξασφαλίζει σταθερή παροχή ρευστού μέσα σε κάθε συλλέκτη. Η σύνδεση πολλών συλλεκτών μεταξύ τους, αποτελεί μια συστοιχία. Τρόποι σύνδεσης:

- Σύνδεση σε σειρά: το υγρό μεταφοράς της θερμότητας περνάει από τον ένα συλλέκτη στον επόμενο, οπότε η συνολική παροχή είναι ίση με την παροχή του ενός συλλέκτη. Το βασικό μειονέκτημα είναι η σημαντική πτώση πίεσης του κυκλώματος λόγω της άθροισης των απωλειών όλων των συλλεκτών, κάτι που περιορίζει τον αριθμό σύνδεσης συλλεκτών σε μια συστοιχία σύνδεσης σε σειρά.
- Παράλληλη σύνδεση: απαιτείται όταν υπάρχουν περισσότεροι από δέκα επίπεδοι συλλέκτες ή τριάντα έξι σωλήνες. Οι συλλέκτες τοποθετούνται μεταξύ δυο σωλήνων, οι οποίοι εξασφαλίζουν την εισαγωγή-εξαγωγή του υγρού μεταφοράς της θερμότητας από τους συλλέκτες. Κάθε ένας συλλέκτης συνδέεται με τους σωλήνες στο πάνω και κάτω μέρος και όλα τα τμήματα έχουν το ίδιο μήκος. Για την εξασφάλιση της σταθερής παροχής του υγρού μεταφοράς της θερμότητας οι συλλέκτες έχουν την ίδια πτώση πίεσης. Το βασικό πλεονέκτημα είναι πως εξασφαλίζονται μεγάλες παροχές και μικρές απώλειες στο κύκλωμα συλλεκτών.
- Μικτή σύνδεση: η συστοιχία αποτελείται από έναν αριθμό κλάδων συνδεδεμένων παράλληλα μεταξύ τους, καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει ένα μικρό αριθμό πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά. Τέτοιου είδους σύνδεση εξασφαλίζει ομοιόμορφη παροχή σε κάθε συλλέκτη και χαμηλή πτώση πίεσης στο κύκλωμα. Κάθε κλάδος θα απομονώνεται, μέσω διακοπών, για τη καθορισμένη συντήρηση ή επισκευές.

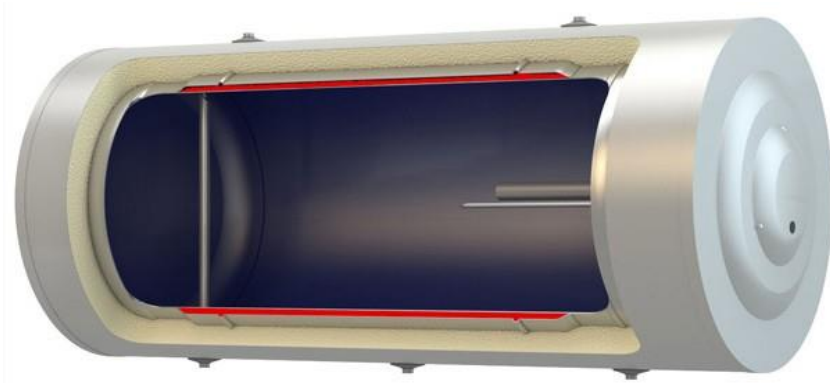
### 3. Συσσωρευτές ενέργειας (boiler).

Είναι πολύ σημαντικό η ενέργεια που παράγεται να συσσωρεύεται και κατά τη χρήση να μπορεί να ρυθμίζεται η προσφορά (ήλιος) και η ζήτηση (ζεστό νερό κατ' απαίτηση από το καταναλωτή). Ο ειδικός χώρος που αποθηκεύεται η απαιτούμενη ενέργεια είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι συσσωρευτές ενέργειας, κοινώς γνωστοί ως boiler. Η μόνωση του boiler είναι σημαντική στη διατήρηση της θερμοκρασίας του νερού που αποθηκεύεται μέσα στο boiler., γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον.

#### 3.1 Εναλλάκτες θερμότητας.

Η μεταφορά ενέργειας από τον ήλιο και από το δίκτυο θέρμανσης, γίνεται με τους εναλλάκτες θερμότητας. Συσκευές, δηλαδή, που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν τη θερμική ενέργεια μεταξύ δυο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας. Στα ηλιοθερμικά συστήματα όπου το ρευστό των ηλιακών συλλεκτών είναι διαφορετικό από το ρευστό του boiler, χρησιμοποιούνται οι εναλλάκτες έμμεσης επαφής. Βασικός σκοπός τους είναι η μεταφορά της θερμικής ενέργειας του ζεστού ρευστού των συλλεκτών στο κρύο ρευστό του boiler.

Ο καταλληλότερος τύπος εναλλάκτη για τη θέρμανση ενός τέτοιου δοχείου είναι ο μανδύας, ένα διπλό τοίχωμα από λαμαρίνα εσωτερικά του boiler, μέσα στο οποίο ρέει το νερό του κλειστού κυκλώματος που μεταφέρει την ενέργεια από το συλλέκτη στο boiler (Σχήμα 3.1). Ο μανδύας προσφέρει μεγάλη επιφάνεια εναλλαγής και είναι αρκετά απλός στην κατασκευή.



*Σχήμα 3.1 Εσωτερικός μανδύας boiler.*

### 3.2 Προστασία Boiler.

Το boiler χρειάζεται να έχει μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και να είναι ανθεκτικό στη διάβρωση, κυρίως λόγω των αλάτων, ειδάλλως μπορεί να καταστραφεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Μέθοδοι προστασίας:

- Αντισκωριακή βαφή: Θεωρείται ακατάλληλη για την σωστή προστασία του boiler αλλά προτιμάται λόγω του υψηλού κόστους των ορθών λύσεων. Για την αποφυγή παραπλάνησης από έμπορο συμβουλεύεται να κοιταχτεί ο ηλιακός θερμοσίφωνας ανοιχτός.
- Κατασκευή από ανοξείδωτο χάλυβα: ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι ένα υλικό με μεγάλη αντοχή στη διάβρωση, έχει όμως υψηλή ποιότητα κατασκευής. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι η χημική αντίδραση του στο χλώριο που χρησιμοποιείται στην αποστείρωση των δικτύων ύδρευσης. Συνήθως στα δίκτυα της πόλης δεν αποτελεί κίνδυνο παρά μόνο σε μέρη που η χλωρίωση δεν γίνεται σωστά. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στη χρήση του ανοξείδωτου χάλυβα στο εσωτερικό και όχι εξωτερικό του boiler.
- Επισμάλτωση: ως σμάλτο ορίζεται η γυάλινη επιφάνεια που δημιουργείται από την τήξη του υγρού σμάλτου πάνω σε μια χαλύβδινη επιφάνεια και έχουν ενωθεί. Είναι, ουσιαστικά, ένα μείγμα ανόργανων πυριτικών αλάτων, χημικά αδρανές, χωρίς επικίνδυνες χημικές ουσίες. Στην υγρή του μορφή είναι υδατοδιαλυτό και φτάνει στην τελική του μορφή με ψήσιμο σε υψηλές θερμοκρασίες. Θεωρείται ιδανική μέθοδος προστασίας boiler, λόγω της μέγιστης αντοχής στη διάβρωση και την χαμηλότερη τιμή σε σχέση με τον ανοξείδωτο χάλυβα .

#### 4. Σωληνώσεις.

Η μεταφορά του υγρού από τους ηλιακούς συλλέκτες στο boiler, γίνεται μέσω σωληνώσεων κατάλληλων διαστάσεως ικανών, ώστε να μεταφέρουν την παραγόμενη ενέργεια. Προτίμηση δίνεται στο χαλκό, χάλυβα ή ανοξείδωτο χάλυβα για τις ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις. Η διάμετρος των σωληνώσεων διαστασιολογείται ανάλογα την επιλεγθείσα ροή. Η εσωτερική διάμετρος υπολογίζεται από το τύπο:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot G_c \cdot A_c}{\pi \cdot \rho \cdot v}} \text{ [m]}$$

Όπου:

- $G_c$ : παροχή μάζας υδατικού διαλύματος ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας συλλέκτη ( $\text{kg/s} \cdot \text{m}^2$ )
- $A_c$ : επιφάνεια συλλέκτη ( $\text{m}^2$ )
- $\rho$ : πυκνότητα υδατικού διαλύματος ( $\text{kg/m}^3$ )
- $v$ : ταχύτητα ροής υδατικού διαλύματος ( $\text{m/s}$ )

#### 4.1 Πολυστρωματικοί σωλήνες.

Οι πολυκομματικοί σωλήνες αποτελούνται από πέντε στρώματα:

- ✓ Εξωτερικό στρώμα: σωλήνας από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο
- ✓ Ενδιάμεσο στρώμα: σωλήνας από φύλλο αλουμινίου κολλημένο κατά μήκος
- ✓ Δυο στρώματα κόλλας: δυο στρώσεις κόλλας για να κολλήσει ο σωλήνας αλουμινίου με τον εσωτερικό και εξωτερικό σωλήνα δικτυωμένου πολυαιθυλενίου
- ✓ Εσωτερικό στρώμα: σωλήνας από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο.

Οι πολυστρωματικοί σωλήνες συνδυάζουν τους μεταλλικούς σωλήνες με τους πλαστικούς σωλήνες. Τα μειονεκτήματα ενός μεταλλικού σωλήνα, όπως η διάβρωση

και η οξύτητα, και τα μειονεκτήματα ενός πλαστικού σωλήνα, όπως η αστάθεια και η υψηλή θερμική διαστολή εξαλείφονται από τους πολυστρωματικούς σωλήνες.

### **Τεχνικά χαρακτηριστικά πολυστρωματικών σωληνώσεων.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πολυστρωματικών σωληνώσεων είναι:

- Αντοχή στις κρούσεις με αιχμηρά αντικείμενα, στη διάβρωση και στις επικαθήσεις: το εσωτερικό στρώμα των πολυστρωματικών σωληνώσεων δεν επηρεάζεται από τη διάβρωση και δεν επιτρέπει τη δημιουργία επικαθήσεων. Επίσης, η επιφάνεια των σωληνώσεων δεν διαβρώνεται και δεν δημιουργούνται σκουριές, άλατα και διάβρωση από ηλεκτρόλυση. Η ιδιότητα του πολυαιθυλενίου να είναι ανθεκτικό στις κρούσεις με αιχμηρά αντικείμενα, προστατεύει ιδιαίτερα τις γωνίες που είναι επιρρεπής σε γδαρσίματα, που οφείλονται σε ακαθαρσίες που περιέχονται στο νερό.
- Υγιεινή: τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σωληνώσεων είναι μη τοξικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις πόσιμου νερού.
- Αντίδραση στη φωτιά: λόγω του εσωτερικού στρώματος από αλουμίνιο, οι σωληνώσεις δεν καίγονται εύκολα. Η πυκνότητα του καπνού που παράγεται είναι χαμηλή και οι εκπομπές που δημιουργούνται δεν είναι τοξικές.
- Μηχανική συμπεριφορά: όταν ο σωλήνας καμφθεί, παραμένει στην επιθυμητή θέση όπως ένας μεταλλικός σωλήνας. Με αυτό το τρόπο είναι δυνατή η προετοιμασία διαφόρων τμημάτων σωλήνα με προσυναρμοσμένα εξαρτήματα και η μετέπειτα μεταφορά τους στο χώρο της εγκατάστασης. Η ευκαμψία αυτή, επιτρέπει τη δημιουργία καμπύλων με πολύ μικρές ακτίνες.
- Χρονική διάρκεια: τα υλικά που χρησιμοποιούνται έχουν μεγάλη αντοχή στη γήρανση, εφόσον χρησιμοποιηθούν στις πιέσεις και τις θερμοκρασίες που υποδεικνύονται.
- Απορρόφηση θορύβου: το εσωτερικό και εξωτερικό στρώμα των σωληνώσεων μειώνουν τους θορύβους, οι οποίοι δεν απορροφούνται από τους μεταλλικούς σωλήνες.

➤ Επιμήκυνση:

<u>ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ</u>	
Τύπος σωλήνα	Επιμήκυνση σωλήνα σε mm για σωλήνα 10m με $\Delta t=50^{\circ}\text{C}$
Πολυστρωματικός σωλήνας	13
Γαλβανισμένος σωλήνας	6
Ανοξείδωτο ατσάλι	8,3
Χαλκός	8,3
Πλαστικό	60-90

- Ομαλότητα: το εσωτερικό στρώμα του σωλήνα έχει λεία επιφάνεια με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η επικάθηση αλάτων και ιζημάτων σκουριάς. Οι απώλειες φορτίου είναι έτσι, πολύ χαμηλές και παραμένουν αμετάβλητες στο χρόνο.
- Στεγανότητα στο οξυγόνο: το στρώμα αλουμινίου του σωλήνα δημιουργεί ένα φράγμα στα μόρια του αέρα αποτρέποντας τους κινδύνους από τη διάβρωση λόγω της εισροής οξυγόνου και προστατεύει από την έκθεση στις υπεριώδεις ακτίνες.
- Χαμηλή θερμική απώλεια: η θερμική απώλεια είναι περίπου 900 φορές χαμηλότερη από αυτή του χαλκού.



