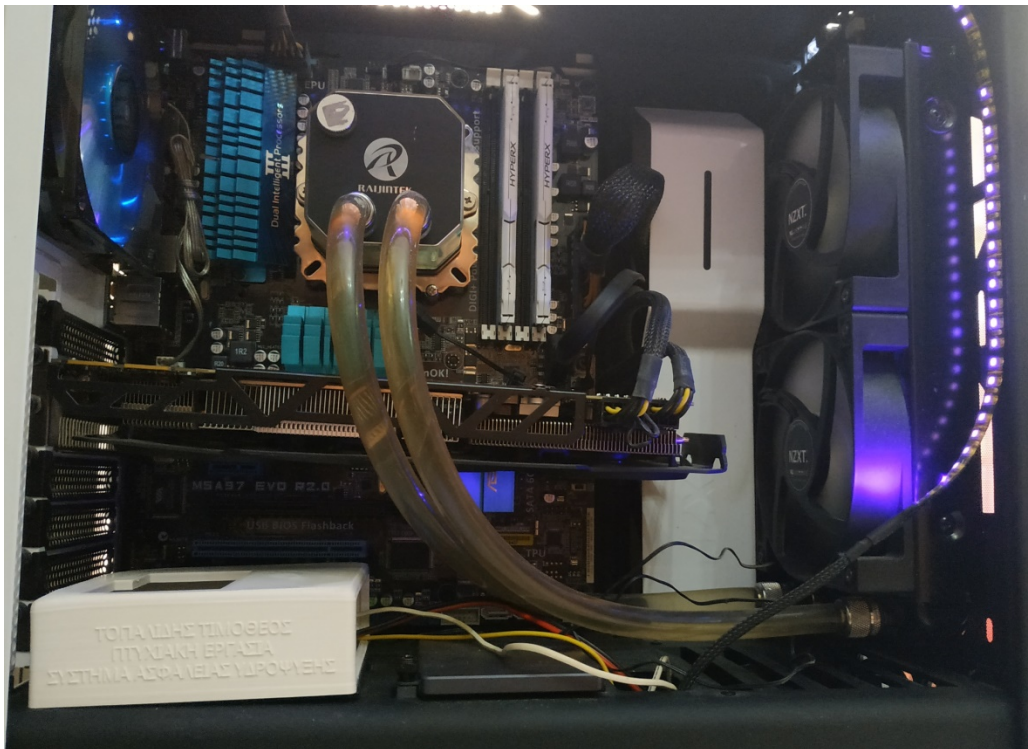


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΥΔΡΟΨΥΞΗΣ ΓΙΑ PC»



Του φοιτητή
Τοπαλίδη Τιμόθεου
Αρ. Μητρώου: 512099

Επιβλέπων
Βάσσιος Βασίλειος
Αναπληρωτής

30 Αυγούστου 2020

Τίτλος Π.Ε. Μελέτη και κατασκευή συστήματος υδρόψυξης για PC

Κωδικός Π.Ε. 17174Σ

Όνοματεπώνυμο φοιτητή Τοπαλίδης Τιμόθεος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Βάσιος Βασίλειος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 17 Οκτωβρίου 2017

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 29 Αυγούστου 2020

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Τοπαλίδη Τιμόθεου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Αφιέρωμένη στην οικογένεια μου»

Πρόλογος

Ο λόγος που επέλεξα την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει να κάνει κατά κύριο λόγο με το μεγάλο ενδιαφέρον που έχω για τους υπολογιστές και την τεχνολογία ψύξης τους μέσω υδροψύξεων που χρησιμοποιούσα ήδη για πολλά χρόνια και έτσι μπορούσα εξ' αρχής να έχω μία καλύτερη εικόνα για την εργασία και τους στόχους που θα έπρεπε να εκπονήσω.

Αποτέλεσμα αυτής της επιλογής μου ήταν η αφενός μεν απασχόληση μου με πολύ μεγάλο ενδιαφέρον καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας , αφετέρου δε η ακόμα μεγαλύτερη διεύρυνση των γνώσεων μου γύρω από τον χώρο και την τεχνολογία των υδροψύξεων καθώς και των πολλών διαφορετικών εξαρτημάτων και προγραμμάτων που χρειάστηκαν για την ρύθμιση της πλακέτας αυτών όπως παραδείγματος χάρη τα λογισμικά Proteus , PIC CSS Compiler και Mat lab.

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα την μελέτη και κατασκευή μίας λειτουργικής υδρόψυξης για ηλεκτρονικούς υπολογιστές με την προσθήκη συστημάτων ασφαλείας αλλά και ρύθμισης σε διάφορα στάδια λειτουργίας της προς πρόληψη και αποφυγή οποιασδήποτε ζημιάς στο σύστημα μας. Στα επιμέρους τμήματα θα αναλυθούν η σύλληψη της ιδέας , η αρχική μελέτη , τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στην πορεία , ο τρόπος ανίχνευσης και αντιμετώπισης τους , οι διάφορες μετρήσεις καθ' όλη την διάρκεια των πειραμάτων, η σχεδίαση της πλακέτας ελέγχου της υδρόψυξης , ο προγραμματισμός της πλακέτας , η πλήρης υλοποίηση της κατασκευής καθώς και το τελικό αποτέλεσμα μαζί με τα συμπεράσματα μας.

‘Study and Implementation of a Liquid Cooler for PC’

‘Timotheos Topalidis’

Abstract

This thesis revolves around the study and implementation of a fully functional water-cooling system for electronic computers with the addition of security and control systems in various levels of operation in order to prevent and avoid any damage to our system. The thesis consists of detailed sections containing the first reception of the idea, the early stages of our study, the problems that occurred on the way, methods of detecting and eliminating them, various instrument measurements during the whole testing phase, control board design, programming of the board, full build design, as well as the final project along with our conclusions and suggestions for future improvements.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο της πτυχιακής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα της πτυχιακής εργασίας μου κ. Βάσσιο Βασίλειο με τον οποίο είχα μία καταπληκτική συνεργασία σε όλα τα στάδια εκπόνησης της χωρίς να αντιμετωπίσω το παραμικρό πρόβλημα. Καθηγητές οι οποίοι είναι δίπλα στον φοιτητή όχι απο προσωπικό όφελος αλλά απο ειλικρινό ενδιαφέρον δεν μπορούν και δεν πρέπει να περνάνε απαρατήρητοι.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Ευχαριστίες.....	vii
Περιεχόμενα.....	viii
Κατάλογος Σχημάτων.....	x
Κατάλογος Πινάκων.....	xii
Συντομογραφίες.....	xiii
Εισαγωγή.....	xiv
Κεφάλαιο 1 ^ο : Ιστορική Αναδρομή και ανάλυση της Υδρόψυξης.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.3 Τί είναι η υδρόψυξη και πώς λειτουργεί.....	4
1.4 Επιμέρους μέρη της υδρόψυξης.....	6
1.4.1 Water Block.....	6
1.4.2 Radiators.....	8
1.4.3 Αντλίες και Reservoir.....	11
1.4.4 Ανεμιστήρες.....	13
1.4.5 Σωληνώσεις, Fittings & Υγρό ψύξης.....	15
1.5 Πλεονεκτήματα έναντι της αερόψυξης.....	17
1.6 Αρνητικά και εν δυνάμει κίνδυνοι.....	18
1.7 Επίλογος.....	19
Κεφάλαιο 2 ^ο : Σύλληψη ιδέας και αρχική σχεδίαση με χρήση Peltier.....	20
2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2 Σύλληψη της ιδέας.....	20
2.3 Προσεγγιστικό διάγραμμα Gantt υλοποίησης της πτυχιακής.....	22
2.4 Αρχική σχεδίαση με χρήση Peltier.....	25
2.5 Λόγοι απόρριψης Peltier.....	28
2.5.1 Κίνδυνος εμφάνισης υγρασίας στο εσωτερικό του συστήματος.....	28
2.5.2 Συνολικό κόστος με χρήση Peltier.....	31

2.5.3 Μηδενικό κέρδος στην απόδοση του συστήματος.....	31
2.6 Επίλογος.....	32
Κεφάλαιο 3° : Ρύθμιση παραμέτρων υδρόψυξης.....	33
3.1 Εισαγωγή.....	33
3.2 Αισθητήριο θερμοκρασίας.....	33
3.3 Ανεμιστήρες ρυθμιζόμενοι με παλμό.....	40
3.4 Υπερχρονισμός επεξεργαστή.....	43
3.5 Επίλογος.....	44
Κεφάλαιο 4° : Τελική Σχεδίαση Κυκλώματος.....	45
4.1 Εισαγωγή.....	45
4.2 Τελικό κύκλωμα και λογική υλοποίηση.....	45
4.3 Κατασκευή τελικού κυκλώματος και καλύμματος από 3D Printer.....	49
4.4 Αναλυτική λίστα υλικών με κοστολόγιο και λόγους επιλογής.....	51
4.5 Επίλογος.....	53
Κεφάλαιο 5° : Προγραμματισμός.....	54
5.1 Εισαγωγή.....	54
5.2 Επιλογή ανώτατων θερμοκρασιών λειτουργίας.....	54
5.3 Προειδοποιητικά μηνύματα ασφαλείας.....	56
5.4 Προγραμματισμός μικροελεγκτή – Διάγραμμα ροής.....	58
5.5 Επίλογος.....	63
Κεφάλαιο 6° : Αποτελέσματα πτυχιακής και προτάσεις βελτίωσης.....	64
6.1 Εισαγωγή.....	64
6.2 Αποτελέσματα – Συμπεράσματα.....	64
6.3 Προτάσεις Βελτίωσης.....	65
6.3.1 Εισαγωγή συστήματος ανίχνευσης επιπέδου νερού τύπου φλοτέρ.....	65
6.3.2 Δημιουργία βιβλιοθήκης με όλους τους διαθέσιμους επεξεργαστές.....	66
6.4 Επίλογος.....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΚΩΔΙΚΑΣ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	73

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Ο Cray-2 και στα δεξιά του ο σταθμός ψύξης του σε σχήμα καταρράκτη.....	1
Σχήμα 1.2: Υδρόψυξη φτιαγμένη με υλικά άλλων χρήσεων.....	2
Σχήμα 1.3: Σύστημα υδρόψυξης αξίας 5000 ευρώ.....	3
Σχήμα 1.4: Απεικόνιση σύγχρονου υπολογιστή με υδρόψυκτο επεξεργαστή και κάρτα γραφικών.....	4
Σχήμα 1.5: Σχεδιάγραμμα ενός συστήματος υδρόψυξης.....	4
Σχήμα 1.6: Διάγραμμα που απεικονίζει την τάση μεταφοράς της θερμότητας.....	5
Σχήμα 1.7: Στα αριστερά η εξωτερική και στα δεξιά η εσωτερική πλευρά του Cold Plate.....	6
Σχήμα 1.8: Τα βέλη υποδεικνύουν την ροή του υγρού.....	6
Σχήμα 1.9: Διαδικασία δημιουργίας των Micro-fin στο εσωτερικό του Cold Plate.....	7
Σχήμα 1.10: Απεικόνιση ενός GPU Block όπου στο κέντρο βλέπουμε την ύπαρξη Micro-fin.....	7
Σχήμα 1.11: Τρόπος λειτουργίας της υδρόψυξης.....	8
Σχήμα 1.12: Στην φωτογραφία παρατηρούμε ένα πανομοιότυπο ψυγείο μηχανής.....	8
Σχήμα 1.13: Στα αριστερά μας βλέπουμε ένα διπλό ενώ στα δεξιά μας ένα μονό ψυγείο.....	9
Σχήμα 1.14: Σύγκριση μεταξύ τριών διαφορετικών σε πάχος αλλά ίδιου μεγέθους ψυγείων.....	10
Σχήμα 1.15: Στα αριστερά ένα ψυγείο με μεγάλο FPI ενώ στα δεξιά ένα με μικρό.....	10
Σχήμα 1.16: Στα αριστερά το Bay Combo ενώ στα δεξιά το Cylindrical Combo.....	11
Σχήμα 1.17: Αντλία D5 σε τυπικό κυλινδρικό σχήμα και στα αριστερά η προπέλλα της.....	12
Σχήμα 1.18: Αντλία DDC τετραγωνικού σχεδιασμού και στα δεξιά η δική της προπέλλα.....	12
Σχήμα 1.19: Χαρακτηριστικά παραδείγματα High Airflow Fans από διαφορετικές εταιρείες.....	13
Σχήμα 1.20: Οπτική απεικόνιση του τρόπου μετάδοσης του αέρα σε έναν High Airflow Fan.....	13
Σχήμα 1.21: Παραδείγματα Static Pressure Fans.....	14
Σχήμα 1.22: Οπτική απεικόνιση του τρόπου μετάδοσης του αέρα σε έναν Static Pressure Fan.....	14
Σχήμα 1.23: Σωληνώσεις τύπου Soft Tubing.....	15
Σχήμα 1.24: Σωληνώσεις τύπου Hard Tubing.....	15
Σχήμα 1.25: Τυπικά διαμετρήματα σωληνώσεων.....	16
Σχήμα 1.26: Απεικόνιση της χαρακτηριστικής διαφοράς μεταξύ των δύο τύπων.....	16
Σχήμα 1.27: Τυπικά σχέδια που χρησιμοποιούνται σε συστήματα υδροψύξεων.....	17
Σχήμα 2.1: Σημείο που είχε κατέβει η στάθμη του υγρού της υδρόψυξης.....	20
Σχήμα 2.2: Σημείο στο οποίο πρέπει να βρίσκεται η στάθμη του υγρού της υδρόψυξης.....	21
Σχήμα 2.3: Η συσκευή Peltier.....	25

Σχήμα 2.4: Φαινόμενο Peltier.....	26
Σχήμα 2.5: Πρώτη σχεδίαση με χρήση Peltier.....	27
Σχήμα 2.6: Δεύτερη σχεδίαση με χρήση Peltier.....	27
Σχήμα 2.7: Παράδειγμα χρήσης δύο συσκευών Peltier σε σειρά.....	28
Σχήμα 2.8: Χαρακτηριστικό παράδειγμα ψυγείου της εταιρείας με χαλασμένα Peltier.....	29
Σχήμα 3.1: Φωτογραφία του αισθητηρίου που χρησιμοποιήθηκε στην πτυχιακή μας.....	33
Σχήμα 3.2: Σημείο τοποθέτησης αισθητηρίου θερμοκρασίας στην υδρόψυξη.....	34
Σχήμα 3.3: Απεικόνιση των διαφορετικού πλάτους παλμών.....	40
Σχήμα 3.4: Στοιχεία για την τεχνολογία Turbo Core από το επίσημο σάιτ της AMD.....	43
Σχήμα 3.5: Παράδειγμα λειτουργίας του Turbo Core σε επεξεργαστή της σειράς FX.....	44
Σχήμα 4.1: Η αντλία ρεύματος που σχεδίασε ο καθηγητής Howland.....	45
Σχήμα 4.2: Αρχική σχεδίαση μέσω του προγράμματος Proteus.....	47
Σχήμα 4.3: Τελικό κύκλωμα πλακέτας μέσω του προγράμματος Proteus.....	48
Σχήμα 4.4: Φωτογραφία του τελικού κυκλώματος σε υλική μορφή.....	49
Σχήμα 4.5: Αρχική σχεδίαση καλύμματος στο πρόγραμμα Solidworks.....	49
Σχήμα 4.6: Τελική σχεδίαση καλύμματος με το πρόγραμμα ZBrush.....	50
Σχήμα 4.7: Φωτογραφία του τελικού κυκλώματος μετά την προσθήκη του καλύμματος.....	50
Σχήμα 5.1: Ανώτατο όριο λειτουργίας του επεξεργαστή FX-8320 από το επίσημο σάιτ της AMD.....	54
Σχήμα 5.2: Η οθόνη LCD και η ενημέρωση που παρέχει στον χρήστη.....	56
Σχήμα 5.3: Τα τρία διαφορετικά LED σε κατάσταση λειτουργίας.....	56
Σχήμα 5.4: Παράδειγμα συναγερμού που χρησιμοποιήθηκε στην πλακέτα.....	57
Σχήμα 6.1: Φλοτέρ δεξαμενής νερού.....	65
Σχήμα 6.2: Ανώτατο όριο λειτουργίας του επεξεργαστή Ryzen από το επίσημο σάιτ της AMD.....	66

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Αρχικό χρονοδιάγραμμα.....	23
Πίνακας 2.2: Χρονοδιάγραμμα σε μορφή Chart.....	23
Πίνακας 2.3: Τελικό χρονοδιάγραμμα.....	24
Πίνακας 2.4: Τελικό χρονοδιάγραμμα σε μορφή Chart.....	24
Πίνακας 2.5: Συσχετισμοί των τριών παραγόντων.....	30
Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστική γραμμή της εξίσωσης.....	36
Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστική καμπύλη πολυωνύμου 4 ^{ου} βαθμού.....	37
Πίνακας 3.3: Ποσοστό λάθους των τιμών a,b,c,d,e.....	38
Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστική καμπύλη πολυωνύμου 5 ^{ου} βαθμού.....	38
Πίνακας 3.5: Ποσοστό λάθους των τιμών a,b,c,d,e.....	39
Πίνακας 3.6: Σύγκριση επιπέδων θορύβου.....	41
Πίνακας 3.7: Σύγκριση θερμοκρασιών σε διαφορετικές ταχύτητες.....	42
Πίνακας 4.1: Κοστολόγιο υλικών	51
Πίνακας 5.1: Αντιστοίχιση θερμοκρασιών.....	55
Πίνακας 5.2: Αντιστοίχιση τιμών τάσης και θερμοκρασίας.....	58

Συντομογραφίες

ADC	Analog to Digital Converter
AiO	All in One
AMD	Advanced Micro Devices
CHAR	Character
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
GHZ	Giga Hertz
GPU	Graphics Processing Unit
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MHZ	Mega Hertz
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NTC	Negative Temperature Coefficient
PIC	Programmable Interface Controllers
PVC	Polyvinyl Chloride
PWM	Pulse Width Modulation
RPM	Rounds Per Minute
TEC	Thermo Electric Cooling
TEMP	Temperature

Εισαγωγή

Η πτυχιακή εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο των πτυχιακών εργασιών των τελειόφοιτων φοιτητών του πρώην τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών.

Στόχος της είναι η μελέτη και η υλοποίηση μίας λειτουργικής υδρόψυξης για ηλεκτρονικούς υπολογιστές με την προσθήκη συστημάτων ασφαλείας ως μέσο πρόληψης και διαφύλαξης του συστήματος μας από οποιονδήποτε κίνδυνο. Οι κοινές υδροψύξεις του εμπορίου ανεξαρτήτως κόστους δεν προσφέρουν στον χρήστη απόλυτο έλεγχο και ενημέρωση με αποτέλεσμα ο υπολογιστής να διατρέχει σημαντικό κίνδυνο είτε από κάποια διαρροή είτε από ανάπτυξη επικίνδυνης θερμοκρασίας στον επεξεργαστή. Με την ολοκλήρωση της θα μπορούμε να παραδώσουμε στον χρήστη ένα απολύτως ασφαλές σύστημα το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιήσει στον προσωπικό του υπολογιστή χωρίς να χρειάζεται να ανησυχεί για οποιαδήποτε αστοχία υλικού καθώς το σύστημά μας θα τον προειδοποιεί σε κάθε ενδεχόμενο.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα συστήματα υδρόψυξης, θα κάνουμε μία ιστορική αναδρομή κοιτώντας την πορεία τους στο πέρασμα των ετών, τον τρόπο λειτουργίας τους, τα μέρη από τα οποία αποτελούνται καθώς και τις παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται η ικανότητα ψύξης τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την αρχική σύλληψη της ιδέας, την αρχική σχεδίαση της κατασκευής με την χρήση συσκευών Peltier αλλά και τους λόγους απόρριψής τους, καθώς και ένα προσεγγιστικό χρονοδιάγραμμα εκπόνησης της εργασίας μας τύπου Gantt Chart.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα δούμε το αισθητήριο θερμοκρασίας που επιλέξαμε για το σύστημά μας, τα διάφορα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε με την επιλογή του και τους τρόπους με τους οποίους καταφέραμε να τα επιλύσουμε, την ρύθμιση των ανεμιστήρων του ψυγείου της υδρόψυξης μέσω του μικροελεγκτή μας με σκοπό τόσο την καλύτερη ψύξη όσο και τον λιγότερο δυνατό θόρυβο, καθώς και την ρύθμιση του επεξεργαστή μας και τον λόγο πίσω από αυτή την κίνηση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρατηρήσουμε την τελική μας σχεδίαση και όλους τους λόγους που μας οδήγησαν σε αυτήν, όπως για παράδειγμα η χρήση ενός κυκλώματος Howland καθώς θέλαμε σταθερό ρεύμα πάνω στο αισθητήριο μας, τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάσαμε το κύκλωμα μας σε πλακέτα με κάλυμμα, ενώ στο τέλος θα δούμε και ένα αναλυτικό κοστολόγιο με τους λόγους επιλογής του κάθε υλικού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα δούμε τον προγραμματισμό του Μικροελεγκτή, το διάγραμμα ροής και την επεξήγηση του, τις απαραίτητες ενέργειες που έπρεπε να κάνουμε ώστε να μπορούμε να γράψουμε τον κώδικα μας όπως για παράδειγμα την εύρεση του ανώτατου ορίου θερμοκρασίας λειτουργίας του επεξεργαστή, τους τρόπους προειδοποίησης του χρήστη για κάθε πιθανή κατάσταση καθώς και την ρύθμιση των ανεμιστήρων με την χρήση παλμών PWM.

Στο έκτο κεφάλαιο θα καταλήξουμε στα συμπεράσματά μας καθώς και στις προτάσεις βελτίωσης που μπορούν να γίνουν στην κατασκευή μας, θα παρατηρήσουμε την άριστη λειτουργία του συστήματός μας καθώς και μερικές ιδέες όπως την εγκατάσταση ακόμα περισσότερων μέτρων ασφαλείας, όπως για παράδειγμα ενός φλοτέρ που θα μετράει την στάθμη του υγρού ή μίας βιβλιοθήκης για τον PIC που θα έχει αποθηκευμένους όλους τους διαθέσιμους επεξεργαστές του εμπορίου.

Κεφάλαιο 1^ο : Ιστορική αναδρομή και ανάλυση της Υδρόψυξης

1.1 Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο της πτυχιακής μας εργασίας , θα κάνουμε μία αναδρομή στο παρελθόν για να δούμε την πορεία και την εξέλιξη των συστημάτων υδρόψυξης στο πέρασμα των ετών , την πρώτη καταγεγραμμένη εμφάνιση τους καθώς και την σημερινή τους κατάσταση και μορφή.

Επίσης θα αναλύσουμε διεξοδικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα υδρόψυξης , τον σκοπό του καθενός , το πόσο μεγάλο ρόλο παίζει κάθε ένα από αυτά στην καλύτερη ψύξη του συστήματος μας ενώ στο τέλος θα κάνουμε και μία αναφορά στα πλεονεκτήματα της έναντι της αερόψυξης καθώς και στους εν δυνάμει κινδύνους που μπορεί να εμφανιστούν.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η χρήση υδροψύξεων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές παρότι σήμερα θεωρείται ευρέως διαδεδομένη μέχρι πριν μερικές δεκαετίες ήταν κυρίως περαστασιακή έως μηδαμινή. Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της μας πηγαίνει πίσω στο μακρινό 1985 και σε έναν από τους κορυφαίους υπερ-υπολογιστές (Supercomputers) τον Cray-2 [1] που μπορούμε να δούμε παρακάτω στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1 Ο Cray-2 και στα δεξιά του ο σταθμός ψύξης του σε σχήμα καταρράκτη

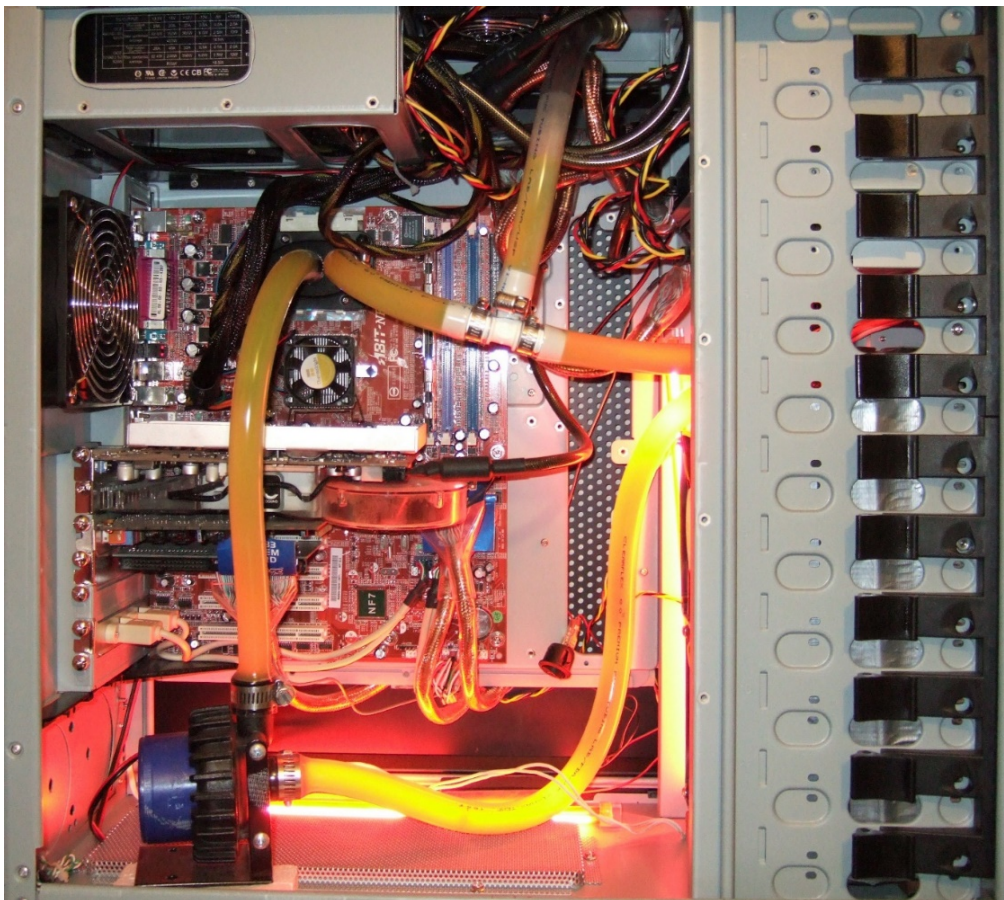
Όντας ο πρώτος υπολογιστής στην ιστορία που χρησιμοποιούσε περισσότερους από ένα πυρήνες φτάνοντας στο αδιανοήτο για την εποχή νούμερο των 8 πυρήνων , ο Cray-2 λόγω της σχεδίασης του για να καταφέρει αυτό το επίτευμα είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή εξαιρετικά μεγάλων θερμοκρασιών ειδικά σε καταστάσεις φόρτου.