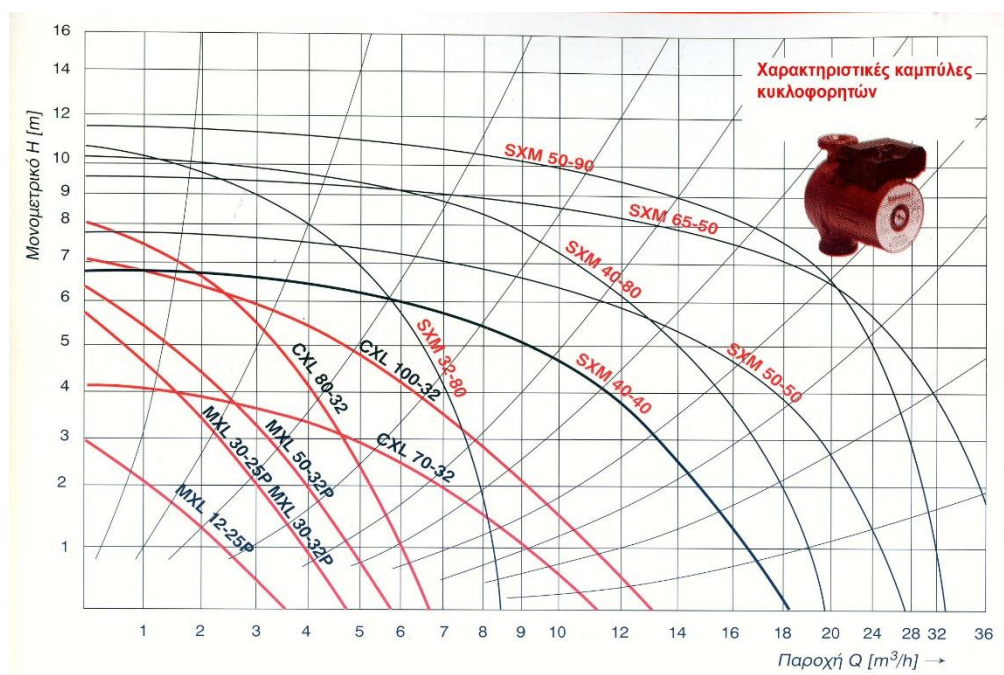
## 5. Κυκλοφορητής.

Πρόκειται για την αντλία που εξασφαλίζει την κυκλοφορία του υγρού στο κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών. Γίνεται εκκίνηση της λειτουργίας του όταν η θερμοκρασία του υγρού στο πάνω μέρος των συλλεκτών, είναι μεγαλύτερη κατά καθορισμένους βαθμούς από τη θερμοκρασία του υγρού στο κάτω μέρος του boiler. Για τη χρήση του σε ηλιοθερμικά συστήματα απαιτείται να διαθέτει τρία βασικά χαρακτηριστικά:

1. Δυνατότητα λειτουργίας σε θερμοκρασίες 100 -120°C.
2. Μεγάλη παροχή με μικρό μανομετρικό ύψος.
3. Συμβατότητα με το υγρό.

Αποτελούν σημαντικό κομμάτι όχι μόνο στα ηλιακά συστήματα για τη μεταφορά ζεστού νερού από τους συλλέκτες στο boiler, μπορούν να βρουν εφαρμογή και στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης βεβιασμένης κυκλοφορίας, σε βιομηχανίες για κυκλοφορία διάφορων υγρών και σε ανακυκλοφορία ζεστού νερού χρήσης. Ειδικοί κυκλοφορητές βρίσκονται και σε εγκαταστάσεις κλιματισμού με νερό. Στις περιπτώσεις αυτές η περιέλιξη του μοτέρ είναι προστατευμένη μέσα σε συνθετικό υλικό για την αποφυγή συμπτκνώσεων στο περίβλημα του στάτη.

Για την επιλογή τους, κύριοι παράγοντες είναι το μανομετρικό (η πίεση στην έξοδο του κυκλοφορητή) και η παροχή που απαιτείται. Η επιλογή γίνεται από τα διαθέσιμα διαγράμματα που παρέχουν οι κατασκευαστές (Σχήμα 5.1.).



Σχήμα 5.1

## **5.1 Υδραυλική σύνδεση.**

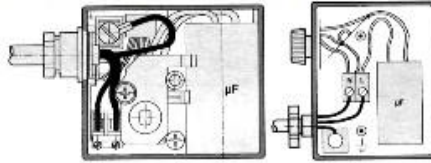
Οι κυκλοφορητές συνδέονται στο δίκτυο με ρακόρ όταν η διάμετρος των στομιών τους είναι μικρότερη από 1 1/2", για μεγαλύτερη διάμετρο η σύνδεση γίνεται μέσω φλαντζών. Κατά την τοποθέτηση ο άξονας του κινητήρα πρέπει να είναι οριζόντιος και το κουτί των ηλεκτρικών στην πάνω πλευρά ή στο πλάι, για την εξαέρωση. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται το σημείο τοποθέτησης του κυκλοφορητή ώστε να μην γίνεται συγκέντρωση αέρα. Ο άξονας πρέπει να είναι οριζόντιος για να γίνεται εξαέρωση και οι δυνάμεις στα έδρανα του να είναι ακτινικές. Πριν την εκκίνηση πρέπει να έχει γίνει εξαέρωση του κυκλοφορητή από τη βίδα στο πίσω μέρος του κινητήρα.

## **5.2 Ηλεκτρική σύνδεση.**

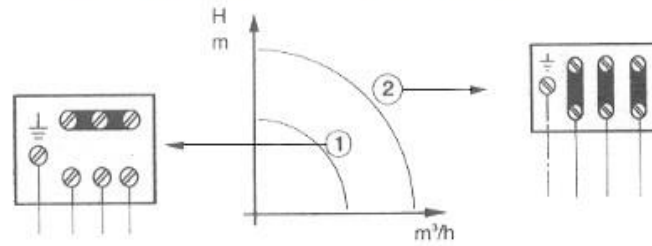
Σε περίπτωση που το ακροκιβώτιο σε μια ηλεκτρική σύνδεση είναι κάτω από τον κινητήρα, επιβάλλεται να βγουν οι αλενόβιδες που συγκρατούν τον κινητήρα πάνω στην αντλία και να ξανατοποθετηθεί με το ακροκιβώτιο στην πάνω μεριά. Οι κυκλοφορητές ανάλογα με το μέγεθος τους χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Οι μικροί είναι μονοφασικοί και δεν χρειάζονται θερμική προστασία ενώ οι μεγάλοι είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί και συνήθως έχουν για θερμική προστασία διμεταλλικούς διακόπτες ενσωματωμένους στην περιέλιξη. Οι διακόπτες συνδέονται σε σειρά με το πηνίο του ρελε από το οποίο τροφοδοτείται ο κυκλοφορητής με ηλεκτρική ενέργεια. Όταν απουσιάζουν είναι αναγκαία η χρήση θερμικού προστασίας (Σχήμα 5.2).

Οι τριφασικοί σωλήνες κατά την εκκίνηση χρειάζονται έναν έλεγχο της φοράς περιστροφής ξεβιδώνοντας τη βίδα εξαέρωσης και τοποθετώντας στην οπή ένα κατσαβίδι. Σε περίπτωση που δεν γυρίζει σύμφωνα με τη φορά που υποδεικνύει το βέλος που φέρει ο κυκλοφορητής σε εμφανές σημείο χρειάζονται αλλαγή δυο από τις τρεις φάσεις. Μερικοί κατασκευαστές τοποθετούν ενδεικτικές λυχνίες στους τριφασικούς κυκλοφορητές για τη σωστή φορά περιστροφής.

### Σύνδεση μονοφασικού κυκλοφορητή



### Συνδέσεις τριφασικών κυκλοφορητών



1. Σύνδεση αστέρα, η απόδοση του κυκλοφορητή είναι μειωμένη.
2. Σύνδεση τριγώνου, ο κυκλοφορητής αποδίδει κανονικά όλη την ισχύ του.

Σχήμα 5.2

## 6. Δοχείο διαστολής

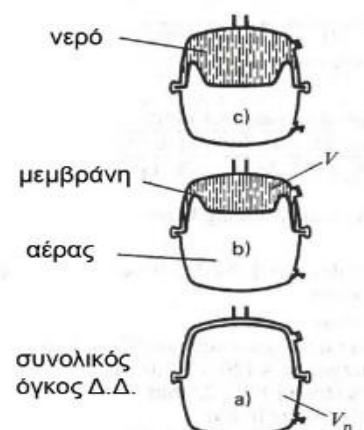
Το υγρό που κυκλοφορεί στις εγκαταστάσεις υπόκειται σε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές όταν η εγκατάσταση τίθεται εντός και εκτός λειτουργίας. Λόγω των διαφορών αυτών το υγρό διαστέλλεται και συστέλλεται με αποτέλεσμα την προσαύξηση του όγκου του. Το δοχείο διαστολής έχει σκοπό να δέχεται την αύξηση όγκου όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς της ενέργειας. Οι συντελεστές διαστολής όγκου του υγρού για την ανάλογη θερμοκρασία παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

$\theta$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	$^{\circ}\text{C}$
$\pi$	0,4	0,75	1,17	1,67	2,24	2,86	3,55	4,31	5,11	5,99	%

Πίνακας 6.1.

Όταν η εγκατάσταση είναι κλειστή και έχει σταθερό όγκο, τότε το υγρό δεν μπορεί να διασταλεί και αντί να αυξάνεται ο όγκος του, αυξάνεται η πίεση του. Για να διατηρηθεί στο σύστημα η πίεση σταθερή απαιτείται επιπλέον όγκος για το υγρό. Για την επίτευξη αυτού, υπάρχουν δυο τρόποι:

1. Ανοικτό δοχείο διαστολής: είναι μια δεξαμενή από γαλβανισμένη λαμαρίνα που τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης. Το δοχείο διαστολής με την χρήση μηχανικού φλοτεροδιακόπτη συνδεδεμένου με γραμμή ύδρευσης στο δώμα, είναι μονίμως γεμάτο με νερό. Στο κάτω μέρος της δεξαμενής καταλήγει η σωλήνα πλήρωσης της εγκατάστασης, που κατεβαίνει κατακόρυφα μέχρι το λεβητοστάσιο και συνδέεται στη σωλήνα της επιστροφής στη χαμηλή πίεση. Για την σωστή εγκατάσταση του ανοικτού δοχείου διαστολής επιβάλλεται η κατασκευή σωλήνας εκτόνωσης, που ξεκινά μετά το λέβητα και λειτουργεί ως ασφαλιστικό, εκτόνωση πίεσης και εξαέρωση. Η χρήση ανοικτού δοχείου προκαλεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και νερού.
2. Κλειστό δοχείο διαστολής: πρόκειται για κλειστά μεταλλικά δοχεία που διαιρούνται σε δυο όγκους, έναν κλειστό γεμάτο με



αέρα και έναν ανοικτό που τους διαχωρίζει μια ελαστική μεμβράνη. Ξεκινώντας, σε κατάσταση ηρεμίας η πίεση του αέρα στο κλειστό διαμέρισμα του δοχείου, πιέζει τη μεμβράνη στα τοιχώματα του δοχείου και το δοχείο είναι γεμάτο με αέρα. Μετά την πλήρωση του δικτύου με νερό, η πίεση του υγρού πιέζει τη μεμβράνη και γεμίζει μέρος του δοχείου με νερό. Στη συνέχεια, όταν το νερό της εγκατάστασης θερμανθεί και διασταλεί, πιέζει τη μεμβράνη ακόμα περισσότερο προς τη μεριά του αέρα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο όγκος του νερού στο δοχείο. Με τον τρόπο αυτό η πίεση του δικτύου μένει σταθερή και η συστολοδιαστολή του νερού παραλαμβάνεται στο δοχείο διαστολής.

Τα δοχεία διαστολής έχουν τυποποιημένα μεγέθη (8lt, 12lt, 18lt, 25lt, 33lt κ.α). Με υπολογισμένο το ελάχιστο απαιτούμενο όγκο  $V_{min}$  επιλέγεται το κατάλληλο μέγεθος δοχείου διαστολής με όγκο ίσο ή και μεγαλύτερο. Ο ελάχιστος όγκος του δοχείου διαστολής υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$V_{min} = V \cdot \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{in}} [lt]$$

Όπου,

$V[lt]$ : ο χρήσιμος όγκος του δοχείου διαστολής

$P_{max}[bar]$ : η μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος

$P_{in}[bar]$ : η αρχική πίεση του συστήματος.

Ο **χρήσιμος όγκος του δοχείου διαστολής** υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = V_c + 0,1 \cdot V_s [lt]$$

Όπου,

$V_c[lt]$ : ο όγκος πλήρωσης των ηλιακών συλλεκτών

$V_s[lt]$ : ο όγκος πλήρωσης του συστήματος.

Η **μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος** πρέπει να είναι μικρότερη από 0,3bar από την ονομαστική πίεση της βαλβίδας ασφαλείας:

$$P_{\max} = P_{SS} - 0,3, [\text{bar}]$$

Όπου,

$P_{SS}[\text{bar}]$ : η ονομαστική πίεση της βαλβίδας ασφαλείας.

Η **αρχική πίεση του συστήματος** πρέπει να είναι το λιγότερο 0,5bar στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης:

$$P_{\text{in}} = (0,5 - 3) + P_{\Sigma}, [\text{bar}]$$

Όπου,

$P_{\Sigma}[\text{bar}]$ : η στατική πίεση του δοχείου διαστολής.

## 7. Βαλβίδα ασφαλείας και εξαερισμός.

### 7.1 Βαλβίδα ασφαλείας.

Όλα τα εξαρτήματα των εγκαταστάσεων θέρμανσης έχουν ένα πιστοποιημένο από τον κατασκευαστή όριο αντοχής σε πίεση. Σε περίπτωση κλειστού δοχείου διαστολής υπάρχει κίνδυνος να ανέβει η πίεση του δικτύου πάνω από τα προτεινόμενα όρια. Για την προστασία της εγκατάστασης από τέτοιους κινδύνους είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μιας βαλβίδας ασφαλείας.

Πρόκειται για ένα όργανο που εκκενώνει μια ποσότητα ατμού από το κύκλωμα σε περίπτωση υπερπίεσης, ώστε η πίεση να επανέρχεται στο όριο ασφαλείας. Δεν επιδέχεται ρύθμιση και λειτουργεί στην ονομαστική πίεση. Μέχρι την ονομαστική της πίεση παραμένει κλειστή, όταν η πίεση του δικτύου ξεπεράσει την ονομαστική, η βαλβίδα ανοίγει αυτόματα και επιτρέπει την έξοδο μιας ποσότητας νερού από το σύστημα. Τοποθετείται στην σωλήνα προσαγωγής του δικτύου κοντά στον λέβητα. Σε περίπτωση εγκατάστασης συστοιχιών ηλιακών συλλεκτών σε παράλληλους κλάδους, απαιτείται μια βαλβίδα για κάθε κλάδο και μια κεντρική βαλβίδα σε χαμηλότερη θέση. Η επιλογή της βαλβίδας ασφαλείας γίνεται σύμφωνα με τον πίνακα 7.1, ανάλογα με την ισχύ του λέβητα.



Μέχρι 50,000	1/2"
Από 50,000 έως 90,000	3/4"
Από 90,000 έως 180,000	1"
Από 180,000 έως 300,000	1 1/4"
Από 300,000 έως 500,000	1 1/2"
Από 500,000 έως 700,000	2"

*Πίνακας 7.1*

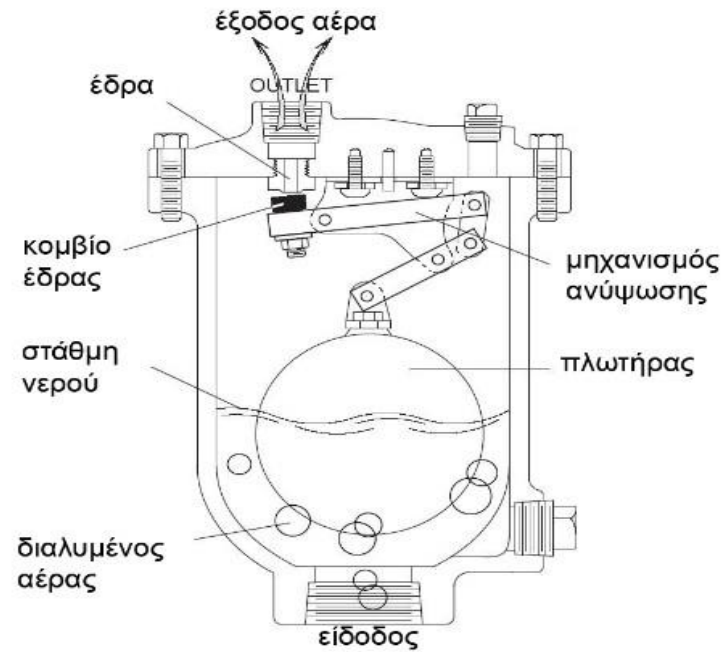
## 7.2 Εξαερισμός

Ένα σύνηθες φαινόμενο είναι η συσσώρευση αέρα σε διάφορα σημεία του συστήματος θέρμανσης. Ο αέρας αυτός εγκλωβίζεται είτε κατά το αρχικό γέμισμα του δικτύου είτε στη συνέχεια λόγω μείωσης της πίεσης του νερού στο δίκτυο και η συσσώρευση του έχει μια σειρά από αρνητικές επιπτώσεις, όπως:

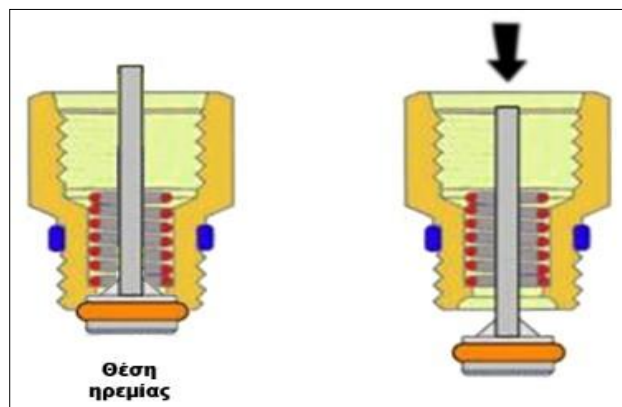
- ✦ Το οξυγόνο του αέρα αντιδρά με τα χαλύβδινα στοιχεία της εγκατάστασης με αποτέλεσμα να τα οξειδώνει.
- ✦ Ο αέρας εμποδίζει την ελεύθερη κυκλοφορία του υγρού στο δίκτυο με αποτέλεσμα την μείωση της μετάδοσης θερμότητας από τον λέβητα στα σώματα.
- ✦ Η μεγάλη συσσώρευση αέρα μπορεί να διακόψει έναν ή και περισσότερους κλάδους εντελώς με αποτέλεσμα την μη θέρμανση τους.

Μεγάλο ποσοστό του συσσωρευμένου αέρα απομακρύνεται από το σύστημα μέσω ειδικών οργάνων, τα εξαεριστικά. Πρόκειται για διατάξεις που διαθέτουν ένα πλωτήρα ο οποίος οδηγεί ένα βελονοειδές έμβολο με το οποίο φράσσεται μια μικρή οπή από την οποία αφαιρείται ο εγκλωβισμένος αέρας. Ο πλωτήρας βρίσκεται σε κλειστό χώρο που συνδέεται με το νερό της εγκατάστασης και η θέση του καθορίζεται από τη στάθμη του νερού. Όταν η εγκατάσταση δεν περιέχει αέρα η στάθμη του νερού στο δοχείο του εξαεριστικού είναι ψηλά και έτσι ο πλωτήρας πιέζει το έμβολο που φράζει την οπή με αποτέλεσμα να παραμένει κλειστή. Την στιγμή εμφάνισης αέρα στο δίκτυο η στάθμη του νερού κατεβαίνει και ο πλωτήρας ανοίγει την οπή ώστε να φύγει ο συσσωρευμένος αέρας. Ο αέρας απομακρύνεται από το δίκτυο μέχρι η στάθμη του νερού να ανυψωθεί και η οπή να κλείσει (Σχήμα 7.2.1 και σχήμα 7.2.2)





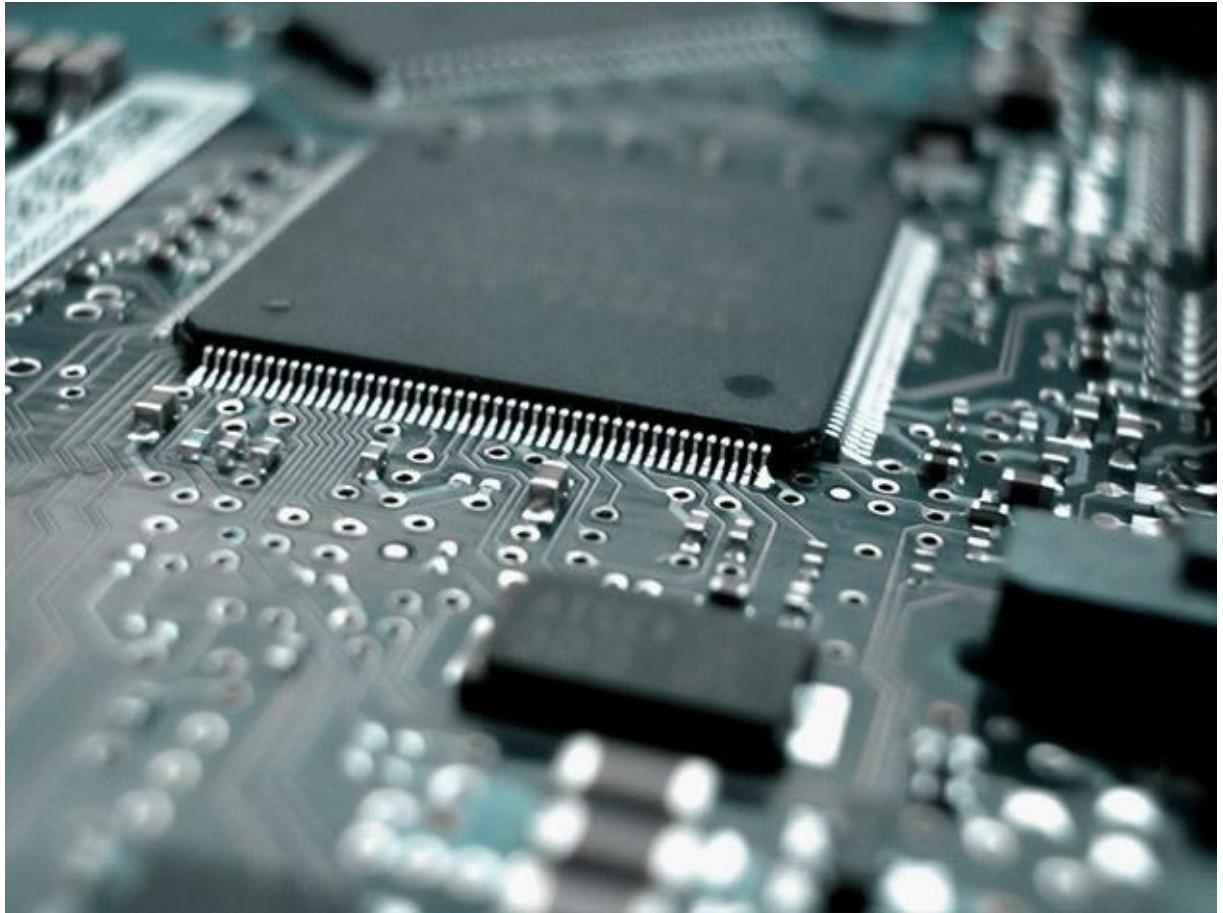
Σχήμα 7.2.1



Σχήμα 7.2.2

Τα εξαεριστικά θεωρούνται ευαίσθητες συσκευές ιδίως στις επικαθίσεις βρωμιάς στην έδρα της βαλβίδας. Για το λόγο αυτό συνίσταται τακτικός έλεγχος σε κάθε συντήρηση και αντικατάσταση σε τυχόν δυσλειτουργίες ή διαρροές νερού.

## ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ



## 8. Τι είναι ο μικροελεγκτής;

Πρόκειται ουσιαστικά μία παραλλαγή του μικροεπεξεργαστή, ο οποίος λόγω των διάφορων ενσωματωμένων υποσυστημάτων που έχει ,μπορεί και λειτουργεί με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα. Ευρεία χρήση μικροελεγκτών συναντάμε σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου (embedded systems) σχετικά χαμηλού και μεσαίου κόστους.

Όπως για παράδειγμα σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικές φορητές συσκευές (από κινητά τηλέφωνα, παιχνιδιομηχανές , ρομποτικά συστήματα, όργανα μετρήσεων κ.α.) Σε ηλεκτρικές συσκευές (όπως ψυγεία, κλιματιστικά, επαγγελματικές καφετιέρες κ.α.)

Σε κάθε είδους αυτοκινούμενα οχήματα και πιο συγκεκριμένα:

Στους εγκεφάλους όλων των αυτοκινήτων για την λειτουργία των κινητήρων, στο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (ABS), στην κεντρική μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας (ESP) κ.α.

### 8.1 Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές στα μη ενσωματωμένα συστήματα (π.χ. στους προσωπικούς, σταθερούς ή φορητούς , υπολογιστές), μέγιστη σημασία δίνεται στην υπολογιστική ισχύ. Η ικανότητα ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα του συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά (κάρτα γραφικών, μνήμες κ.α.) τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή-CPU), η οποία δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρία αυτά.

Στους μικροελεγκτές όμως που προορίζονται για ενσωματωμένα συστήματα , οι οποίοι έχουν σημαντικά περιορισμένες δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, η ευελιξία τους είναι περιορισμένη, όπως και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές γενικός ,δίνουν έμφαση στο μικρό

αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία μιας συσκευής, το περιορισμό του κόστους και την εξειδίκευση.

Πιο αναλυτικά λοιπόν, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

---

- Το εξαιρετικά χαμηλό κόστος.
- Η Αξιοπιστία, λόγω των περιορισμένων διασυνδέσεων που διαθέτουν.
- Η αυτονομία, λόγω των ενσωματωμένων περιφερειακών υποσυστημάτων που διαθέτουν (π.χ. μνήμες και θύρες επικοινωνίας). Για τον λόγο αυτό οι περισσότεροι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον ολοκληρωμένα κυκλώματα για να λειτουργήσουν.
- Πληθώρα ακροδεκτών για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (με βάση το μέγεθος του ολοκληρωμένου κυκλώματος).  
Λόγω των ενσωματωμένων περιφερειακών υποσυστημάτων που διαθέτουν δεν δεσμεύονται ακροδέκτες του μικροελεγκτή για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- Περιορισμένο μέγεθος του συνολικού υπολογιστικού συστήματος.
- Ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών. Λόγω της ενσωμάτωσης περιφερειακών και των απλούστερων διασυνδέσεων. Αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό στην κατανάλωση ισχύος, βελτιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ένας μικροελεγκτής.

- Εξαιρετικά μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Αυτό το πλεονέκτημα προκύπτει από τον περιορισμένο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων και από τις χαμηλότερες συχνότητες λειτουργίας.