Σε μία εξίσου πρωτοποριακή για την εποχή κίνηση οι μηχανικοί αποφάσισαν να διοχετεύσουν με μεγάλη πίεση μέσα από τα κυκλώματα του, ένα ηλεκτρικά αδρανές υγρό το οποίο θα απορροφούσε μεγάλο μέρος της θερμότητας αυτής και θα κατέληγε σε ένα σταθμό ψύξης. Η μοναδική κατασκευή του συστήματος ψύξης στην μορφή ενός καταρράκτη έγινε συνώνυμο της υψηλής υπολογιστικής δύναμης και εμφανίστηκε σε δεκάδες ενημερωτικά φιλμ της εποχής.

Παρότι η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση υδρόψυξης σε υπολογιστή χρονολογείται στο 1985, έως και τα τέλη τις δεκαετίας του 1990 οι κατασκευαστές ηλεκτρονικών υπολογιστών που προορίζονταν για το απλό κοινό χρησιμοποιούσαν μόνο αερόψυκτα μέσα για την ψύξη των υπολογιστών. Αυτό συνέβαινε κατά κύριο λόγο διότι οι τότε υπολογιστές δεν είχαν μεγάλη υπολογιστική δύναμη ούτε χρησιμοποιούσαν επεξεργαστές με μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια ώστε να παράγουν ικανοποιητικά επίπεδα θερμότητας σε σημείο που να δικαιολογείται και η ύπαρξη μίας υδρόψυξης στο σύστημα.

Κατά συνέπεια οι χρήστες που ήθελαν να ψύξουν τον υπολογιστή τους χρησιμοποιώντας νερό κατέφευγαν σε διάφορες πατέντες για να το επιτύχουν όπως στην χρήση ψυγείων από αυτοκίνητα , αντλιών που προορίζονταν για ενυδρεία , εργοστασιακού βαθμού σωληνώσεις ή λάστιχα απο συσκευές ποτίσματος ακόμα και πλαστικά μπουκάλια νερού που τα χρησιμοποιούσαν ως reservoir.

Στο Σχήμα 1.2 μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα τέτοιο αυτοσχέδιο σύστημα ψύξης υπολογιστή.



Σχήμα 1.2 Υδρόψυξη φτιαγμένη από αντλία ενυδρείου , fittings από λάστιχο ποτίσματος, CPU Block φτιαγμένο στο χέρι

Στις αρχές του 2000 και με την εμφάνιση των πρώτων επεξεργαστών που μπορούσαν να φτάσουν σε ταχύτητες το 1 Giga-Hertz , η χρήση των υδροψύξεων άρχισε να γίνεται πολύ πιο διαδεδομένη καθώς πλέον οι απαιτήσεις σε ενέργεια άρχισαν να ανεβαίνουν εκθετικά με αποτέλεσμα την παραγωγή θερμότητας σε πολύ υψηλά επίπεδα σε σημείο που οι απλές αεροψύξεις του εμπορίου σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορούσαν να ψύξουν σε ικανοποιητικό βαθμό.

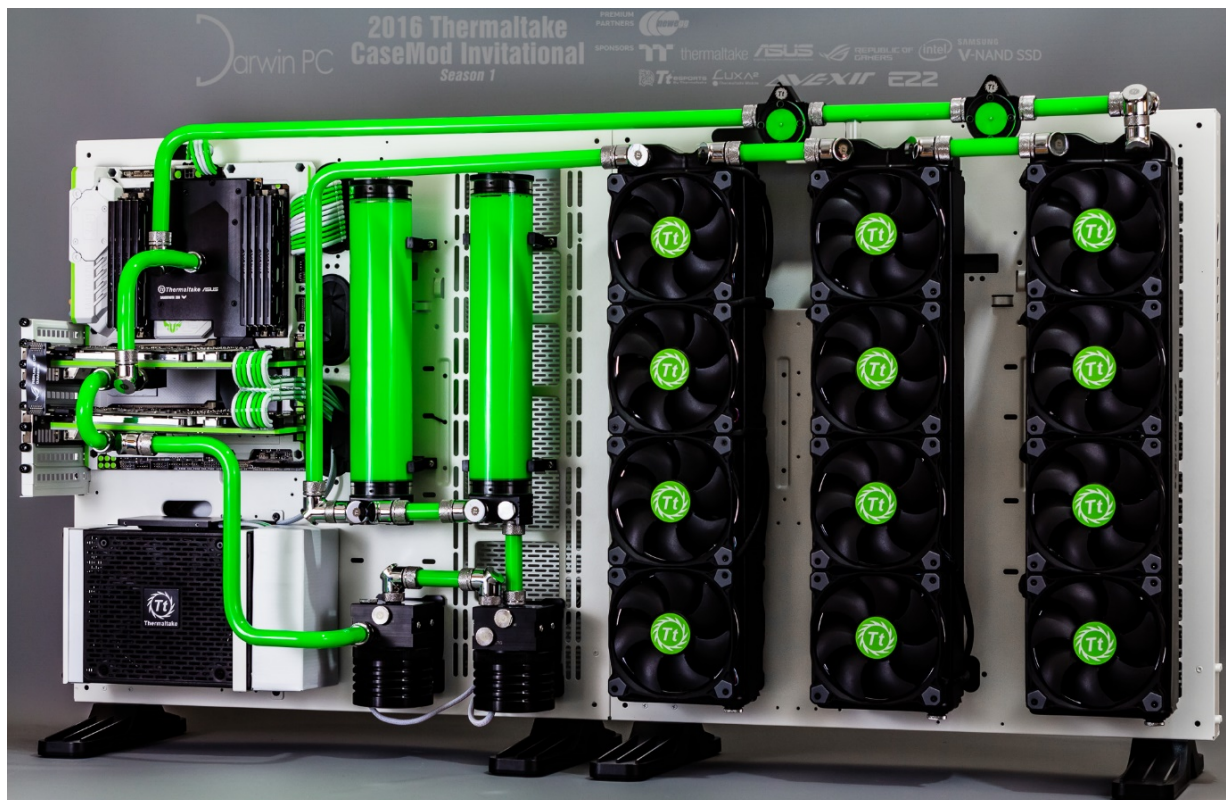
Εν έτει 2020 οι υδροψύξεις πλέον αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι των υπολογιστών με δεκάδες εταιρείες που παράγουν ολοκληρωμένα συστήματα υδρόψυξης όπως για παράδειγμα η Corsair , η EKWB , η NZXT , η Coolermaster και η Deepcool μεταξύ άλλων.

Η χρήση τους πλέον θεωρείται σε πολλές περιπτώσεις έως και απαραίτητη όπως για παράδειγμα σε συστήματα τα οποία υπερχρονίζονται με σκοπό την μέγιστη απόδοση του υπολογιστή και έτσι παράγουν ακόμα μεγαλύτερη θερμότητα από αυτήν που θα έδιναν σε περίπτωση που λειτουργούσαν στις κανονικές τους τιμές.

Οι τελευταίοι επεξεργαστές της AMD που κυκλοφόρησαν τον Ιούλιο του 2020 για παράδειγμα καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ισχύος σε ορισμένες περιπτώσεις και μοντέλα με αποτέλεσμα ακόμα και ο κατασκευαστής να συστήνει την χρήση υδρόψυξης για την ιδανικότερη λειτουργία τους [2].

Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι πλέον στο εμπόριο κυκλοφορούν χιλιάδες ανταλλακτικά για υδροψύξεις σε ένα μεγάλο εύρος τιμών με αποτέλεσμα να βλέπουμε συστήματα τα οποία ξεκινάνε από τα 50 ευρώ στην πιο απλή τους μορφή και μπορούν να φτάσουν σε κόστος ακόμα και τα 10.000 με 15.000 ευρώ σε ακραίες περιπτώσεις.

Στο Σχήμα 1.3 μπορούμε να δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.



Σχήμα 1.3 Σύστημα υδρόψυξης αξίας 5000 ευρώ

1.3 Τί είναι η υδρόψυξη και πώς λειτουργεί

Η υδρόψυξη είναι ένας από τους δύο τρόπους που υπάρχουν για να ψύξεις έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή με την αερόψυξη να είναι ο δεύτερος και πιο διαδεδομένος. Ο τρόπος που ψύχει το σύστημα μας παρότι παρόμοιος παρουσιάζει κάποιες σημαντικές διαφοροποιήσεις που την καθίστουν σε πολλές περιπτώσεις μία καλύτερη λύση.

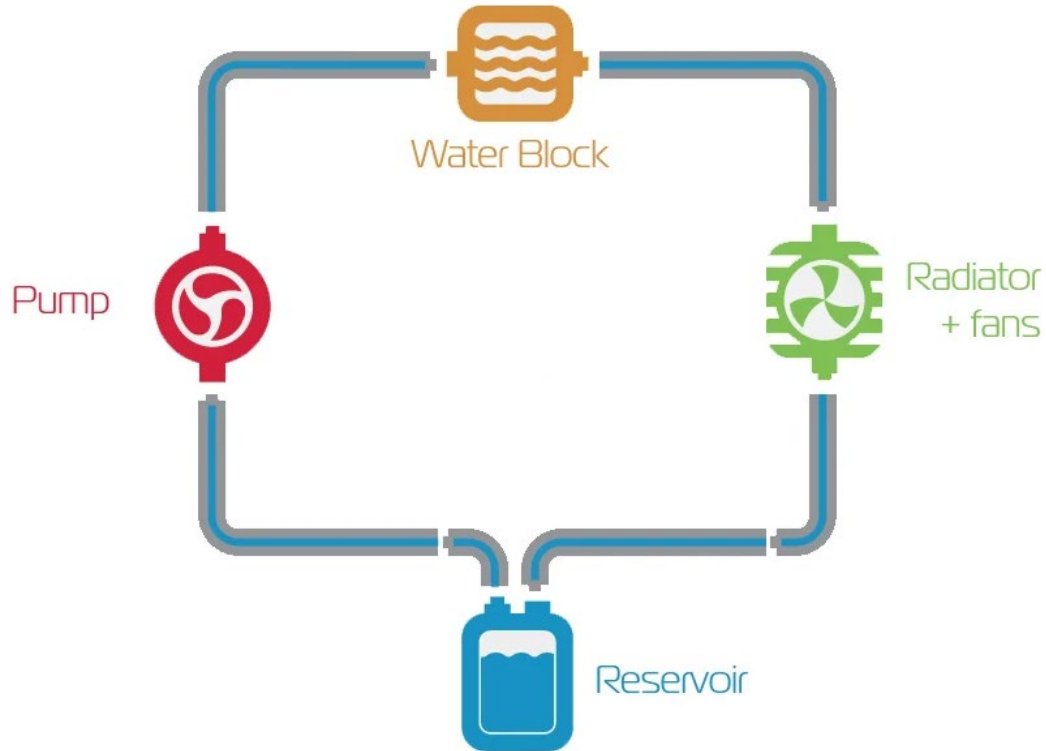
Η υδρόψυξη όπως παρατηρούμε και στα Σχήματα 1.4 και 1.5 αποτελείται από ένα σύνολο 6 έως 7 διαφορετικών εξαρτημάτων τα οποία συνεργάζονται για να μας επιθυμητό αποτέλεσμα .

- Water Block
- Radiator
- Pump
- Reservoir
- Fans
- Tubing & Fluid
- Fittings



τα οποία δώσουν το

Σχήμα 1.4
Απεικόνιση ενός σύγχρονου υπολογιστή με υδρόψυκτο επεξεργαστή και κάρτα γραφικών



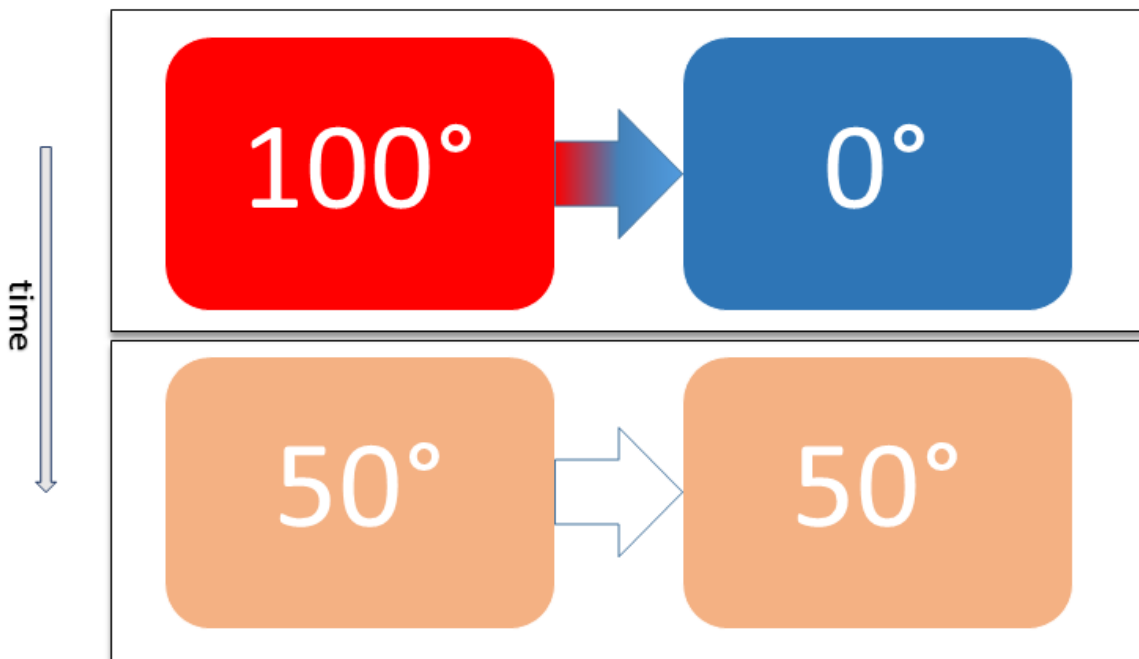
Σχήμα 1.5 Σχεδιάγραμμα ενός συστήματος υδρόψυξης

Το Water Block ερχόμενο σε επαφή με το σημείο που θέλουμε να ψύξουμε και απορροφά την θερμότητα που αυτό παράγει. Στην συνέχεια με την βοήθεια της αντλίας αυτή η θερμότητα μεταφέρεται μέσω του υγρού στον σταθμό ψύξης που είναι το ψυγείο (Radiator) .