Στους μικροελεγκτές καθώς και στους μικροεπεξεργαστές δεν συναντάμε σημαντικές διαφορές στην αρχιτεκτονική τους.

Μια κύρια διαφορά είναι ότι στους μικροελεγκτές απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, ενώ στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συναντάμε κυρίως την ενιαία διάταξη μνήμης τύπου Von Neumann.

## **8.2 Συνήθη υποσυστήματα.**

Σε ένα μικροεπεξεργαστή εμπεριέχεται:

- *Αριθμητική και Λογική Μονάδα (ALU).*
- *Καταχωρητές (registers)*
- *Προσωρινή μνήμη (RAM) υψηλής ταχύτητας (cache memory)*
- *Ελεγκτή μνήμης (memory controller).*

Όμως, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος.

Τέτοιου είδους υποσυστήματα είναι:

- *Η μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (EEPROM ή NVRAM). Η μνήμη αυτή μπορεί να γράφεται στον πυρήνα του μικροελεγκτή.*

- Κύκλωμα αρχικής επαναφοράς ή αρχικοποίησης (reset).
- Διαχειριστής αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller).
- Η μνήμη τυχαίας προσπέλασης(RAM).
- Η μνήμη του προγράμματος (τύπου FLASH , EPROM,ROM κ.α.) στην οποία εμπεριέχεται το λογισμικό του χρήστη. Μετά την εγγραφή της, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, ώστε να αποτραπεί η αντιγραφή του περιεχομένου της από τρίτους.
- Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση επιπλέον εξωτερικών μνημών ή άλλων περιφερειακών με παράλληλη σύνδεση στην αρτηρία δεδομένων (bus) του επεξεργαστή.
- Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας (watchdog timer). Το κύκλωμα αυτό προχωρά στην αρχικοποίηση του συστήματος, στην περίπτωση που εμφανιστούν σημάδια δυσλειτουργίας, λόγω κολλήματος (hang).
- Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας (brown-out detection) Το κύκλωμα αυτό επιτηρεί την τροφοδοσία και σε περίπτωση που πέσει κάτω από κάποιο όριο προχωρά στην αρχικοποίηση ολόκληρου του συστήματος, για να αποφύγει την πιθανότητα αλλοίωση των δεδομένων.
- Χρονιστές - απαριθμητές υψηλής συχνότητας (hardware timer-counter) για την λειτουργία ακριβούς χρονισμού όπως την μέτρηση διάρκειας γεγονότων, την δημιουργία καθυστερήσεων, την απαρίθμηση γεγονότων.
- Έναν τοπικό ταλαντωτή για την παροχή παλμών χρονισμού (clock). Τα κυκλώματα αυτά είναι κυκλώματα με πηνίο L ή κρύσταλλο Q και πυκνωτή C.
- Το ρολόι πραγματικού χρόνου (Real Time Clock, RTC). Τροφοδοτείται από μπαταρία και για αυτόν τον λόγο πρέπει να έχει ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση.

- Ψηφιακές εισόδους και εξόδους (Parallel Input-Output, PIO) αλλά και αναλογικές εισόδους (Analog Input).

Σε γενικά πλαίσια όλοι οι μικροελεγκτές ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά υποσυστήματα. Οι κύριες διαφοροποιήσεις είναι στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος καθώς και στο είδος της.

Έτσι, συναντάμε 3 κύριες κατηγορίες μικροελεγκτών:

- Μικροελεγκτές με μνήμη FLASH. Είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Η μνήμη FLASH μπορεί συνήθως να προγραμματιστεί και να επαναπρογραμματιστεί πολλές φορές. Συχνά υπάρχει και η δυνατότητα ο προγραμματισμός της μνήμης να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης εφαρμογής (ονομάζεται δυνατότητα In Circuit Programming).
- Μικροελεγκτές με μνήμη ROM. Ο συγκεκριμένος τύπος κατασκευάζεται με το λογισμικό του ή προγραμματίζεται μόνο μια φορά (One Time Programmable). Συνήθως αγοράζονται σε μεγάλες ποσότητες για την μαζική παραγωγή προϊόντων λόγω του χαμηλού κόστους.
- Μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος. Ο συγκεκριμένος τύπος ονομάζεται και *rom-less*. Διαθέτουν πάντα μια παράλληλη σύνδεση (bus) δεδομένων, στην οποία συνδέονται οι εξωτερικές μνήμες προγράμματος και ram. Ο συγκεκριμένος τύπος μικροελεγκτή προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, όπου είναι απαραίτητες μεγάλες ποσότητες μνήμης.

### 8.3 Πρόσθετες λειτουργίες Μικροελεγκτών.

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί και να εμπεριέχει:

- Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής (Floating Point Processing Unit).  
Η συγκεκριμένη μονάδα είναι πιο γρήγορη από την αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) του επεξεργαστή. Αυτές οι μονάδες είναι ένα χαρακτηριστικό των μικροελεγκτών και διαθέτουν δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing).
- Ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
- Υποσυστήματα για την υποστήριξη από υλικολογισμικό (firmware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας (π.χ. CAN, HDLC, ISDN, ADSL)
- Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (όπως το Ethernet).
- Εισόδους μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter).
- Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων ή ακόμα και οθόνη επαφής (γνωστή και ως LCD-Touch LCD).
- Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog converter,).
- Υποσύστημα προγραμματισμού επάνω στο κύκλωμα (τύπου ISP). Με το συγκεκριμένο κύκλωμα, δίνεται η δυνατότητα επαναπρογραμματισμού της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (όπως η RS232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο (μέσω Ethernet). Η συγκεκριμένη δυνατότητα απαιτεί την προϋπαρξη ενός λογισμικού υποδοχής (bootstrap) μέσα



στη μνήμη προγράμματος.

- Υποσύστημα προγραμματισμού (τύπου ISP) και διάγνωσης με βάση, συνήθως, το καθιερωμένο πρότυπο JTAG. Με αυτό το πρότυπο, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να είναι απαραίτητο κάποιο πρόγραμμα υποδοχής (bootstrap). Για τον λόγο αυτό, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, όπως κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση σφάλματος στο λογισμικό υποδοχής (bootstrap) το οποίο να καθιστά αδύνατο τον επαναπρογραμματισμό (αναβάθμιση).

## 8.4 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών.

---

Ο ισχυρός ανταγωνισμός αλλά και η τάση της σύγχρονης εποχής για ενσωμάτωση των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, είχε σαν αποτέλεσμα, η βιομηχανία μικροελεγκτών, να προχωρήσει στην παραγωγή όλο και πιο ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής όπως και μικροελεγκτών για την εκτέλεση εξειδικευμένων εφαρμογών.

Έτσι καταλήγουμε στις εξής βασικές και πιο διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών:

- Μικροελεγκτές (8-bit) εξαιρετικά χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με σχετικά μικρό αριθμό ακροδεκτών. Σχεδιάζονται με έμφαση την αυτάρκεια, την χαμηλή κατανάλωση ισχύος, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά πρόσθετα εξαρτήματα και την δυσκολία αντιγραφής του εσωτερικού λογισμικού τους. Δεν είναι δυνατή η επέκτασης της μνήμης τους. Πολλά μοντέλα είναι γνωστά και σε ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς (π.χ. μικροελεγκτές των σειρών PIC της Microchip, AVR της Atmel κ.α.).
- Μικροελεγκτές (8-bit αλλά και 16 ή 32-bit) σχετικά χαμηλού κόστους, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών που προορίζονται για γενική χρήση. Διαθέτουν σχετικά μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως μετατροπείς

ψηφιακού σε αναλογικό και αναλογικού σε ψηφιακό, θύρες SPI ή CAN, UART, I<sup>2</sup>C. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις παρέχεται η δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους. Σε άλλες περιπτώσεις συναντάμε μικροελεγκτές με ενσωματωμένο πληκτρολόγιο ή και οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD)

- Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου ή και σχετικά υψηλού κόστους, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών και για εφαρμογές γενικής χρήσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας είναι οι μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος FLASH και RAM, η υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και φυσικά η μεγάλη ταχύτητα εκτέλεσης εντολών. Στην κατηγορία αυτή συναντάμε αρχιτεκτονικές μικροελεγκτών με υψηλή <<μεταφερσιμότητα>> λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλον. Για παράδειγμα μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου MIPS ή ARM, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) είναι το ίδιο μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό, αν στο μέλλον ο χρήστης υιοθετήσει ένα μικροελεγκτή κάποιου άλλου κατασκευαστή (αρκεί, ο νέος μικροελεγκτής, να υποστηρίζει κι αυτός το σύνολο εντολών MIPS ή ARM, αντίστοιχα).
- Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών. Αυτής της κατηγορίας οι μικροελεγκτές ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας που υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι είδους μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται για παράδειγμα σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

Η πιο διαδεδομένη κατηγορία μικροελεγκτών και η πιο εμπορική, εξακολουθεί να είναι αυτή των 8-bit. Πρόκειται για την κατηγορία με το μικρότερο κόστος και το μικρότερο σε μέγεθος λογισμικό για το ίδιο αποτέλεσμα, κυρίως λόγω ότι οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών των 8-bit έχουν πολύ αυξημένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

## 8.5 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης.

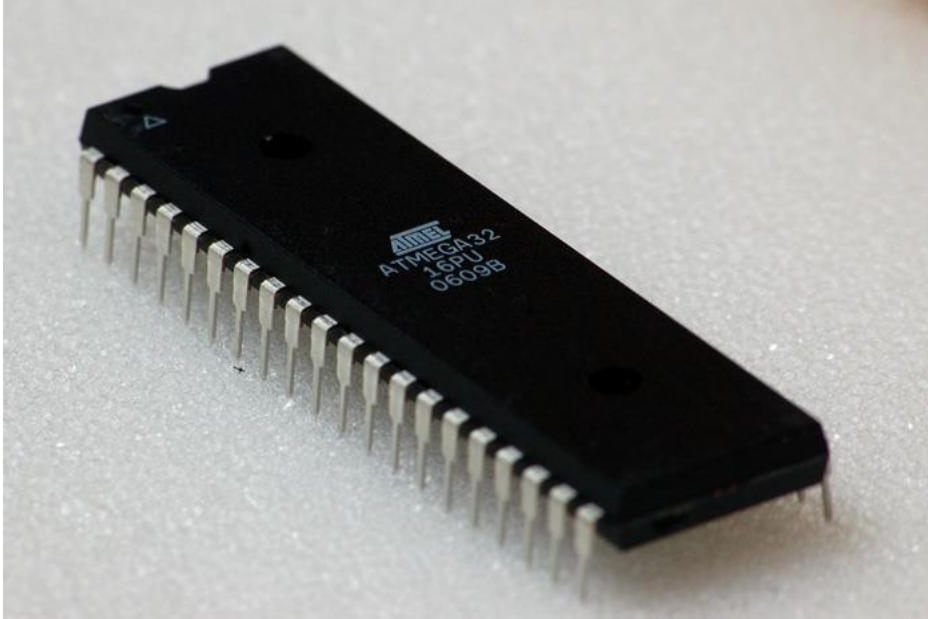
Μια οικογένεια μικροελεγκτών για να έχει επιτυχία πρέπει να έχει μεγάλη διαθεσιμότητα και ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης. Τέτοιου είδους εργαλεία είναι, οι προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης, τα εργαλεία εκσφαλμάτωσης (debuggers) και φυσικά οι μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (assembly). Στους μικροελεγκτές, τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται σε καμία περίπτωση μόνο λογισμικό, καθώς δεν υπάρχει κάποιος τυποποιημένος τρόπος επικοινωνίας με αυτούς. Στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται εξειδικευμένες εταιρείες εκτός των εταιριών κατασκευής μικροελεγκτών.

Η πιο γνωστή και διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού των μικροελεγκτών είναι η C ή C++ και οι διάφορες παραλλαγές τους. Παλιότερα, σε προηγούμενες δεκαετίες, χρησιμοποιούταν η Assembly όταν θέλαμε το λογισμικό να είναι μικρό σε μέγεθος μνήμης. Όμως η επάρκεια μνήμης των σύγχρονων μικροελεγκτών σε συνδυασμό με τις όλο και μεγαλύτερες απαιτήσεις σε λειτουργικότητα καθώς και η ευκολία προγραμματισμού της C έναντι της assembly, έκανε την γλώσσα C να <<μονοπωλεί>> στον προγραμματισμό μικροελεγκτών.

## 8.6 Κατασκευαστές μικροελεγκτών

---

Παρακάτω γίνεται μία ονομαστική αναφορά σε κατασκευές μικροελεγκτών και παραθέτονται φωτογραφίες από γνωστούς μικροελεγκτές των εταιριών αυτών.