Εκεί με την βοήθεια ανεμιστήρων το ψυγείο ρίχνει την θερμοκρασία του υγρού διοχετεύοντας την παραγόμενη θερμότητα στο περιβάλλον. Στην συνέχεια το υγρό επιστρέφει πίσω στο Water Block σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν που έφυγε πετυχαίνοντας με αυτόν τον τρόπο την ψύξη του εξαρτήματος.

Η όλη λογική του συστήματος μας μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητή με την χρήση ενός από τους βασικούς κανόνες της θερμοδυναμικής [3] . Ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής μας λέει ότι δύο σώματα που έχουν ίδια θερμοκρασία και είναι σε ένα κλειστό σύστημα απομονωμένα από το περιβάλλον δεν έχουν την δυνατότητα να εξελιχθούν σε μία κατάσταση όπου το ένα από τα δύο να έχει μία σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία. Με λίγα λόγια ο νόμος ορίζει ότι η θερμότητα ρέει πάντα αυθόρμητα από τα θερμά στα ψυχρά σώματα και ποτέ από τα ψυχρά στα ζεστά εκτός αν δαπανήσουμε ενέργεια.

Με βάση λοιπόν τον 2^ο Νόμο της Θερμοδυναμικής μπορούμε να δούμε ότι στην περίπτωση μας όταν στο σύστημα μας παράγεται θερμότητα σε ένα μέρος του (Water Block) , η θερμική ισορροπία διαταράσσεται με αποτέλεσμα στην προσπάθεια να επανέλθει το σύστημα στην αρχική του ισορροπία η θερμότητα να μεταφέρεται από το πιο ζεστό σημείο του συστήματος στο πιο κρύο που είναι το ψυγείο μας όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.6.

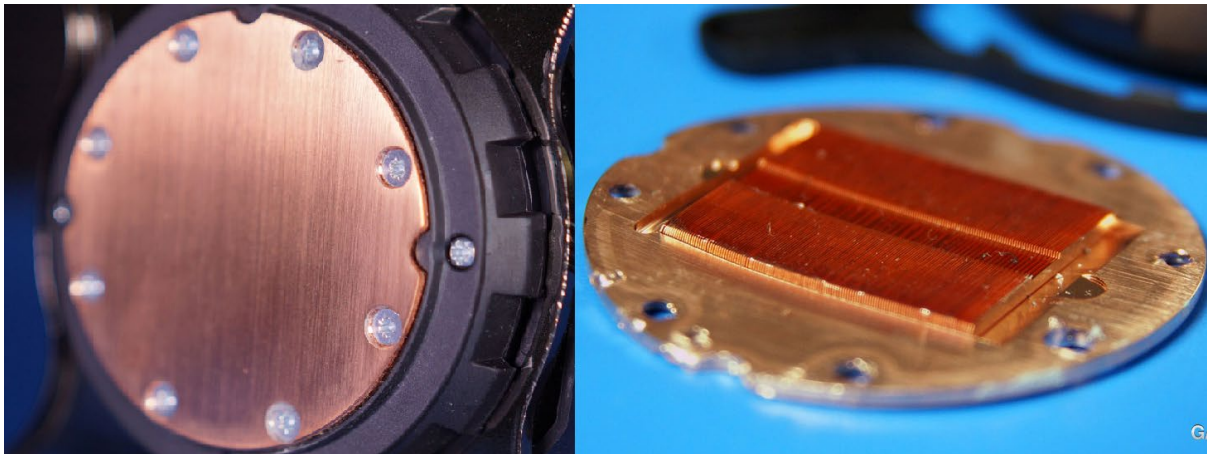


Σχήμα 1.6 Διάγραμμα που απεικονίζει την τάση μεταφοράς της θερμότητας στην διάρκεια του χρόνου

1.4 Επιμέρους μέρη της υδρόψυξης

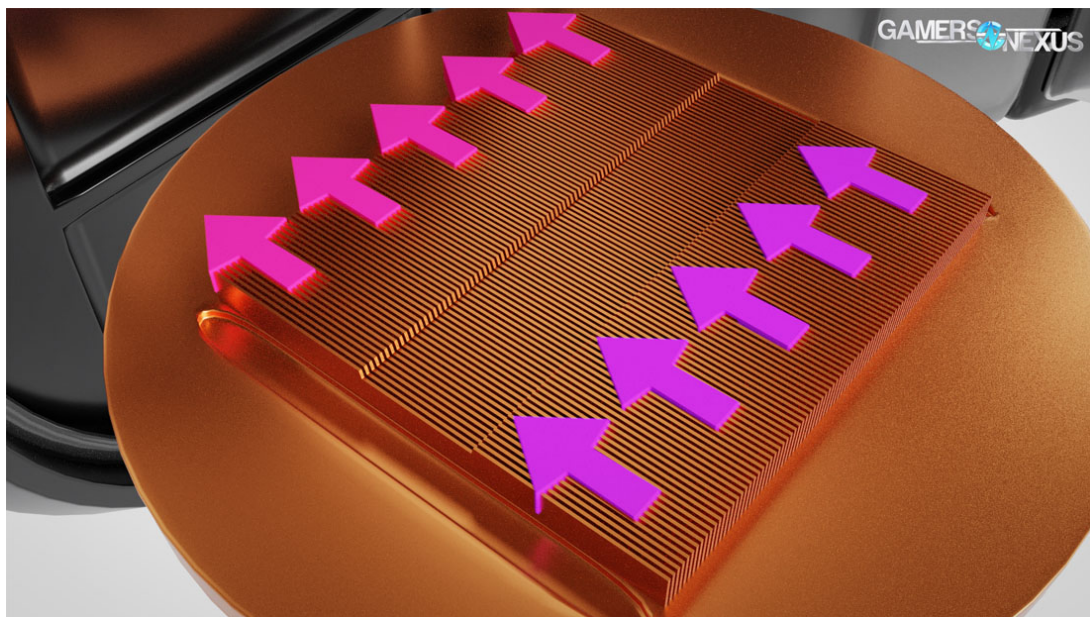
1.4.1 Water Block

Water Blocks υπάρχουν για όλα τα μέρη του υπολογιστή αλλά κυρίως δημιουργούνται για την ψύξη του επεξεργαστή (CPU Blocks) και της κάρτας γραφικών (GPU Blocks όπως στο Σχήμα 1.10). Το σημείο που έρχεται σε επαφή μαζί τους λέγεται Cold Plate (Σχήμα 1.7) [4] και η αρχιτεκτονική του παίζει μεγάλο ρόλο στην αποτελεσματική ψύξη του συστήματος μας. Στο εσωτερικό του βρίσκονται εκατοντάδες μικροσκοπικά πτερύγια (Micro-fins) τα οποία είναι υπεύθυνα για την άμεση μεταφορά της θερμότητας από τον επεξεργαστή ή την κάρτα γραφικών στο υγρό του συστήματος.



Σχήμα 1.7 Στα αριστερά η εξωτερική και στα δεξιά η εσωτερική πλευρά του Cold Plate ενός CPU Block

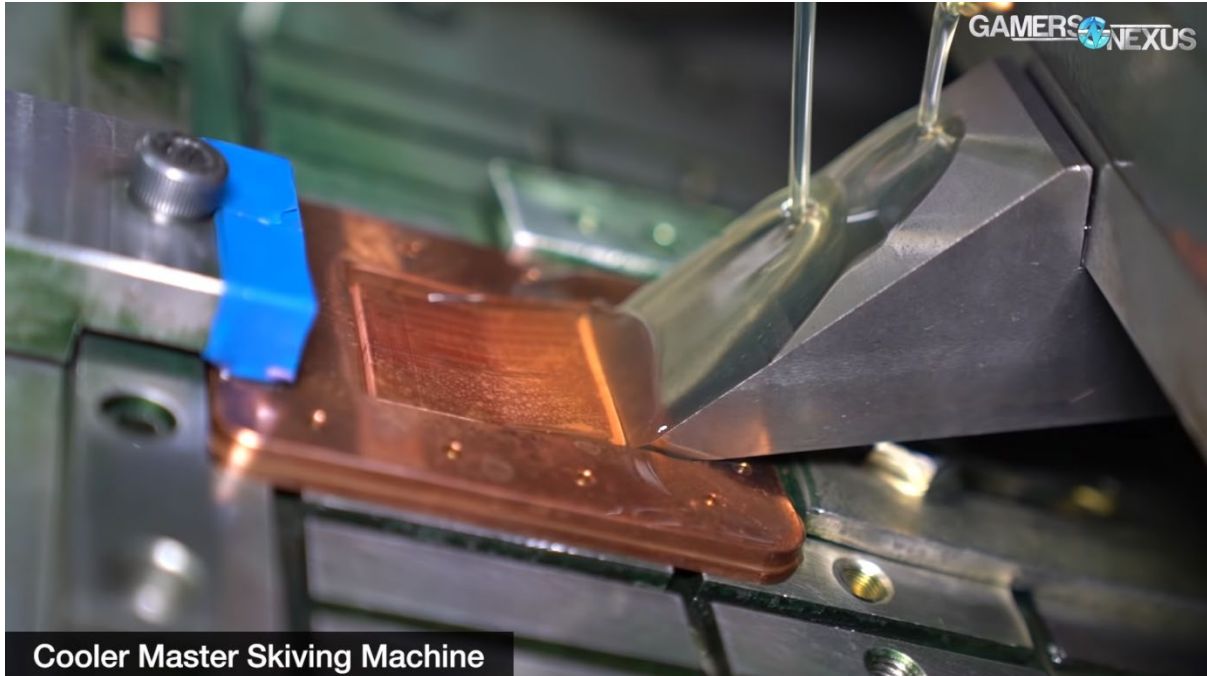
Τα Micro-fins πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μην εμποδίζουν την ροή του υγρού αλλά παράλληλα να δημιουργούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια για να μπορούν να μεταφέρουν την θερμότητα με μεγάλη ταχύτητα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.8 [4].



Σχήμα 1.8 Τα βέλη υποδεικνύουν την ροή του υγρού

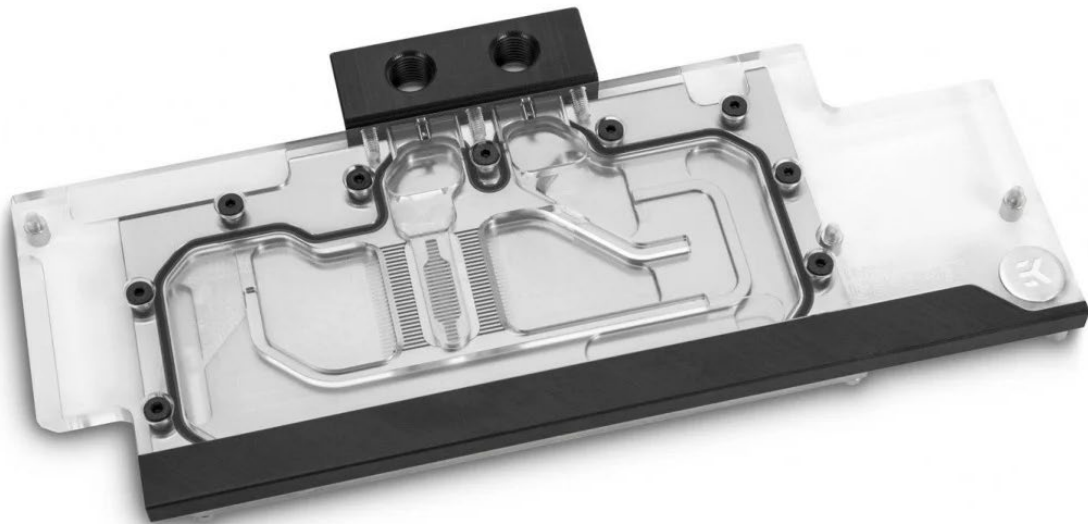
Για την κατασκευή των Water Blocks χρησιμοποιούνται διάφορα μέταλλα όπως είναι ο χαλκός ,το νικέλιο , το ασήμι και ο χρυσός. Το πιο σύνηθες μέταλλο παρ'όλα αυτά είναι ο χαλκός εξαιτίας του

ιδιαίτερα χαμηλού κόστους παραγωγής καθώς και των πολύ καλών αγώγιμων ιδιοτήτων του. Πρέπει να τονιστεί ότι η παραγωγή τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη, χρονοβόρα και με μεγάλο οικονομικό κόστος και μπορεί να γίνει μόνο μέσω ενός ειδικού μηχανήματος και μίας διαδικασίας που λέγεται Skiving [4] (Κόψιμο ή σχίσιμο σε ελεύθερη μετάφραση) και μπορούμε να παρατηρήσουμε στο Σχήμα 1.9.



Σχήμα 1.9 Διαδικασία δημιουργίας των Micro-fin στο εσωτερικό του Cold Plate

Αυτός είναι και ο λόγος που το κόστος του ολοκληρωμένου συστήματος ανεβαίνει σημαντικά καθώς αν εξαιρέσουμε το Water Block τα υπόλοιπα μέρη είναι φθηνά και εύκολα στην κατασκευή τους.