Σχήμα 8.1 ATMGEGA3216 της ATMEL



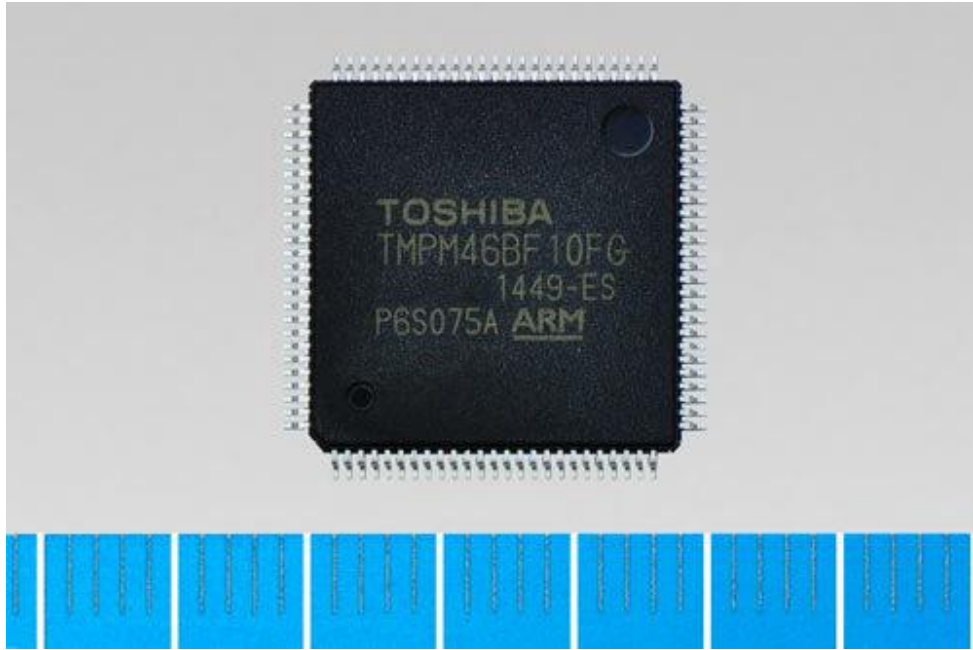
Σχήμα 8.2 PIC18F8720 της MICROCHIP



Σχήμα 8.3 TMS320F της Texas Instruments



Σχήμα 8.4 7H1-H040743398 της HITACHI



**Σχήμα 8.5 TPM46BF 10FG-ARM της TOSHIBA**



**ARDUINO**

## 9. Τι είναι ο ARDUINO;

Πρόκειται για έναν μικροελεγκτή μονής πλακέτας. Δηλαδή είναι μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, που ενσωματώνει έναν μικροελεγκτή (της ATMEL) ο οποίος διαθέτει εισόδους και εξόδους.

Ο Arduino μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα C++ (επίσημα ονομάζεται Wiring ,είναι μία παραλλαγή της γλώσσας C++ που αποτελείται και από ένα σύνολο από βιβλιοθήκες που είναι υλοποιημένες επίσης στην C++ ).

Ο Arduino όπως και ο κάθε μικροελεγκτής διαθέτει εισόδους και εξόδους που αντιδρούν ανάλογα με το προγραμματισμό που έχουμε κάνει σε αυτόν μέσω Η/Υ.

Οι περισσότερες εκδόσεις της πλακέτας Arduino μπορούν να αγοραστούν προσυναρμολογημένες. Επειδή το διάγραμμα του κυκλώματος και οι πληροφορίες για το υλικό όλων των εκδόσεων του Arduino είναι ελεύθερα διαθέσιμα, ο καθένας μπορεί να κατασκευάσει μόνος του την πλακέτα αρκεί να έχει τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις κατασκευής ηλεκτρονικών πλακετών.

### 9.1 Επιλογή του ARDUINO.

Η επιλογή του Arduino έγινε για τους εξής λόγους:

- **Μικρό κόστος.** Όλες οι εκδόσεις του Arduino έχουν εξαιρετικά χαμηλό κόστος. Εκτός από 'τι μπορεί ο καθένας να κατασκευάσει μία πλακέτα Arduino με σχηματικά που είναι ελεύθερα διαθέσιμα , μπορεί να αγοράσει και μία προσυναρμολογημένη πλακέτα με μικρό κόστος.
- **Ανοιχτό και επεκτάσιμο λογισμικό.** Το λογισμικό του Arduino διανέμεται δωρεάν και είναι επεκτάσιμο διαμέσου των βιβλιοθηκών της C++ (για πιο έμπειρους χρήστες).
- **Απλό και εύχρηστο προγραμματιστικό περιβάλλον.** Το προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino είναι αρκετά απλό και εύχρηστο κάτι που το κάνει ιδιαίτερα ελκυστικό στους αρχάριους χρήστες.



- **Συμβατότητα με λειτουργικά συστήματα.** Το προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino είναι συμβατό με όλα τα γνωστά και σύγχρονα λειτουργικά συστήματα ( Windows, MAC OS, Linux κ.α.)

## 9.2 Λογισμικό-ARDUINO IDE

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι ένα πρόγραμμα (εφαρμογή) γραμμένο σε Java, που είναι συμβατό με τα όλα τα σύγχρονα και διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή είναι κατάλληλα σχεδιασμένη για αρχάριους και γενικός για άτομα που δεν είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη κώδικα.

Το Arduino IDE παρέχει την δυνατότητα να μεταγλωττίζει και να φορτώνει τον κώδικα που γράφουμε στον Arduino με ένα μόνο κλικ στο κατάλληλο εικονίδιο.

Πολλές λειτουργίες εισόδου/εξόδου γίνονται πολύ εύκολες λόγω της βιβλιοθήκης Wiring που διαθέτει η εφαρμογή IDE , επομένως το μόνο που μένει στους χρήστες είναι να ορίσουν δύο βασικές συναρτήσεις (λειτουργίες) για να επιτύχουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης.

1. **Setup()** Πρόκειται για μία συνάρτηση που βρίσκεται στη αρχή του προγράμματος και εκτελείται μόνο μία φορά και αρχικοποιεί κάποιες βασικές ρυθμίσεις.
2. **Loop()** Πρόκειται για μία συνάρτηση που εκτελείται συνέχεια και σταματάει μόνο όταν απενεργοποιηθεί ο Arduino.

```
Arduino - 0011 Alpha
File Edit Sketch Tools Help

Blink

/*
 * Blink
 *
 * The basic Arduino example. Turns on an LED on for one second,
 * then off for one second, and so on... We use pin 13 because,
 * depending on your Arduino board, it has either a built-in LED
 * or a built-in resistor so that you need only an LED.
 *
 * http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
 */

int ledPin = 13;           // LED connected to digital pin 13

void setup()              // run once, when the sketch starts
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output
}

void loop()               // run over and over again
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on
  delay(1000);               // waits for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // sets the LED off
  delay(1000);               // waits for a second
}

Done compiling.

Binary sketch size: 1098 bytes (of a 14336 byte maximum)

22
```

**Σχήμα 9.1** Τυπικό πρόγραμμα Arduino (αναβοσβήνει ένα LED) σε περιβάλλον IDE Arduino.

Επειδή οι πλατφόρμες Arduino χρησιμοποιούν μικροελεγκτές της ATMEL, υπάρχει η δυνατότητα για την ανάπτυξη κώδικα για το Arduino, να χρησιμοποιηθεί και το λογισμικό περιβάλλον της ATMEL, το Atmel Studio.

### 9.3 ARDUINO 2560R3



Σχήμα 9.2 ARDUINO 2560R3

## Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Μικροελεγκτής	ATMEGA2560
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση τροφοδοσίας	7-12V
Ψηφιακοί είσοδοι/έξοδοι	54 (οι 15 είναι και PWM)
Αναλογικές εισόδους	16
DC ρεύμα ανά είσοδο/έξοδο	20mA
DC ρεύμα για το ακροδέκτη 3,3V	50mA
Μνήμη (Flash)	256kB (8 δεσμευμένα από τον Bootloader)
SRAM	8kB
EEPROM	4kB
Ταχύτητα συγχρονισμού	16Mhz
Ακροδέκτης LED	13

Ο Arduino ATMEGA2560R3 μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω USB καλωδίου ή και με εξωτερικό τροφοδοτικό (μέσω της υποδοχής ρεύματος-power jack).

Η τάση τροφοδοσίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 12V και να μην είναι λιγότερα από 7V.

## Ακροδέκτες τροφοδοσίας.

- VIN. Η τάση του Arduino όταν αυτή τροφοδοτείται από εξωτερική πηγή. Στην περίπτωση που τροφοδοτούμε την πλακέτα μέσω της υποδοχής ρεύματος (power jack) μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αυτήν την τάση μέσω του συγκεκριμένου ακροδέκτη.
- 5V. Αυτός ο ακροδέκτης είναι συνδεδεμένος με τον ρυθμιστή τάσης οπ' όπου παίρνει την τάση των 5V.
- 3.3V. Αυτός ο ακροδέκτης είναι συνδεδεμένος με τον ρυθμιστή τάσης οπ' όπου παίρνει την τάση των 3,3V. Μπορεί να δώσει ρεύμα μέχρι 50mA.
- GND. Ακροδέκτης γείωσης
- IOREF. Αυτός ο ακροδέκτης παρέχει στην πλακέτα την τάση αναφοράς με την οποία ο λειτουργεί μικροελεγκτής. Μια πρόσθετη πλακέτα (shield) θα μπορεί να διαβάσει την τάση μέσω του ακροδέκτη IOREF και να επιλέξει την κατάλληλη πηγή τάσης.

## Μνήμη.

Ο ATmega2560 διαθέτει 256kB μνήμη FLASH (με 8KB να χρησιμοποιούνται από τον bootloader). Επίσης έχει 8kB SRAM και 2kB EEPROM.

## Είσοδοι / Έξοδοι

Καθένας από τους 54 ψηφιακούς ακροδέκτες του Arduino 2560 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν είσοδοι και έξοδοι κάνοντας χρήση των εντολών pinMode(), digitalWrite() και digitalRead(). Λογικό 1 είναι η τάση των 5V και λογικό 0 είναι η τάση των 0V. Κάθε ακροδέκτης μπορεί να δώσει ή να δεχτεί ρεύμα των 20mA(Συνίσταται) όλοι οι ακροδέκτες έχουν εσωτερική αντίσταση 20- 50 kOhms. Το

μέγιστο ρεύμα κάθε ακροδέκτη μπορεί να φτάσει και τα 40mA με κίνδυνο όμως δημιουργίας βλάβης στο μικροελεγκτή.

### Αναλογικές εισόδους.

Ο Arduino 2560R3 έχει 16 αναλογικές εισόδους (A0-A15), κάθε μια από αυτές παρέχει 10bit ανάλυση (π.χ τιμές 0-1023). Η μέτρηση ξεκινά από τα 0V (γείωση) μέχρι τα 5V, παρόλο που υπάρχει δυνατότητα να αλλάξουμε την εμβέλεια (πάνε από 5V) χρησιμοποιώντας τον ακροδέκτη AREF και την εντολή `analogReference()`.

### Ακροδέκτες με διαφορετικές ιδιότητες.

- Serial: RX0...3 και TX0...3. Χρησιμοποιείτε για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων.
- Εξωτερικοί διακόπτες. Οι ακροδέκτες 2-3-18-19-20 και 23 με την κατάλληλη ρύθμιση μπορούν να προκαλέσουν μια διακοπή, όταν έχουν λογικό 1 (5V) ή λογικό 0 (0V) ή ακόμα και με ακμοπυρίδοτη αυξομείωση της τάσης.
- Ακροδέκτες PWM: 2 έως 13 και 44 έως 46. Παρέχουν 8-bit εξόδου PWM με τη εντολή `analogWrite ()`.
- SPI: Αυτοί οι ακροδέκτες: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK) και 53 (SS), υποστηρίζουν την επικοινωνία SPI, χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη SPI.
- Ακροδέκτης 13. Υπάρχει ένα ενσωματωμένο led που συνδεδεμένο με το pin 13. Όταν ο ακροδέκτης αυτός έχει λογικό 1 τότε το λαμπάκι ανάβει και αντίστοιχα στο λογικό 0 σβήνει.
- TWI: 20 (SDA) και 21 (SCL). Υποστηρίζουν την επικοινωνία TWI χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη Wire.

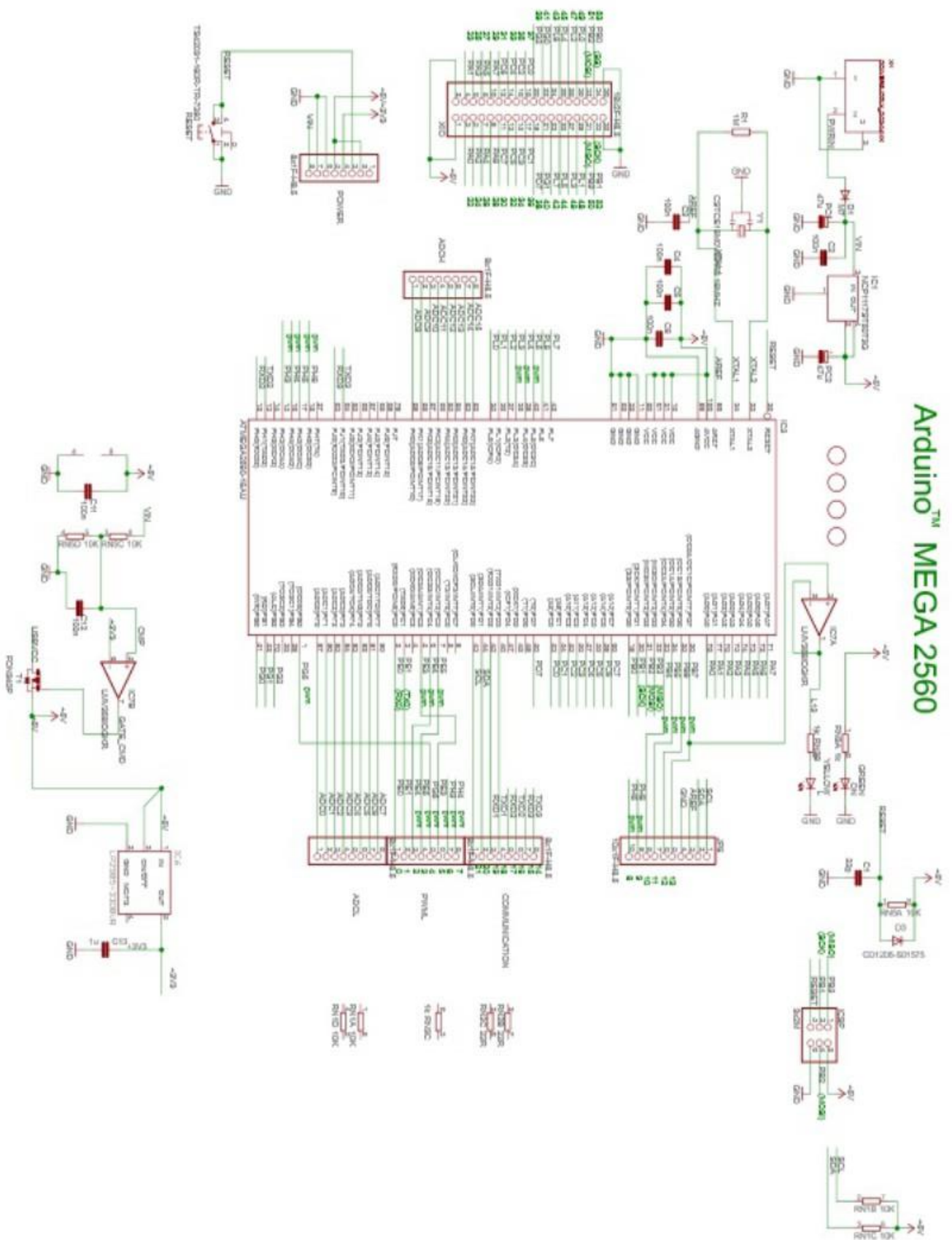
Τέλος υπάρχουν και οι ακροδέκτες:

- AREF. Είναι η τάση αναφοράς για τις αναλογικές εισόδους. Χρησιμοποιείτε με την εντολή `analogReference()`
- RESET. Σε περίπτωση που θέλουμε να προσθέσουμε επιπλέον κουμπί reset , εκτός του ενσωματωμένου.