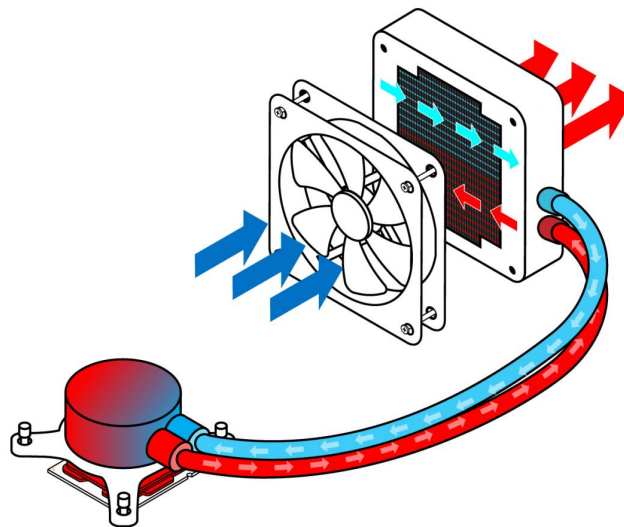


Σχήμα 1.10 Απεικόνιση ενός GPU Block όπου στο κέντρο βλέπουμε την ίδια αρχιτεκτονική με την ύπαρξη Micro-fin

1.4.2 Radiators

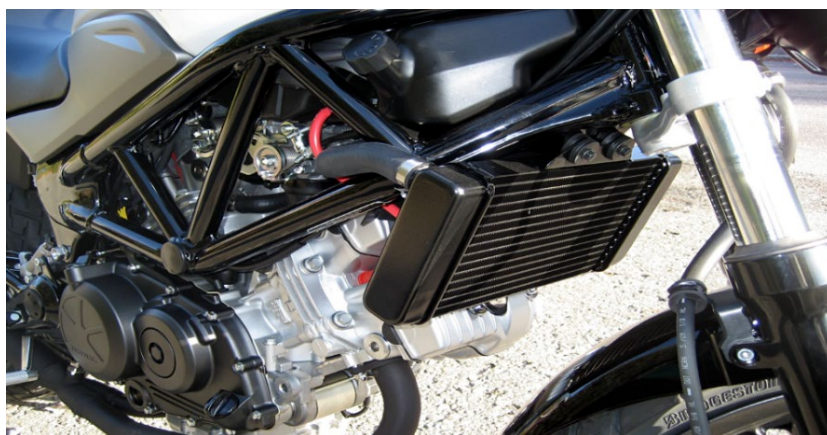
Είναι κατά τεκμήριο το σημαντικότερο μέρος του συστήματος καθώς εκεί είναι που το υγρό μας ψύχεται προτού επιστραφεί στο Water Block. Καθότι τα μοντέρνα Water Blocks και οι Αντλίες έχουν έρθει με τα χρόνια πάρα πολύ κοντά σε απόδοση με αποτέλεσμα όλα τα διαθέσιμα μοντέλα να παρουσιάζουν σχεδόν ίδια χαρακτηριστικά, η ειδοποιός διαφορά στο πόσο καλή θα είναι η ψύξη που μας παρέχει ένα σύστημα κρίνεται κατά κύριο λόγο από το ψυγείο μας.

Καθώς το υγρό φεύγει από το Water Block , εισέρχεται στο ψυγείο . Εκεί εκατοντάδες μικροσκοπικά πτερύγια απορροφούν την θερμότητα την οποία μεταφέρει και στην συνέχεια με την βοήθεια των ανεμιστήρων την διώχνουν στο περιβάλλον. Το ψυγείο στο εσωτερικό του είναι χωρισμένο σε δύο μέρη και έτσι το υγρό μετά το πρώτο πέρασμα κάνει μία αναστροφή για να ψυχθεί ξανά προτού βγει από το ψυγείο. Η διαφορά θερμοκρασίας από το σημείο εισόδου έως το σημείο εξόδου είναι συνήθως απο 2 έως 3 βαθμούς Κελσίου. Στο Σχήμα 1.11 μπορούμε να παρατηρήσουμε την προαναφερθείσα διαδικασία.



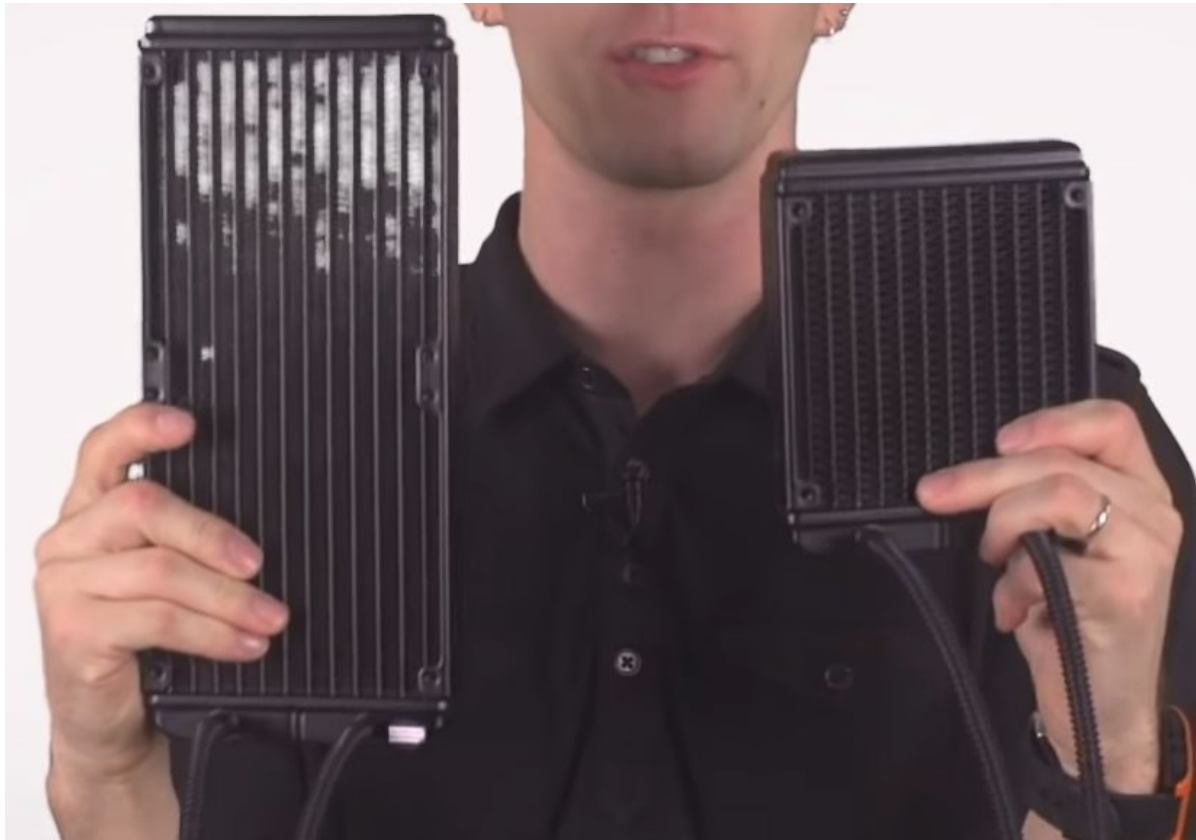
Σχήμα 1.11 Το υγρό εισέρχεται από το πάνω μέρος στην μέγιστη θερμοκρασία του. Εκεί ψύχεται καθ'όλη την διάρκεια της διαδρομής του. Φτάνοντας στο τέλος της διαδρομής κάνει αναστροφή και γυρίζει προς τα πίσω παίρνοντας ακόμα μία φορά ανάμεσα από τα πτερύγια προτού βγει οριστικά από το ψυγείο.

Αξίζει να τονίσουμε ότι ο τρόπος λειτουργίας καθώς και η σχεδίαση ενός ψυγείου για ηλεκτρονικούς υπολογιστές δεν διαφέρει σχεδόν σε τίποτα από ένα ψυγείο που προορίζεται για μοτοσυκλέτα ή αυτοκίνητο εκτός από το μέγεθος. Στο σχήμα 1.12 βλέπουμε ένα τέτοιο ψυγείο.



Σχήμα 1.12 Στην φωτογραφία παρατηρούμε ένα πανομοιότυπο ψυγείο μηχανής

Τα ψυγεία έρχονται σε τέσσερις διαφορετικούς συνδυασμούς με τον καθένα από αυτούς να ορίζεται από τους πόσους ανεμιστήρες μπορούμε να χωρέσουμε πάνω τους. Είναι μονά , διπλά , τριπλά ή τετραπλά με την χωρητικότητά τους να είναι ένας , δύο , τρεις και τέσσερις ανεμιστήρες αντίστοιχα. Στο εμπόριο κατά πλειοψηφία συναντάμε κυρίως μονά και διπλά όπως στο Σχήμα 1.13.



Σχήμα 1.13 Στα αριστερά μας βλέπουμε ένα διπλό ενώ στα δεξιά μας ένα μονό ψυγείο

Κατά κανόνα όσο μεγαλύτερο είναι ένα ψυγείο τόσο καλύτερη είναι και η ψύξη που παρέχει στο σύστημά μας. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι διότι όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που δίνουμε στους ανεμιστήρες για να ψύξουν , τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αποδοτικότητά τους.

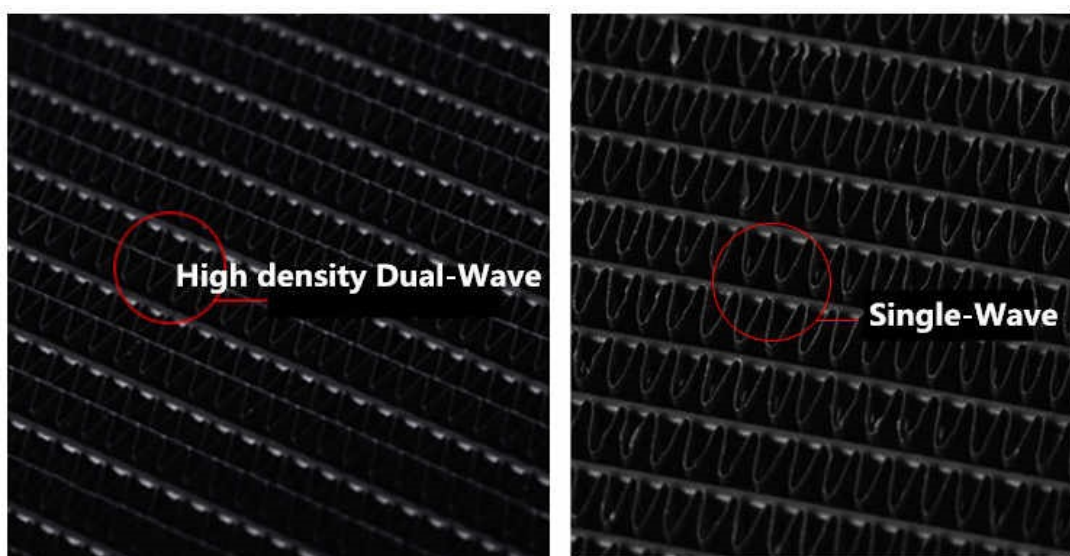
Όπως είδαμε παραπάνω παρά το γεγονός ότι πάντα ένα πιο μεγάλο ψυγείο θα μας δίνει καλύτερη ψύξη στο σύστημα , τα πλέον διαδεδομένα είναι τα μονά και τα διπλά και όχι τα πιο μεγάλα ψυγεία. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι τα περισσότερα συστήματα μπορούν να ψυχθούν σε ικανοποιητικό βαθμό από ένα μονό ή διπλό ψυγείο με αποτέλεσμα η χρήση ενός μεγαλύτερου να είναι ανούσια ενώ ο δεύτερος έχει να κάνει καθαρά με το κόστος καθώς τα πιο μεγάλα ψυγεία μπορεί να κοστίζουν από 100 έως 300 ευρώ παραπάνω.

Το πάχος ενός ψυγείου μπορεί να παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην απόδοση του συστήματος καθώς όσο μεγαλώνει τόσο περισσότερο μεγαλώνει και πάλι η επιφάνεια που δίνουμε στους ανεμιστήρες για να ψύξουν. Στο Σχήμα 1.14 παρατηρούμε τα διαφορετικά πάχη των ψυγείων.



Σχήμα 1.14 Σύγκριση μεταξύ τριών διαφορετικών σε πάχος αλλά ίδιου μεγέθους ψυγείων

Τέλος ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα ενός ψυγείου είναι πάλι το λεγόμενο Fin Density (Πυκνότητα των πτερυγίων). Όσο περισσότερο διπλώνουμε τα πτερύγια και τα φέρνουμε πιο κοντά το ένα στο άλλο τόσα περισσότερα μπορούμε και να χωρέσουμε όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 1.15. Καθότι αυτά είναι που απορροφάνε την ζέστη από το υγρό ώστε να την διώξουν στο περιβάλλον μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι όσα περισσότερα υπάρχουν σε ένα ψυγείο τόσο καλύτερη θα είναι και η ψύξη που αυτό παρέχει. Η τιμή μέτρησης της ποσότητας των πτερυγίων σε ένα ψυγείο ονομάζεται FPI ή Fins Per Inch (Πτερύγια ανά ίντσα).



Σχήμα 1.15 Στα αριστερά ένα ψυγείο με μεγάλο FPI ενώ στα δεξιά ένα με μικρό

1.4.3 Αντλίες και Reservoir

Παρότι αρχικά οι αντλίες και τα reservoir ήταν δύο ανεξάρτητα μέρη του συστήματος μίας υδρόψυξης, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία στροφή προς την κατασκευή ενός 2 σε 1 συνδυασμού των δύο αυτών εξαρτημάτων με την ονομασία Pump-Reservoir Combo κυρίως για λόγους εξοικονόμησης χώρου και χρήματος όπως στο Σχήμα 1.16.

Αυτά με την σειρά τους χωρίζονται σε δύο είδη με το σχήμα να είναι η διαφορά τους. Τα μεν πρώτα λέγονται Bay Pump Reservoir Combo ενώ τα δεύτερα Cylindrical Pump Reservoir Combo.