**Σειριακή επικοινωνία.**

Ο Arduino Mega2560R3 έχει μια σειρά από προεγκατεστημένους μεθόδους για την επικοινωνία με έναν υπολογιστή ή με έναν άλλο μικροελεγκτή. Ο Arduino ATmega2560R3 παρέχει τέσσερα ζεύγη ακροδεκτών για TTL (5V) σειριακή επικοινωνία.

# Arduino™ MEGA 2560



Σχήμα 9.3 Διάγραμμα Arduino 2560R3



## **10. ΣΚΟΠΟΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ –ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

### **10.1 Σκοπός της εφαρμογής**

Ο σκοπός ,για την μελέτη και την κατασκευή ενός ηλιοθερμικού συστήματος, ήταν η ανάγκη εξοικονόμησης χρημάτων λόγω της οικονομικής κρίσης που βρίσκεται η χώρα μας καθώς και στην δυσμενή κλιματική αλλαγή που βρίσκεται σε εξέλιξη. Αυτοί οι δυο παράγοντες οδηγούν την ανθρωπότητα στην ανάπτυξη συστημάτων ποιο αποδοτικών και ποιο ενεργειακών με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έτσι και στην δική μας περίπτωση που βρισκόμαστε στην Ελλάδα, σε μία χώρα που 250 μέρες το χρόνο έχει ηλιοφάνεια, μια από τις πιο αποδοτικές μεθόδους για εξοικονόμηση χρημάτων σε καθημερινή βάση είναι η εγκατάσταση ενός ηλιοθερμικού συστήματος σε οικία. Η συμβατικοί μέθοδοι θέρμανσης του νερού ,για οικιακή χρήση, με αντιστάσεις είναι εξαιρετικά ενεργοβόρα και επομένως δαπανηρή και με αντίστοιχες συνέπειες ,που έχει αυτή η κατανάλωση, στο περιβάλλον.

### **10.2 Σχεδιασμός μηχανικού μέρους.**

Για την κατασκευή του ηλιοθερμικού συστήματος χρειαστήκαμε τα παρακάτω υλικά:

- Ένα boiler 200 lit μάρκας buderus (μεταχειρισμένος)
- 2 ηλιακούς συλλέκτες (ιδιοκατασκευή)
- 1 κυκλοφορητή wilo rs25/60r(μεταχειρισμένος)
- 1 δοχείο διαστολής 10lit
- Έναν αυτόματο εξαέρωσης 1/2in
- Μια βαλβίδα ασφάλειας στα 4bar
- 39m Μονωμένη πολυχρωματική σωλήνα φ16

### **Κατασκευή ηλιακών πάνελ**

Για την κατασκευή του συστήματος υπήρξε η ανάγκη για ηλιακούς συλλέκτες και των δυο τύπων για έλεγχο απόδοσης (τύπου κιθάρας, Μένανδρου) η αγορά των οποίων ήταν οικονομικά δύσκολη. Όποτε προχωρήσαμε στην κατασκευή ηλιακών

κάτοπτρων από ανακυκλώσιμα κύριος υλικά (χαλκοσωλήνα, λαμαρίνα και ορυκτοβάμβακας)



**Σχήμα 10.1** Στάδιο κατασκευής –κόλληση των σωληνώσεων πάνελ.



Σχήμα 10.2 ολοκλήρωση των κολλημάτων στο πάνελ.





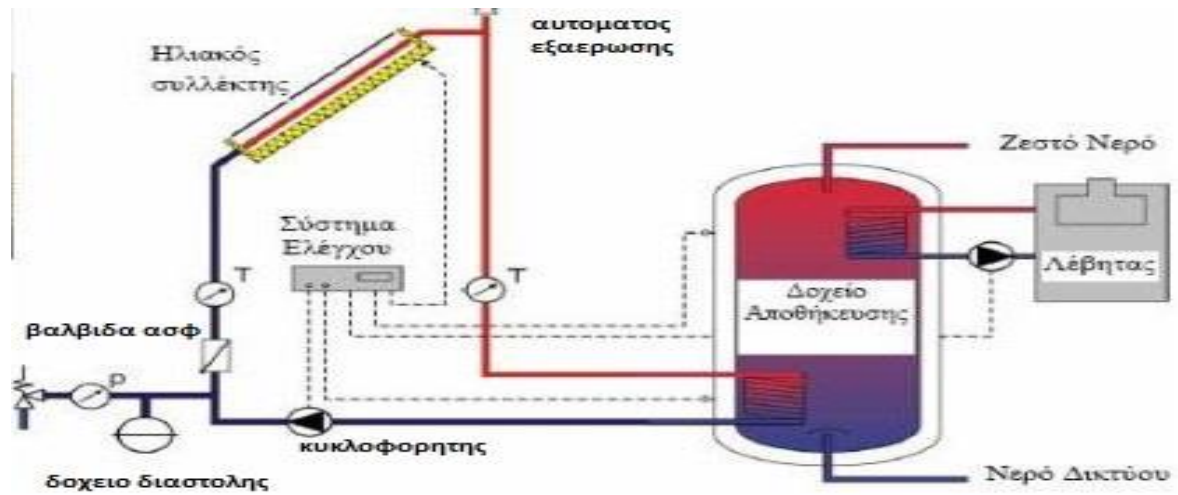
**Σχήμα 10.3 και 10.4 στάδιο βαψίματος των ηλιακών πάνελ με μαύρο ματ χρώμα**



**Σχήμα 10.5 ολοκλήρωση των εργασιών με τοποθέτηση υαλοπίνακα.**

### 10.3 Υδραυλική κατασκευή και σύνδεση του ηλιοθερμικού συστήματος.

Για την κατασκευή του υδραυλικού συστήματος έγινε βάση το παρακάτω γράφημα:



Σχήμα 10.6 Σχεδιάγραμμα κύριας κατασκευής.

Για τις υδραυλικές συνδέσεις χρησιμοποιήθηκαν ορειχάλκινα εξαρτήματα, σπιράλ και οι πολυστροματικές σωλήνες με θερμομόνωση για ελαχιστοποίηση των απωλειών της θερμότητας.



**Σχήμα 10.7** Ο κυκλοφορητής τοποθετούμενος στη είσοδο του ζεστού του δοχείου.



**Σχήμα 10.8** Η βαλβίδα ασφάλειας, ο σωλήνας τύπου σπирάλ για σύνδεση με το δοχείο διαστολής καθώς επίσης η σύνδεση της πολυστροματικής για σύνδεση με τους συλλέκτες.



**Σχήμα 10.9 Δοχείο διαστολής.**



**Σχήμα 10.10 Η έξοδος από δοχείο και όδευση προς τα ηλιακά πάνελ.**



**Σχήμα 10.11 Ο ηλιακός συλλέκτης συνδεδεμένος**



**Σχήμα 10.12 Ο αυτόματος εξαέρωσης και το σημείο τοποθέτησης του αισθητήρα 18b20.**



## 10.4 Το ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό κύκλωμα (σύστημα ελέγχου)

- **Ο μικροελεγκτής**

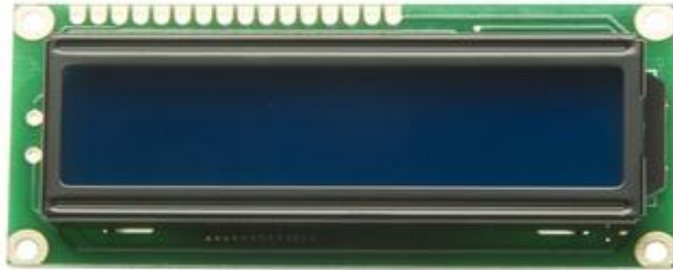
Η επιλογή του μικροελεγκτή arduino έγινε λόγω της ευκολίας στον προγραμματισμό αλλά και στη μεγάλη γκάμα εξαρτημάτων (όπως για παράδειγμα τον ψηφιακό αισθητήρα 18b20).

Όπως ειδή αναφέραμε προηγούμενος ως σύστημα ελέγχου έχουμε ως βάση τον μικροελεγκτή arduino at mega 2560 που διαθέτει 54 ψηφιακές υποδοχές εισόδου/εξόδου (από τις οποίες 14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM έξοδοι), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (hardware serial ports), 1 κρυσταλλικό ταλαντωτή 16 MHz υποδοχή USB, υποδοχή τροφοδοσίας ρεύματος, 1 ICSP header και ένα κουμπί reset.



- **Η οθόνη**

Για οθόνη χρησιμοποιήσαμε 16x2 Character LCD - White on Blue 5V.



**Σχήμα 10.13 Οθόνη LCD**

- **Οι αισθητήρες θερμοκρασίας(2)**

Ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 1-Wire από την Maxim-IC.

Υπολογίζει βαθμούς Κελσίου (°C) από -55°C έως 125°C (+/-0.5°C) με ακρίβεια 9 - 12bit. Κάθε αισθητήρας χαρακτηρίζεται από μία διεύθυνση 16-Bit. Λόγω των διευθύνσεων που έχουν οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να συνδεθούν πολλοί μαζί σε ένα μόνο καλώδιο (1-wire protocol).



**Σχήμα 10.14 Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20.**

- **Ρελε 5v**
- **Button (N.O.)**

## 10.5 Σχεδία σύνδεσης των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

1)

A) Σύνδεση μικροελεγκτή-οθόνη

Η παράλληλη συνδεσμολογία διαθέτει τους παρακάτω ακροδέκτες:

Πηγή/Τροφοδοσία (Vss/Vcc)

Ρύθμιση αντίθεσης (Vo)

Register Select (RS)

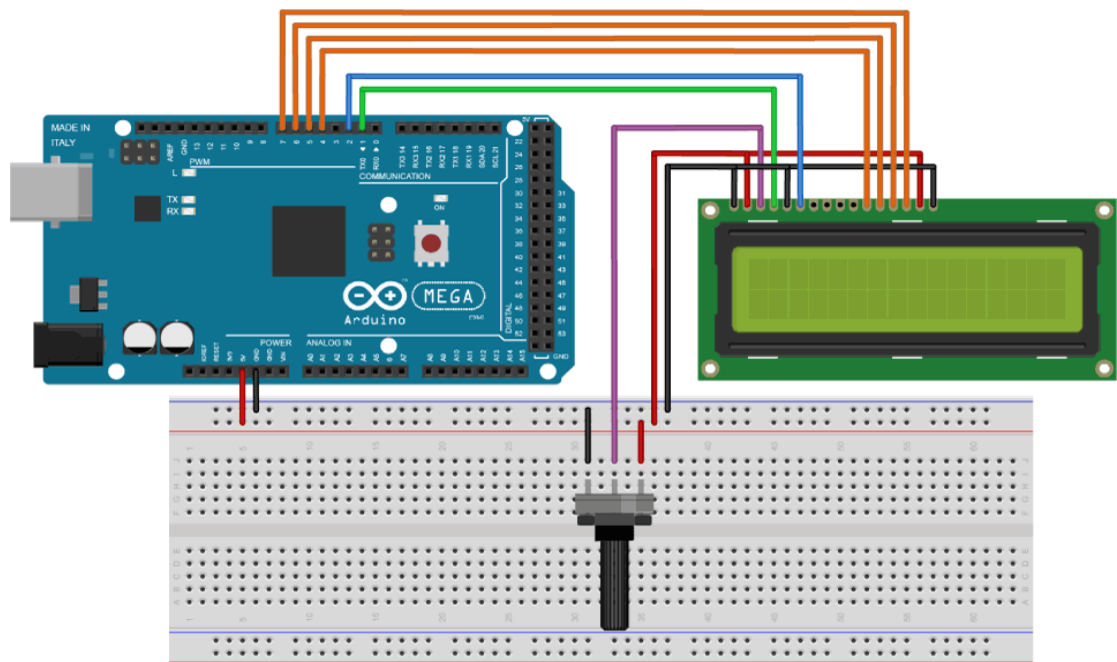
Read/Write (R/W)

Enable pin (EN)

Ακροδέκτες δεδομένων (D0 -D7)

Φωτισμός (Bkl+ and BKl-)

Οι οθόνες που είναι συμβατές με το Hitachi driver μπορούν να οδηγηθούν με δυο λειτουργίες, 4-bit και 8-bit. Η συνδεσμολογία με 4-bit χρησιμοποιεί 7 I/O pins του Arduino ενώ η λειτουργία 8-bit χρησιμοποιεί 11.



Σχήμα 10.15 Διάγραμμα σύνδεσης μικροελεγκτή-οθόνης.

B) Η εντολές-κώδικας για την επικοινωνία μικροελεγκτή-οθόνης.

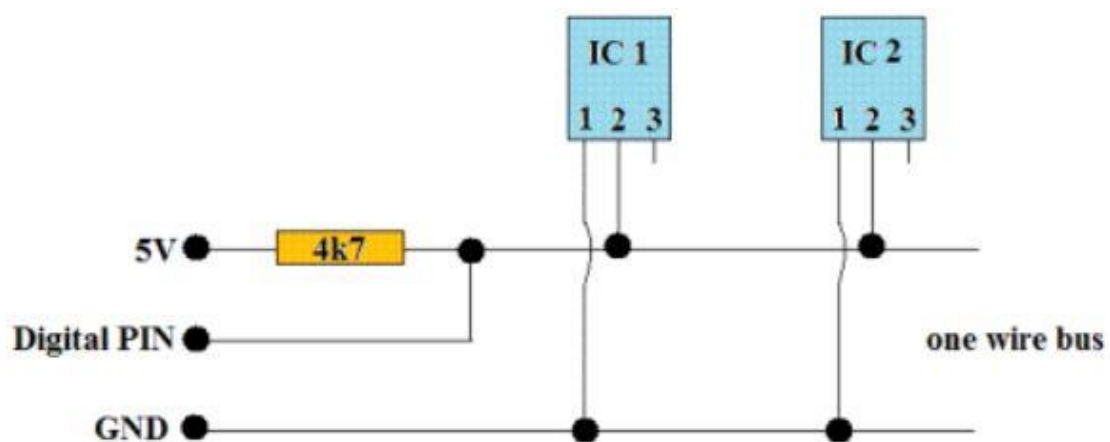
Η εντολή `lcd.begin(16,2)` αρχικοποιεί την βιβλιοθήκη με τις γραμμές και στήλες της οθόνης που έχουμε. Για παράδειγμα, αν είχαμε μια οθόνη με 20 στήλες και 4 γραμμές (20x4) θα έπρεπε να αλλάξουμε την εντολή σε `lcd.begin(20x4)`.

Η εντολή `lcd.setCursor(0,1)` μετακινεί τον δείκτη στην πρώτη στήλη και δεύτερη γραμμή της οθόνης. Αν είχαμε μια οθόνη 20x4 και θέλαμε να ξεκινήσουμε το μήνυμά μας στην πέμπτη στήλη της τρίτης γραμμής θα αλλάζαμε την εντολή σε `lcd.setCursor(4,2)`.

Η εντολή `lcd.clear` καθαρίζει την οθόνη από προηγούμενες εφαρμογές εμφάνισης.

2) Σύνδεση μικροελεγκτή-αισθητήρων θερμοκρασίας.

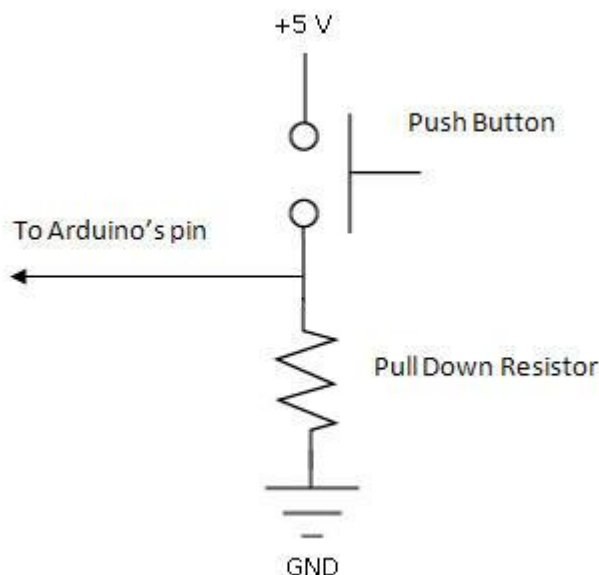
Για την ηλεκτρική σύνδεση των αισθητήρων θερμοκρασίας απαιτείται μια σταθερή πηγή τάσης 5v μια γείωση και μια αντίσταση που παρεμβάλετε ανάμεσα από την πηγή τροφοδοσίας και τους αισθητήρες θερμοκρασίας ανάμεσα τους λαμβάνουμε το σήμα εισόδου για τον μικροελεγκτή. Την γείωση την συνδέουμε στο pin με τον αριθμό 1 και το data το λαμβάνουμε από το pin 2. Το δίκτυο που είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες ονομάζετε one wire bus και είναι συνδεδεμένο στο pin 7 του μικροελεγκτή μας.



Σχήμα 10.16 Σχεδιάγραμμα συνδέσεως μικροελεγκτή-αισθητήριων εργασίας.

### 3) Σύνδεση button στον μικροελεγκτή.

Για την σύνδεση των 3 button στον ελεγκτή μας απαιτητέ η ύπαρξη μιας αντίστασης συνδεδεμένης σε σειρά με το button, στα άκρα των οποίων είναι συνδεδεμένη μόνιμη τάση και η γείωση από την άλλη. Το κοινό σημείο ανάμεσα τους είναι η εντολή για την είσοδο στον μικροελεγκτή.



Σχήμα 10.17 Σχεδιάγραμμα συνδέσεως μικροελεγκτή-μπουτόν εργασίας.

## 10.6 Περιγραφή λειτουργίας.

Η λειτουργία της κεντρική μονάδας στηρίζεται σε 1 κύριο πρόγραμμα με την ονομασία “HELLIOS” και σε δυο υποπρογράμματα “XRISTIS 1” και “XRISTIS 2”. Κατά την λειτουργία του συστήματος το κύριο πρόγραμμα βρίσκεται συνέχεια σε λειτουργία ακόμα και εάν τεθεί σε λειτουργία κάποιο από τα δυο υποπρογράμματα. Στα δυο υποπρογράμματα δόθηκε η έλεγχος της ηλεκτρικής αντίστασης του δοχείου. Η επιλογή αυτή έγινε για μεγίστη εξοικονόμηση ενεργείας καθώς μέσα από κεντρική μονάδα έλεγχου μπορούμε να ρυθμίσουμε διαφορετικές θερμοκρασίες ανάλογα με την χρήση του ζεστού νερού χρήσης. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση ζυγ στην κουζίνα, στο μπάνιο κλπ. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομάτε μεγάλη ποσότητα ενεργείας καθώς δαπανείτε το ποσό της ηλεκτρικής ενεργείας ανάλογα την

επιθυμητή εκατοστέ θερμοκρασία. Ως ασφάλεια για το δοχείο (από βλάβη στη μονάδα έλεγχου) χρησιμοποιήσαμε τον θερμοστάτη που βρίσκεται τοποθετημένος στο δοχείο, σε σειρά με την έξοδο του ηλεκτρονόμου ισχύος της αντίστασης ώστε σε περίπτωση βλάβης και λανθασμένου σήματος από την κεντρική μονάδα το δοχείο να μην υπερβεί μια θερμοκρασία ασφάλειας που είναι ρυθμισμένος ο θερμοστάτης. Στην περίπτωση αυτή μόλις το νερό στο δοχείο φτάσει σε μια θερμοκρασία πάνω από την κανονική ο θερμοστάτης ανοίγει την επαφή που έχει (normaly close) και κόβει την τροφοδοσία της αντίστασης του δοχείου.

Ο τρόπος λειτουργίας του κάθε ενός από τα παραπάνω περιγράφονται παρακάτω:

#### **A) Κύριο πρόγραμμα “HELLIOS”**

Όταν βρίσκεται στην επιλογή αυτή ο μικροελεγκτή εργάζεται κανονικά ως κεντρική μονάδα. Πράττει ελέγχους θερμοκρασίας στο δοχείο και στον ηλιακό συλλέκτη και η διάφορα είναι μεγαλύτερη από την τιμή που του έχουμε δώσει δίνει εντολή για εκκίνηση του κυκλοφορητή εάν όχι μετά το πέρας και ενός χρονικού διαστήματος (για την αποφυγή συνεχών ενεργοποιήσεων/απενεργοποιήσεων) δίνει την εντολή για παύση.

Στην οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα “programm hellios” στην πρώτη σειρά και στη δεύτερη σειρά, στα αριστερά η θερμοκρασία του νερού μέσα στο δοχείο και δεξιά η θερμοκρασία του αντιψυκτικού υγρού στους ηλιακούς συλλέκτες.



**Σχήμα 10.18** Απεικόνιση της οθόνης όταν το σύστημα βρίσκεται στο πρόγραμμα "HELLIOS".

### **B) Υποπρόγραμμα "XRISTIS 1".**

Εάν στην περίπτωση τώρα που η θερμοκρασία δεν έχει φτάσει στην επιθυμητή για τον χρήστη δίνεται η επιλογή με το κόκκινο button που βρίσκεται επάνω στην μονάδα να εκκίνηση το υποπρόγραμμα "XRISTIS 1" κατά την εκκίνηση του η μονάδα ελέγχει την θερμοκρασία στο δοχείο και την συγκρίνει με την επιθυμητή που έχουμε περάσει στο πρόγραμμα για το υποπρόγραμμα 1, στην περίπτωση που η θερμοκρασία στο δοχείο είναι μικρότερη από την επιθυμητή η κεντρική μονάδα δίνει εντολή για την εκκίνηση της ηλεκτρικής αντίστασης. Μόλις η θερμοκρασία φτάσει στην επιθυμητή η μονάδα δίνει εντολή παύσης τροφοδοσίας στην αντίσταση και επιστρέφει η κεντρική μονάδα στο κύριο πρόγραμμα. Σε περίπτωση που ο χρήστης του συστήματος θέλει να σταματήσει την διαδικασία του δίνεται η

δυνατότητα μέσω του button άκυρο να την σταματήσει και ο ελεγκτής πάλι να γυρίσει στο κύριο πρόγραμμα. Με το πάτημα του κόκκινου button στην οθόνη της μονάδας εμφανίζεται “XRISTIS 1” στην πρώτη σειρά και στην δεύτερη η θερμοκρασία του νερού στο δοχείο αριστερά και η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού στους ηλιακούς συλλέκτες. Όλο το χρονικό διάστημα που η κεντρική μονάδα τρέχει το υποπρόγραμμα το κύριο πρόγραμμα συνεχίζει την λειτουργία του (για λογούς εξοικονόμησης ενέργειας και ασφάλειας για τους ηλιακούς).



Σχήμα 10.18 Ένδειξη οθόνης όταν βρίσκεται στο υποπρόγραμμα "XRISTIS 1".

### Γ) Υποπρόγραμμα “XRISTIS 2”

Το υποπρόγραμμα αυτό έχει ακριβώς την ίδια λειτουργία με το υποπρόγραμμα “XRISTIS 1” με την μοναδική διάφορα στην επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας μέσα στο δοχείο.



## 10.7 Πρόγραμμα ελέγχου του συστήματος.

### 1) Οι βιβλιοθήκες του προγράμματος.

- i) βιβλιοθήκες για την σύνδεση των αισθητήρων θερμοκρασίας :

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <DallasTemperature.h>
```

- ii) Οι βιβλιοθήκες για την σύνδεση της οθόνης :

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

### 2) Αρχικοποίηση pins για την λειτουργία οθόνης-αισθητήριων.

- i) Προσδώσει pins για την επικοινωνία με την οθόνη στις θέσεις 12,11,5,4,3,2 του arduino

```
Liquid Crystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

- ii) Σύνδεση του one wire bus στην θέση 7 των pin του arduino

```
#define ONE_WIRE_BUS 7
```

- iii) Αναφορά ότι στο one wire bus έχουμε αισθητήρες θερμοκρασίας.

```
One Wire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```

```
Dallas Temperature sensors(&one Wire);
```

### 3) Μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε:

```
float x=0; // η ένδειξη της θερμοκρασίας στον ηλιακό συλλέκτη
```

```
float y=0; // ένδειξη της θερμοκρασίας στο δοχείο
```

```
float diafora; //η διάφορα της θερμοκρασίας μεταξύ συλλέκτη-δοχείου
```

```
int xristis1temp; //επιθυμητή θερμοκρασία του 1 χρηστή
```

```
int xristis2temp; // επιθυμητή θερμοκρασία του 2 χρηστή
```

```
int n,z; //βοηθητικές μεταβλητές n: στάδιο προγράμματος z: μετρητής (χρονικό)
```

```
int red; //μεταβλητή για το button του χρηστή 1
int green; // μεταβλητή για το button του χρηστή 2
int akyro; //μεταβλητή για το button ακύρωσης της επιλογής χρηστή
```

#### 4) Αρχικοποίηση των pins εισόδων-εξόδων.

```
pin Mode(52,INPUT); //pin εισόδου button green
pin Mode(51,INPUT); // pin εισοδου button red
pinMode(53,INPUT); //pin εισόδου button akyro
pinMode(31, OUTPUT); //pin εξόδου για τον κυκλοφορητή του συστήματος
pinMode(22, OUTPUT); //pin εξόδου για την αντίσταση του δοχείου
```

#### 5) Το πρόγραμμα.