Σχήμα 1.16 Στα αριστερά το Bay Combo ενώ στα δεξιά το Cylindrical Combo

Κατά την επιλογή μίας αντλίας δύο είναι οι παράγοντες που πρέπει να προσέξουμε.

Ο πρώτος έχει να κάνει με το Flow Rate (Ρυθμός Ροής) και μετριέται σε λίτρα ανά λεπτό (Lt /m). Μία τιμή γύρω στα 2 με 3 λίτρα το λεπτό θεωρείται ιδανική.

Ο δεύτερος και πιο σημαντικός παράγοντας έχει να κάνει με το Head Pressure Rating το οποίο έχει μονάδα μέτρησης το μέτρο. Αυτό ορίζει πόσο ψηλά μπορεί να πετάξει ένα λάστιχο το νερό προς τα πάνω προτού αυτό αρχίσει να πέφτει ξανά προς τα κάτω λόγω βαρύτητας. Εδώ η τιμή που θεωρείται ιδανική είναι άμεσα εξαρτώμενη από το πόσα μέρη ψύχουμε στο σύστημά μας καθώς όσα περισσότερα μέρη προσθέτουμε τόσα μεγαλύτερη είναι και η απόσταση που πρέπει να διανύσει το υγρό. Κατά συνέπεια παρότι σε απλά συστήματα μία τιμή περίπου στα 4 μέτρα θα ήταν ιδανική, σε πιο σύνθετα συστήματα το νούμερο μπορεί να φτάσει στα 10 ή και περισσότερα μέτρα.

Κεφάλαιο 1°

Οι αντλίες χωρίζονται σε δύο είδη που παρατηρούμε στα Σχήματα 1.17 και 1.18 , τις D5 οι οποίες έχουν Flow Rate συνήθως γύρω στα 1500 λίτρα την ώρα ή 2,5 λίτρα το λεπτό και το Head Pressure Rating στα 4 μέτρα



Σχήμα 1.17 Αντλία D5 σε τυπικό κυλινδρικό σχήμα και στα αριστερά της η προπέλλα που ωθεί το υγρό και τις DDC με Flow Rate στα 1000 λίτρα την ώρα και Head Pressure Rating από 5 έως και 7 μέτρα.



Σχήμα 1.18 Αντλία DDC τετραγωνικού σχεδιασμού και στα δεξιά η δική της προπέλλα

Σε ότι έχει να κάνει με τα Reservoir , αυτά εξυπηρετούν δύο κυρίως σκοπούς.

Ο μεν πρώτος είναι να διαθέτουν ένα περίσσειμα υγρού ώστε να αναπληρώνουν οποιαδήποτε απώλεια του συστήματος μέσω της εξάτμισης που συμβαίνει λόγω των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται.

Ο δεύτερος σκοπός είναι η αφαίρεση των φυσαλίδων που μπορούν να δημιουργηθούν εντός του συστήματος και επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση του καθώς το νερό μεταφέρει την θερμότητα πολύ καλύτερα από τον αέρα.

Τέλος να τονίσουμε ότι το reservoir πρέπει πάντα και σε οποιοδήποτε σύστημα να βρίσκεται σε ψηλότερο σημείο από την αντλία κατά την διάρκεια του γεμίσματος του συστήματος με υγρό ώστε να την τροφοδοτεί συνεχώς και να εξασφαλίσουμε ότι δεν θα ξεμείνει ποτέ με αποτέλεσμα να στεγνώσει καθώς υπάρχει κίνδυνος να πάθει ζημιά ή και να καταστραφεί.

1.4.4 Ανεμιστήρες

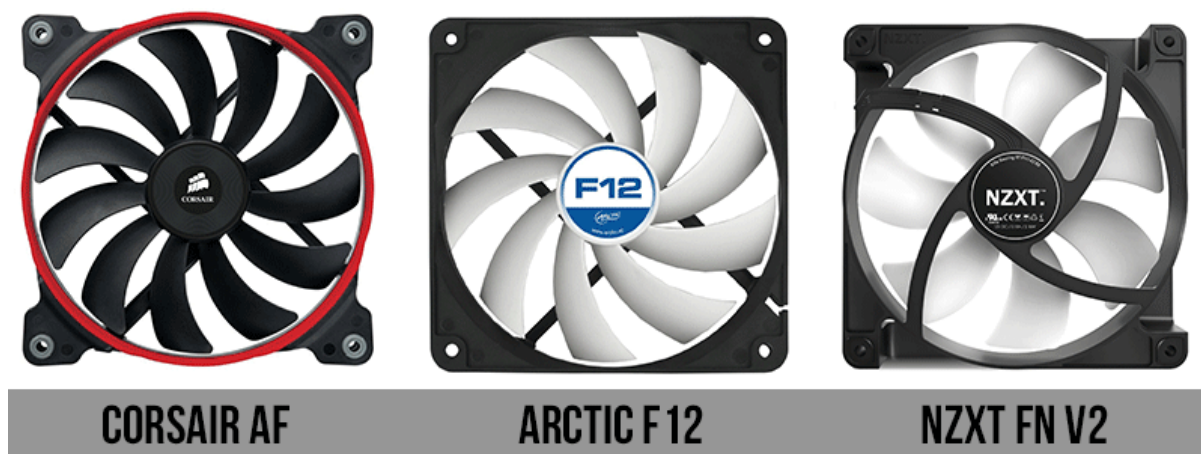
Οι ανεμιστήρες , παρότι είναι ένα ανεξάρτητο κομμάτι το οποίο χρησιμοποιείται για πολλές διαφορετικές χρήσεις , θεωρούνται στην ουσία μέρος του συστήματος της υδρόψυξης καθώς είναι υπεύθυνοι για την αποτελεσματική ψύξη του ψυγείου και κατά συνέπεια όλου του συστήματος. Το μέγεθος των ανεμιστήρων , παρότι παίζει ρόλο δεν είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τους ανεμιστήρες είναι ο τρόπος με τον οποίο διοχετεύουν τον αέρα. Για αυτόν τον λόγο χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- High Airflow Fans (Μεγάλης Ροής Αέρα) – Σχήμα 1.19

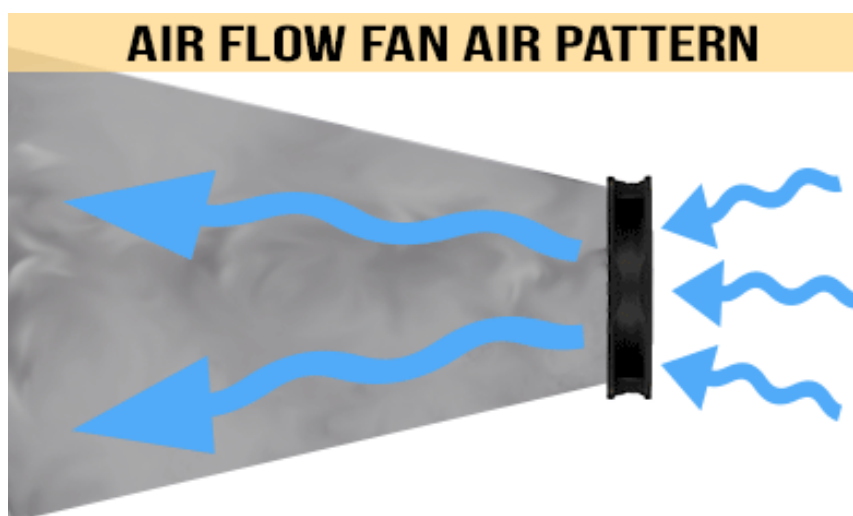
Η αρχιτεκτονική τους έχει ως σκοπό την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη παροχή αέρα στο σύστημά μας όταν δεν υπάρχουν εμπόδια που κόβουν ή παρεμποδίζουν την ροή του.

Για αυτόν τον σκοπό , τα πτερύγια του είναι πολύ λεπτά με μεγάλα κενά μεταξύ τους. Επίσης ο αριθμός των πτερυγίων είναι κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερος από την εταιρη σχεδίαση.



Σχήμα 1.19 Χαρακτηριστικά παραδείγματα High Airflow Fans από διαφορετικές εταιρείες

Ο κύριος λόγος πίσω από αυτόν τον σχεδιασμό είναι να περνάει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από τον ανεμιστήρα καθώς περιστρέφονται τα πτερύγια. Έτσι ο αέρας θα μπορεί να περάσει μέσα από τον ανεμιστήρα με άνεση σε μία ευθεία πορεία (Σχήμα 1.20).



Σχήμα 1.20 Οπτική απεικόνιση του τρόπου μετάδοσης του αέρα σε έναν High Airflow Fan

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό , οι συγκεκριμένοι ανεμιστήρες ενδείκνυνται όταν δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο στο σύστημά μας. Καθότι όμως εμείς θέλουμε οι ανεμιστήρες μας να διοχετεύουν τον αέρα μέσω του ψυγείου ώστε να επιτελείται η ψύξη μπορούμε να καταλάβουμε ότι οι συγκεκριμένοι δεν είναι οι ιδανικοί για την αυτήν την περίπτωση. Παρ'όλα αυτά τον πρώτο καιρό και λόγω μη ύπαρξης εναλλακτικής η χρήση τους ήταν μονόδρομος.

Βλέποντας λοιπόν την ανάγκη που υπήρχε για έναν διαφορετικού σκοπού ανεμιστήρα οι εταιρείες άλλαξαν ριζικά την σχεδίαση και μας έφεραν ένα καινούργιο τύπο:

➤ Static Pressure Fans (Ανεμιστήρες Στατικής Πίεσης) – Σχήμα 1.21

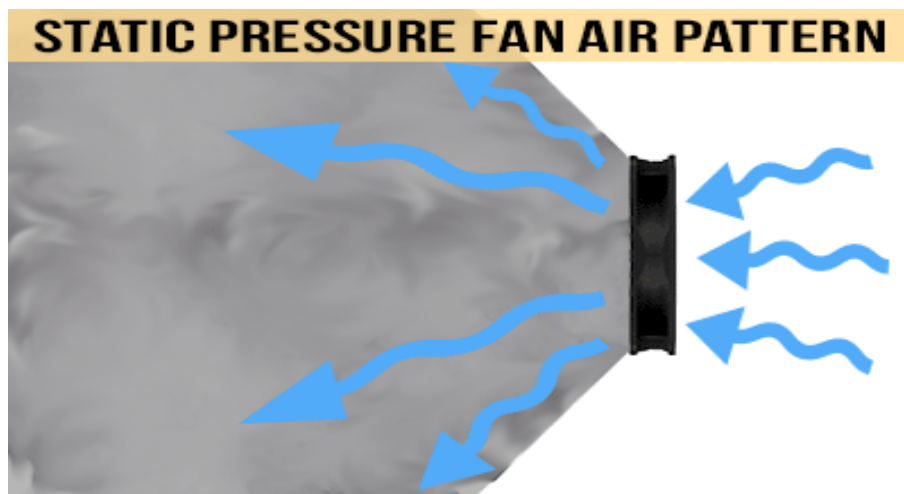
Η αρχιτεκτονική τους έχει ως σκοπό να ωθούν τον αέρα με όσο το δυνατόν περισσότερη δύναμη μέσα από στενές διόδους.

Έτσι σε αντίθεση με την κλασική κατασκευή , τα πτερύγια είναι πολύ μεγαλύτερα και τα κενά μεταξύ τους μικρότερα. Τα κενά μεταξύ των πτερυγίων και της εξωτερικής τους περιφέρειας είναι επίσης μικρότερα.



Σχήμα 1.21 Παραδείγματα Static Pressure Fans

Ο σχεδιασμός αυτός δεν αφήνει τον αέρα να ταξιδεύει ελεύθερα μέσα από τα πτερύγια όπως στα Airflow Fans αλλά τον ωθεί να περάσει με πίεση. Έτσι ως αποτέλεσμα ο αέρας περνάει από τον εξωτερικό δακτύλιο και όχι από το κεντρό όπως είδαμε παραπάνω εκμεταλλευόμενος οποιαδήποτε δίοδο βρει ώστε να περάσει μέσα από το ψυγείο (Σχήμα 1.22).



Σχήμα 1.22 Οπτική απεικόνιση του τρόπου μετάδοσης του αέρα σε έναν Static Pressure Fan

1.4.5 Σωληνώσεις , Fittings & Υγρό ψύξης

Οι σωληνώσεις τα fittings και το υγρό που χρησιμοποιούμε στο σύστημα μας είναι τα τρία τελευταία και λιγότερο σημαντικά μέρη σε ότι έχει να κάνει με την επιλογή τους αλλά και με την διαφορά που κάνουν στην απόδοση της υδρόψυξης.

Το υγρό που χρησιμοποιούμε στα συστήματα υδρόψυξης είναι συνήθως απιονισμένο νερό συνδυασμένο με κάποιο χημικό για την αποφυγή γαλβανικής διάβρωσης καθώς και της ανάπτυξης μικροοργανισμών εντός του συστήματος. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε κατά κύριο λόγο απιονισμένο νερό είναι διότι από όλα τα φυσικά υγρά , μόνο η αμμωνία έχει μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης θερμότητας . Καθώς όμως το κόστος της είναι πολύ μεγαλύτερο προκρίθηκε η παραπάνω λύση. Οποιοδήποτε άλλο υγρό χρησιμοποιηθεί θα έχει πάντα μεγαλύτερο κόστος και χαμηλότερη απόδοση.