```
void loop() {
    sensors.requestTemperatures(); //εντολή λήψης της θερμοκρασίας από του
    αισθητήρες
    x=sensors.getTempCByIndex(0); //καταχώριση της θερμοκρασίας του 1
    αισθητήρα στην μεταβλητή x
    y=sensors.getTempCByIndex(1); //καταχώριση της θερμοκρασίας του 2
    αισθητήρα στην μεταβλητή y
    diafora=x-y; // η αφαίρεση και η καταχώριση της τιμής στη μεταβλητή 'diafora'
    xristis1temp=40; // σεταρισμα της επιθυμητής τιμής του χρηστη1
    xristis2temp=55; // σεταρισμα της επιθυμητής τιμής του χρηστη2
    red=digitalRead(52); //καταχώριση του κόκκινου button στη μεταβλητή red
    green=digitalRead(53); //καταχώριση του πράσινου button στη μεταβλητή
    green
    if(n==0) //έλεγχος για στάδιο προγράμματος
    {
        lcd.clear(); //καθαρισμός της οθόνης
        if (red ==LOW&&green==LOW ) // έλεγχος εάν δεν έχει πιεστεί κάποιο από
        τα button χρηστή να τρέχει το βασικό πρόγραμμα
```

```

{
  lcd.print("programm Helios"); // εκτύπωση στην οθόνη του logo βασικού
  προγράμματος
  lcd.setCursor(10, 1); // μετακίνηση του σενορα της οθόνης
  lcd.print(x); // εκτύπωση της θερμοκρασίας συλλέκτη κάτω δεξιά της οθόνης
  lcd.setCursor(0, 1); // μετακίνηση του σενορα της οθόνης
  lcd.print(y); // εκτύπωση της θερμοκρασίας δοχείου κάτω αριστερά της οθόνης
}
}
If (n==1||red==HIGH) //έλεγχος για εάν είναι στο πρόγραμμα n=1 από τον
προηγούμενο κύκλο μηχανής του μικροελεγκτή H εάν ο χρήστης έχει πατήσει το
button red για εκκίνηση του προγράμματος xristis 1
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); //μετακίνηση του κερσορα στην 0 σειρά και 0 στήλη της
οθόνης
  lcd.print("xristis 1"); //εκτύπωση του μηνύματος στην οθόνη
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print(x);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(y);
  n=1; //τοποθέτηση της τιμής 1 ώστε στον επόμενο κύκλο μηχανής να
επαναληφτεί η διαδικασία xristis 1
  akyro=digitalRead(51); // έλεγχος button ακύρωσης
  if (xristis1temp>y && akyro==LOW) //έλεγχος επιθυμητής θερμοκρασίας του
χρηστή 1 και button ακύρωσης
  { digitalWrite(22, HIGH); //εντολή ενεργοποίησης της εξόδου αντίστασης
  }
  Else // εάν έχει φτάσει η επιθυμητή του χρήστη 1 θερμοκρασία η έχει πατηθεί το
button ακύρωσης
  {digitalWrite(22,LOW); //εντολή απενεργοποίησης της αντίστασης
  n=0; //έξοδος από τη λούπα
  lcd.clear();

```

```

lcd.setCursor(0, 0); //μεταφορά του κέρσορα της οθόνης στην πρώτη σειρά
lcd.print("xristis 1"); //εκτύπωση του μηνύματος :xristis 1
lcd.setCursor(0, 1); //μεταφορά του κέρσορα στην δεύτερη σειρά
lcd.print("THERMOKRASIA OK"); μήνυμα ότι η θερμοκρασία έχει φτάσει
στην επιθυμητή του xristis 1
delay(1000); //καθυστέρηση για την εμφάνιση του μηνύματος
}
}
if (n==2||green==HIGH) //έλεγχος για εάν είναι στο πρόγραμμα n=2 από τον
προηγούμενο κύκλο μηχανής του μικροελεγκτή H εάν ο χρήστης έχει πατήσει το
button red για εκκίνηση του προγράμματος xristis 2
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("xristis 2");
lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print(x);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(y);
n=2; //τοποθέτηση της τιμής 2 ώστε στον επόμενο κύκλο μηχανής να
επαναληφτεί η διαδικασία xristis 2
akyro=digitalRead(51); //έλεγχος button ακύρωσης
if (xristis2temp>y && akyro==LOW) //ιδία διαδικασία για τον xristis 2
{ digitalWrite(22, HIGH);
}
else
{digitalWrite(22,LOW);
n=0; // μηδενισμός για έξοδο από το πρόγραμμα xristis 2
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("xristis 2");
lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("THERMOKRASIA OK");
}
}

```

```

    delay(1000);
}
}
z++; //απαριθμητής z για την μέτρηση κύκλων μηχανής
if(z>20) //μόλις ο απαριθμητής μετρήσει 20 κύκλους μηχανής να μπει στο
παρακάτω πρόγραμμα
{
    if (diafora > 4) //εάν υπάρχει διάφορα της θερμοκρασίας δοχείου-συλλεκτών να
ξεκινήσει ο κυκλοφορητής
    {
        digitalWrite(31, HIGH); // ενεργοποίηση του κυκλοφορητή
        lcd.setCursor(6, 1); // μεταφορά του σενιόρα
        lcd.print("on"); //ένδειξη on για την λειτουργία του κυκλοφορητή
        delay(800); //καθυστέρηση για την ένδειξη στην οθόνη
    }
    else //εάν δεν υπάρχει διάφορα στη θερμοκρασία
    {
        digitalWrite(31, LOW); //απενεργοποίηση του κυκλοφορητή
        lcd.setCursor(6, 1);
        lcd.print("off"); // ένδειξη off για την λειτουργία του κυκλοφορητή
        delay(800);
    }
    z=0; // μηδενισμός του μετρητή κύκλων μηχανής

}
}

```

## **11. Διαδικασία τοποθέτησης, λειτουργία, συμπεράσματα από την χρήση του, συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων.**

### **11.1 Περίοδος δοκιμής και θέση τοποθέτησης.**

Το σύστημα τέθηκε σε λειτουργία σε μονοκατοικία στην περιοχή της Πεύκης (νομός αττικής βόρεια προάστια Αθηνών). Κατά την χρονική περίοδο 15/5/2016 έως και 18/09/2016 (4 μήνες) επιλεκτικέ η χρονική περίοδος αυτή ως προς την ποιο αποδοτική περίοδο ηλιοφάνειας και υψηλής θερμοκρασίας. Η περίοδος 4 μηνών επιλεκτικέ ώστε να γίνει σύγκριση στην ολική κατανάλωση ενέργειας από τα τιμολόγια του παροχου ηλεκτρικής ενέργειας (από εκκαθαριστικό σε εκκαθαριστικό λογαριασμό).

#### **A) Εργασίες τοποθέτησης.**

Η τοποθέτηση του συστήματος έγινε σε διάστημα 4 ημερών. Η όδευση των σωληνώσεων και καλωδίωσης του συστήματος ήταν ιδιαίτερα απαιτητική και δύσκολη λόγω τις μεγάλης απόστασης δοχείου-ηλιακών συλλεκτών απόστασης 18μετρων (3 όροφοι ), συνολικά χρησιμοποιηθήκαν 39 μέτρα μονωμένης πολιστροματικής σωλήνας και 25 μέτρα καλωδίου utp cat6 για την σύνδεση δοχείου-ηλεκτρονικού έλεγχου και συλλεκτών. Η κεντρική μονάδα του συστήματος τοποθετήθηκε εντως της κατοικίας (για ποιο εύκολο χειρισμό από τους κατοίκους).

## **B) Αντιμετώπιση προβλημάτων εγκατάστασης και προβλημάτων κατά την λειτουργία.**

Ένας κύριος παράγοντας που καλεστήκαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν οι διαρροές υδραυλικού υγρού στο σύστημα λόγω τις παλαιότητας μερικών εκ των εξαρτημάτων (δοχείο, κυκλοφορητής, σωλήνωση κατοικίας ) προβλήματα τα οποία αντιμετωπίστηκαν άμεσα και αποτελεσματικά με την αντικατάσταση κάποιων από τα παλαιότερα και φθαρμένων εξαρτημάτων.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε ήταν η διοχέτευση μίγματος αντιψυκτικού υγρού-νερού στο σύστημα. Την λύση έδωσε ο δανεισμός (από τον κύριο Κατσαντώνη) ειδικής αντλίας διοχέτευσης για κλειστά συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας ώστε να γίνει η πλήρωση στη σωστή πίεση (2,5 bar) Κατά την κανονική λειτουργία μετά από ένα διάστημα 1 μήνα κατά τους ελέγχους στο σύστημα διαπιστώθηκε πτώση πίεσης ψυκτικού υγρού στο σύστημα. Αιτία ήταν μια μικρό διαρροή στο δοχείο η οποία επισκευαστικέ άμεσα.

## **Γ) Εκκίνηση συστήματος.**

Πριν την δοκιμαστική εκκίνηση στο σύστημα έγιναν όλες οι κατάλληλες εξαερώσεις στο σύστημα (κυκλοφορητή και ηλιακοί συλλέκτες ) και όλοι οι έλεγχοι στο υδραυλικό (διαρροές) και στο ηλεκτρικό κομμάτι (έλεγχος ορθής λειτουργιάς και γειώσεων ). Κατά την εκκίνηση υπήρχε ένα μικρό χρονικό διάστημα αδρανείας του μίγματος αντιψυκτικού υγρού ενώ ο κυκλοφορητής βρισκόταν σε λειτουργεί. Μετά από μια μικρή ακόμα εξαέρωση στον κυκλοφορητή το σύστημα τέθηκε σε ορθή λειτουργία.

## Δ) Πρώτες δόκιμες-έλεγχος ορθής λειτουργίας

Κατά την δοκιμή του συστήματος η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού στον ηλιακό συλλέκτη είχε φτάσει τους 35° βαθμούς κελσίου ενώ η θερμοκρασία στο θερμοδοχείο ήταν σταθερή στους 25 βαθμούς. Η κεντρική μονάδα μας απεικόνιζε τις ίδιες θερμοκρασίες από τους ψηφιακούς αισθητήρες θερμοκρασίας και ορθά έδωσε εντολή στον ηλεκτρονόμο έλεγχου του κυκλοφορητή να εκκινήσει. Ο κυκλοφορητής τέθηκε σε λειτουργία για διάστημα 5 λεπτών και ύστερα απενεργοποιήθηκε καθώς η διάφορα ηλιακού συλλέκτη-δοχείου έπεσε κάτω από τις 4 μονάδες που έχουμε ρυθμίσει στο πρόγραμμα λειτουργίας. Μετά από ένα διάστημα 5 λεπτών δόθηκε η εντολή για επανεκκίνηση. Συνολικά για το χρονικό διάστημα 10 π.π μέχρι και 4 μ.μ.(19/05/2016) έγιναν 32 εκκινήσεις-σταματημοί στον κυκλοφορητή από το σύστημα μας. Η τελική θερμοκρασία στο δοχείο έφτασε τους 52° βαθμούς κελσίου, θερμοκρασία ικανοποιητική από την οικία για τις θερμικές τις ανάγκες σε ZNX (ζεστό νερό χρήσης).

### 11.2 Συμπεράσματα, και εξοικονόμηση ενεργείας.

Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος στην καλοκαιρινή περίοδο η χρήση της ηλεκτρικής ενεργείας ήταν ανούσια καθώς το σύστημα έφτανε με την θερμότητα των ηλιακών συλλεκτών στην επιθυμητή τιμή για την κάλυψη των αναγκών της οικίας ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πόσου της εξοικονόμησης ενεργείας καθώς και χρημάτων είναι η διάφορα στο τιμολόγιο του παρόχου ηλεκτρικής ενεργείας .κατά το έτος 2015 την περίοδο 20/05/2015 έως την 19/09/2015 η κατοικία κατανάλωσε 2.756 KW/h για τις ίδιες τώρα καταναλώσεις πλην την ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα άλλα με την χρήση του συστήματος μας “HELLIOS” η κατοικία κατανάλωσε για το ίδιο χρονικό διάστημα όντος του 2016 1.469 KW/h. Η διάφορα  $2.756-1.469=1.287\text{KW/h}$  όπου με βάση την τα στοιχεία της green peace γλυτώσαμε από τον πλανήτη 1.42 τόνους CO<sub>2</sub> μόνο για εκείνο το διάστημα. Η χρέωση τώρα του προμηθευτή της ηλεκτρικής ενεργείας είναι 665€ για το 2015 και για το 2016 369€ εξοικονόμηση της τάξεως των  $665-369=296\text{€}$ . Η πραγματική τιμή της εξοικονόμησης ενεργείας και χρημάτων θα φανεί όταν το σύστημα τοποθετηθεί και λειτουργήσει σε ετήσια βάση ώστε να γίνει η πλήρη χρήση και λειτουργία του συστήματος (υποπρογράμματα θέρμανσης ) και με ηλιακούς συλλέκτες ποιο αποδοτικούς (του εμπορίου) καθώς στο πλαίσιο της υπάρχουσας πτυχιακής εργασίας οι ηλιακοί συλλέκτες κατασκευαστήκαν από εμάς με χρήση ανακυκλώσιμων υλικών.



## Βιβλιογραφία

1. <http://www.mcit.gov.cy> <<Έλεγχος λειτουργίας ηλιακών συστημάτων εξοικονόμηση ενέργειας.>>
2. Διπλωματική εργασία με τίτλο: <<Εξοικονόμηση Ενέργειας με Εφαρμογή Ηλιοθερμικών Συστημάτων.>>
3. el.wikipedia.org