Σε ότι έχει να κάνει με τις σωληνώσεις οι διαφορές παρατηρούνται κυρίως στο υλικό από το οποίο φτιάχνονται καθώς και στην διάμετρο τους. Οι σωληνώσεις μπορεί να είναι είτε μαλακές (soft tubing – Σχήμα 1.23) σχεδιασμένες έτσι ώστε να είναι εύκολο να λυγίσουν ώστε να χωρέσουν στο εσωτερικό του υπολογιστή αλλά ταυτόχρονα να αντέχουν και να μην διπλώνουν με αποτέλεσμα να διακόπτεται η ροή του υγρού και φτιαγμένες από λάστιχο , σιλικόνη ή PVC



Σχήμα 1.23 Σωληνώσεις τύπου Soft Tubing

είτε σκληρές (Hard tubing – Σχήμα 1.24) φτιαγμένες από ακρυλικό , πολυεθυλένη , χαλκό , μπρούτζο ή γυαλί.

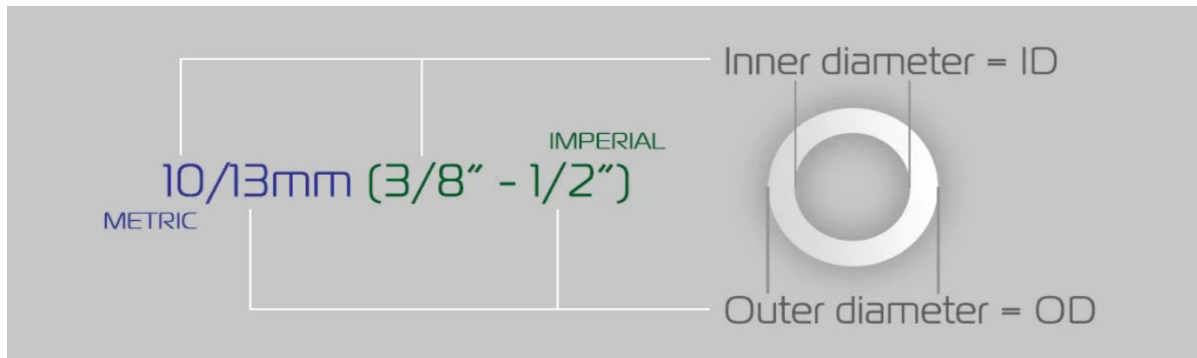


Σχήμα 1.24 Σωληνώσεις τύπου Hard Tubing

Οι σωληνώσεις έρχονται σε διαμέτρους από 10 έως και 13 χιλιοστά (Εικόνα 1.25) και παρότι παλαιότερα η διάμετρος τους έπαιζε ρόλο στην θερμοκρασία του συστήματος , πλέον με την πρόοδο

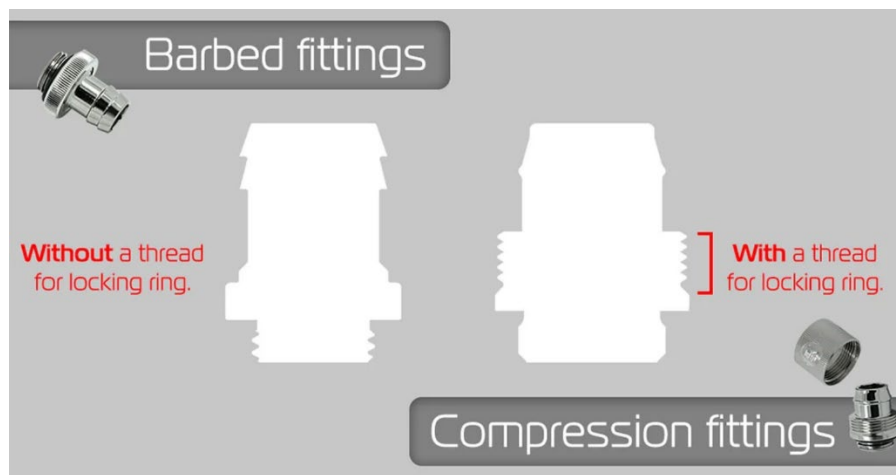
Κεφάλαιο 1°

των συστημάτων η μέγιστη διαφορά που μπορούμε να παρατηρήσουμε ανάμεσα στις διαφορετικές διαμέτρους είναι 1-2 βαθμοί Κελσίου.



Σχήμα 1.25 Τυπικά διαμετρήματα σωληνώσεων

Τα fittings τέλος έρχονται σε δύο βασικούς τύπους, Barbed ή Compression όπως στο Σχήμα 1.26



Σχήμα 1.26 Απεικόνιση της χαρακτηριστικής διαφοράς μεταξύ των δύο τύπων

και σε διάφορες παραλλαγές (T , Y , Π) και γωνίες (30, 45 , 60 και 90°) όπως στο Σχήμα 1.27.



Σχήμα 1.27 Τυπικά σχέδια που χρησιμοποιούνται σε συστήματα υδροψύξεων

1.5 Πλεονεκτήματα έναντι της αερόψυξης

Παρότι όπως αναφέραμε και παραπάνω οι αεροψύξεις ήταν ο πρώτος τρόπος που χρησιμοποιήθηκε για την ψύξη των υπολογιστών και συνέχισε να είναι ο μοναδικός για πολλές δεκαετίες , πλέον βλέπουμε τις υδροψύξεις να κερδίζουν συνεχώς έδαφος στο μερίδιο της αγοράς.

Αυτό συμβαίνει για έναν αριθμό λόγων όπως θα βλέπουμε παρακάτω.

- Πολύ καλύτερη απαγωγή θερμότητας

Το νερό έχει πολύ καλύτερες ιδιότητες αγωγιμότητας της θερμότητας, με την τιμή της θερμικής αγωγιμότητας του να ορίζεται στα 0.58 W/m K σε αντίθεση με τον αέρα του οποίου η τιμή της θερμικής αγωγιμότητας ορίζεται μόλις στα 0.024 Watt ανά μέτρο Κέλβιν, με αποτέλεσμα να μπορεί να μεταφέρει την θερμότητα από τα εξαρτήματα του υπολογιστή (CPU , GPU κτλ) στο σημείο ψύξης (ψυγείο) με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα και έτσι να τα κρατάει πολύ πιο κρύα κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους.

Ένα απλό παράδειγμα στην καθημερινότητα μας είναι να φέρουμε ένα μπαλόνι γεμάτο αέρα κοντά σε έναν αναπτήρα. Το αποτέλεσμα θα είναι το μπαλόνι να σκάσει λόγω της θερμότητας που θα αναπυχθεί στην επιφάνεια του που θα είναι σε επαφή με τον αναπτήρα. Αν όμως κάνουμε ακριβώς το ίδιο και αντί για αέρα το μπαλόνι μας είναι γεμάτο νερό, τότε θα παρατηρήσουμε ότι το μπαλόνι μας δεν θα σκάσει. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό θα απορροφήσει την θερμότητα του αναπτήρα και θα κρατήσει την επιφάνεια του μπαλονιού που έρχεται σε επαφή με αυτόν σε φυσιολογικά επίπεδα.

- Δυνατότητα ψύξης ολόκληρου του συστήματος

Σε αντίθεση με την αερόψυξη που λόγω της κακής αγωγής θερμότητας της , έχει ένα συγκεκριμένο επιχειρησιακό ταβάνι που δεν την αφήνει να ψύξει παραπάνω από ένα εξάρτημα ταυτόχρονα , η υδρόψυξη έχει την δυνατότητα να ψύξει ακόμα και ολόκληρο το σύστημα μας χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα. Το μόνο που απαιτείται είναι η χρήση παραπάνω από ενός ψυγείων , ανάλογα πάντα με το πόσα μέρη ψύχουμε ταυτόχρονα.

- Αισθητική

Αν και η αισθητική δεν δίνει κάποιο πλεονέκτημα σε ότι έχει να κάνει με την απόδοση του συστήματός μας , παρ'όλα αυτά για ένα μεγάλο αριθμό χρηστών παίζει μεγάλο ρόλο στην τελική απόφαση τους και καθότι οι υδροψύξεις είναι κατά γενική ομολογία πολύ πιο όμορφες έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα για αυτούς τους χρήστες.

- Χαμηλότερα επίπεδα θορύβου

Καθώς η υδρόψυξη βασίζεται κυρίως στο υγρό της για να ψύξει το σύστημα , οι ανεμιστήρες που ψύχουν το ψυγείο έχουν την δυνατότητα να τρέχουν σε πολύ χαμηλότερες ταχύτητες από αυτές μίας αερόψυξης που τους χρησιμοποιεί ως αποκλειστικό μέσο για την ψύξη και έτσι φτάνουν να τρέχουν πολλές φορές ακόμα και 1500 με 2000 στροφές ταχύτερα από τους ανεμιστήρες μίας υδρόψυξης με αποτέλεσμα τα συστήματα υδροψύξεων να είναι πάντα πιο αθόρυβα.

- Μονόδρομος για όσους θέλουν τα υψηλότερα δυνατά επίπεδα απόδοσης

Ένα μεγάλο μέρος χρηστών τρέχει είτε τον επεργαστή είτε την κάρτα γραφικών σε τιμές εκτός των εργοστασιακών τους ρυθμίσεων με σκοπό το όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κέρδος σε απόδοση. Αυτό για να επιτευχθεί χρειάζεται μεγαλύτερα επίπεδα τάσης και ενέργειας με αποτέλεσμα μεγαλύτερα επίπεδα θερμότητας που μία τυπική αερόψυξη δεν θα μπορεί πλέον να καλύψει.

1.6 Αρνητικά και εν δυνάμει κίνδυνοι

Αρνητικά

Ένα από τα πιο σημαντικά αρνητικά των υδροψύξεων είναι το κόστος το οποίο απαιτείται. Είτε μιλάμε για κλειστά συστήματα (AiO-Closed Loop) είτε για ανοιχτά (Open Loop) το κόστος αγοράς ξεκινάει από τα 60-70 ευρώ αν θέλουμε να ψύξουμε μόνο ένα κομμάτι και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 500-1000 ευρώ σε αρχική τιμή αν θέλουμε να ψύξουμε όλο το σύστημά μας.

Αυτό καθιστά τις υδροψύξεις ιδιαίτερα απόμακρες για όσους έχουν ένα συγκεκριμένο προϋπολογισμό για την κατασκευή του υπολογιστή τους και πολλές φορές τους οδηγεί στην φθηνότερη λύση των αεροψύξεων των οποίων η τιμή ξεκινάει ακόμα και από τα 10 ευρώ.

Ένα άλλο μειονέκτημα των υδροψύξεων είναι η πιθανότητα διάβρωσης και καταστροφής του συστήματος σε περίπτωση που εντός του χρησιμοποιούνται λάθος είδη μετάλλων. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί από τί είδους μέταλλα αποτελείται η υδροψύξη που θέλουμε να αγοράσουμε.

Σε ότι έχει να κάνει με υδροψύξεις ανοιχτού τύπου υπάρχουν δύο ακόμη μειονεκτήματα.

Το πρώτο και σημαντικότερο έχει να κάνει με την ανάγκη συντήρησης του συστήματος. Το υγρό με τον καιρό εξατμίζεται και υπάρχει ανάγκη αναπλήρωσης του. Ακόμα και αν δεν εξατμιστεί , το υγρό με τον καιρό και λόγω της επαφής που έχει με τα μέταλλα αλλά και της θερμότητας που αναπτύσσεται , έχει σαν αποτέλεσμα να αλλοιώνεται και να μην προσφέρει την ίδια αποτελεσματική ψύξη που προσέφερε στην αρχή. Για αυτό και συστήνεται η αντικατάσταση του κάθε έξι μήνες με ένα χρόνο ανάλογα την περίπτωση.

Το δεύτερο μειονέκτημα έχει να κάνει με την εγκατάστασή της καθώς σε αντίθεση με μία υδροψύξη κλειστού τύπου , πρέπει να συναρμολογηθεί από την αρχή και δεν έρχεται έτοιμη με αποτέλεσμα να χρειάζεται μία χρονοβόρα και προσεκτική διαδικασία για την σωστή εγκατάστασή της στο σύστημά μας.

Κίνδυνοι

Ο μοναδικός κίνδυνος που σχετίζεται με τις υδροψύξεις είναι αυτός της διαρροής. Ένα τέτοιο συμβάν θα μπορούσε να αποδειχθεί καταστροφικό για το σύστημά μας καθώς σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ακόμα και ολόκληρο το σύστημα μας θα μπορούσε να αχρηστευτεί με αποτέλεσμα μεγάλη οικονομική ζημιά.

Διαρροή μπορεί να προκληθεί για έναν αριθμό λόγων όπως μη σωστή συναρμολόγηση του συστήματος είτε από την εταιρεία σε περίπτωση κλειστού συστήματος είτε από εμάς σε περίπτωση ανοιχτού, λόγω χαλαρού ή ελαττωματικού fitting σε κάποια υποδοχή , μίας φλάντζας που με τον καιρό διαβρώθηκε και άρχισε να αφήνει το νερό να περνάει από μέσα είτε ακόμα και ενός ραγίσματος που μπορεί να προκληθεί στο σύστημα λόγω πτώσης του υπολογιστή κατά την μετακίνηση.

1.7 Επίλογος

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν , στο 1^ο Κεφάλαιο είδαμε την ιστορική πορεία των υδρόψυξεων , από την εμφάνιση του πρώτου υπολογιστή που έκανε χρήση ενός τέτοιου συστήματος ψύξης το μακρινό 1985 μέχρι και στα σημερινά τελευταία τεχνολογίας πρότυπα συστήματα , την μεγάλη σημασία στην επιλογή σωστών εξαρτημάτων για την υδρόψυξη μας όπως ενός ψυγείου με μεγάλο fin density ή ανεμιστήρων μεγάλης στατικής πίεσης καθώς αυτοί οι παράμετροι επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση του συστήματός μας , ενώ κλείνοντας είδαμε μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κοινές αεροψύξεις του εμπορίου όπως για παράδειγμα την πολύ καλύτερη απαγωγή θερμότητας του νερού σε σύγκριση με τον αέρα ή την ικανότητα ψύξης πολλών διαφορετικών μερών του υπολογιστή.

Κεφάλαιο 2° : Σύλληψη ιδέας και αρχική σχεδίαση με Peltier

2.1 Εισαγωγή

Στο 2° κεφάλαιο της εργασίας μας θα δούμε πώς οδηγηθήκαμε στην σύλληψη της ιδέας για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής , ένα χρονοδιάγραμμα που θα περιγράφει επακριβώς τις κινήσεις μας και τον χρόνο που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση κάθε επιμέρους εργασίας της πτυχιακής , ενώ κλείνοντας θα δούμε την αρχική της σχεδίαση με την χρήση συσκευών Peltier αλλά και την απόρριψη του σχεδιασμού αυτού καθώς μέσω της έρευνας μας ανακαλύψαμε σημαντικά προβλήματα.

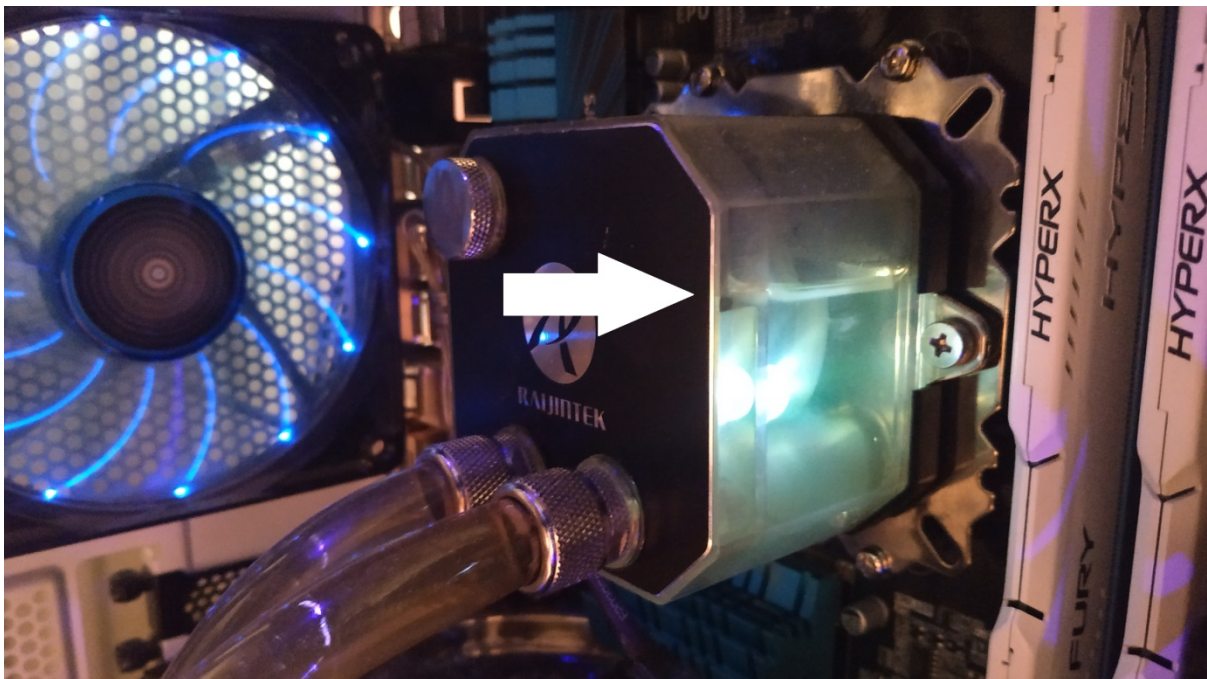
2.2 Σύλληψη της ιδέας

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας και η κατασκευή ενός συστήματος ασφαλείας για αυτήν προέρχεται απο την δυσάρεστη προσωπική μου εμπειρία καθώς είμαι χρήστης ενός συστήματος υδρόψυξης για πολλά χρόνια.

Κατά την διάρκεια μίας πολύωρης επεξεργασίας ενός βίντεο στον υπολογιστή , το σύστημά μου ξαφνικά έσβησε χωρίς καμία προειδοποίηση και χωρίς να μπορώ να αντιληφθώ κάποιο εμφανές πρόβλημα. Παρά τις προσπάθειες για επανεκκίνηση το σύστημά κάθε φορά μετά από λειτουργία μερικών λεπτών θα έσβηνε πάλι απροειδοποίητα.

Για καλή μου τύχη η μητρική μου (Motherboard) έχει πάνω της διάφορα LED ασφαλείας τα οποία προειδοποιούν τον χρήστη για τυχόν προβλήματα στο σύστημα.

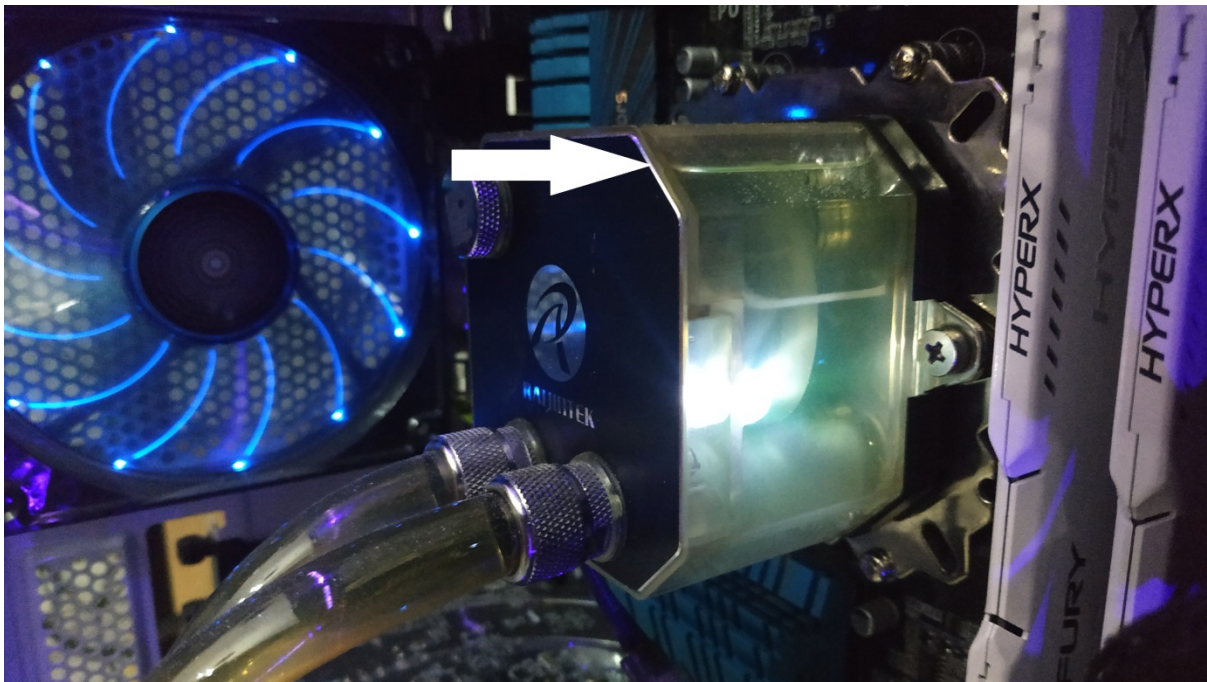
Παρατηρώντας λοιπόν αυτά τα LED , πρόσεξα ότι κάθε φορά που έκλεινε ο υπολογιστής το LED με την ένδειξη CPU TEMP (Θερμοκρασία επεξεργαστή) άναβε κόκκινο για λίγα δευτερόλεπτα πριν κλείσει. Έτσι μπόρεσα να αντιληφθώ ότι το πρόβλημα βρίσκεται στην ψύξη του επεξεργαστή ή καλύτερα στην μη σωστή ψύξη αυτού και με μία καλύτερη ματιά να προσέξω ότι το υγρό μέσα στην υδρόψυξη μου είχε αδειάσει κατά το ήμισυ όπως μπορούμε να δούμε και στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Σημείο που είχε κατέβει η στάθμη του υγρού της υδρόψυξης

Μέσω λοιπόν της εξάτμισης η οποία συντελείται κατά την διάρκεια λειτουργίας της υδρόψυξης για μία μεγάλη περίοδο, μπορούμε να οδηγηθούμε πολύ εύκολα στην δυσλειτουργία της καθώς η ποσότητα του υγρού θα έχει πέσει σε τέτοια επίπεδα που θα προκαλούν σοβαρά προβλήματα και στην ροή του υγρού εντός του συστήματός και κατά συνέπεια και στις δυνατότητες ψύξης που αυτή μπορεί να παρέχει, με αποτέλεσμα ο επεξεργαστής πλέον να μην λαμβάνει την απαιτούμενη ψύξη για να λειτουργεί σε φυσιολογικά επίπεδα και η μητρική μου κάρτα να επεμβαίνει απενεργοποιώντας ολόκληρο το σύστημα ώστε να αποφευχθεί εκτεταμένη ζημιά.

Μετά την αναπλήρωση του υγρού και την επαναφορά του στην φυσιολογική του στάθμη όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 2.2, το σύστημά μου λειτούργησε κατευθείαν χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα και με τις θερμοκρασίες σε απολύτως φυσιολογικά επίπεδα επιβεβαιώνοντας τις υποψίες μου για τον λόγο δυσλειτουργίας του.



Σχήμα 2.2 Σημείο στο οποίο πρέπει να βρίσκεται η στάθμη του υγρού της υδρόψυξης

Παρόλα αυτά όπως μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό αν δεν είχα μία ακριβή μητρική που να διαθέτει τα συγκεκριμένα προειδοποιητικά LED τότε ίσως να μην πήγαινε ποτέ το μυαλό μου στην υδρόψυξη και κατά συνέπεια η λύση του προβλήματος μπορεί να έπαιρνε από μέρες έως και βδομάδες ακόμη αν αναγκαζόμουν να το στείλω σε κάποιον τεχνικό.

Καθώς ήμουν καινούργιος στον χώρο των υδροψύξεων δεν γνώριζα ότι η υδρόψυξη που είχα αγοράσει ήταν Open Loop (Ανοιχτού Τύπου) με συνέπεια να θέλει γέμισμα το υγρό ανά συχνά διαστήματα με αποτέλεσμα την εμπειρία που ανέφερα παραπάνω.

Όλα αυτά τα γεγονότα σε συνδυασμό μου έδωσαν την ιδέα για την κατασκευή ενός συστήματος ασφαλείας για την υδρόψυξη το οποίο σε οποιαδήποτε στιγμή θα ενημερώνει τον χρήστη για την θερμοκρασία του υγρού μέσω ενός αισθητηρίου και θα δίνει επίσης οπτικά και ηχητικά μηνύματα σε οποιαδήποτε περίπτωση κινδύνου ώστε να υπάρχει συνεχής ενημέρωση για την κατάσταση της υδρόψυξης και αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων ανάλογων με την δική μου.

2.3 Προσεγγιστικό διάγραμμα Gantt υλοποίησης της πτυχιακής

Με την ανάληψη της πτυχιακής και σε συνεργασία με τον καθηγητή μου σχεδίασα ένα προσεγγιστικό διάγραμμα Gantt εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας με σκοπό την καλύτερη παρακολούθηση και αξιολόγηση της προόδου μου κατά την διάρκεια της ολοκλήρωσης της (Πίνακες 2.1,2.2,2.3,2.4).

Όπως θα δούμε και στα διαγράμματα η πτυχιακή χωρίστηκε στις παρακάτω ενότητες.

- **Έρευνα**

Η οποία περιλαμβάνει όλη την ιστορική αναδρομή καθώς και μία αναλυτική περιγραφή και εξήγηση ως προς το τί είναι η υδρόψυξη , ποια είναι τα οφέλη της και πού χρησιμοποιείται.

- **Εύρεση καταλληλότερων υλικών**

Η οποία περιλαμβάνει την αναζήτηση των μερών της υδρόψυξης (Ανεμιστήρες , Ψυγείο , Αντλία) τα οποία θα απέδιδαν την όσο το δυνατόν καλύτερη ψύξη στο σύστημά μας που ήταν και το ζητούμενο.

- **Παραγγελία και Παραλαβή**

Εδώ περιλαμβάνεται αποκλειστικά ο χρόνος που πέρασε ως την παραλαβή των ανωτέρω υλικών.

- **Συναρμολόγηση Υδρόψυξης**

Η οποία αφορά την σύνδεση όλων των επιμέρους μερών και δοκιμή σωστής λειτουργίας τους.

- **Προγραμματισμός και Simulations**

Το κομμάτι αυτό αφορά την δημιουργία του απαιτούμενου κώδικα από το μηδέν καθώς επίσης και έναν μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων μέσω των προγραμμάτων CCS Compiler και Proteus 8 για την εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας του κώδικα.

- **Κατασκευή κυκλώματος και πλακέτας**

Η οποία περιλαμβάνει την κατασκευή ολόκληρου του κυκλώματος που περιλαμβάνει την υδρόψυξη , το αισθητήριο θερμοκρασίας , τον μικροελεγκτή , την οθόνη LCD , τους ανεμιστήρες, τις ταινίες LED καθώς και του προειδοποιητικού Alarm.

- **Δοκιμές – Test**

Σε ένα από τα τελευταία στάδια είδαμε μέσα από πολλές δοκιμές την εύρυθμη λειτουργία του συνολικού συστήματος , από την υδρόψυξη και το αισθητήριο μέχρι τον μικροελεγκτή και την οθόνη LCD ,τους ανεμιστήρες, τις ταινίες LED και το Alarm.

- **Ολοκλήρωση – Documentation**

Μετά την ολοκλήρωση του πρακτικού μέρους προχωρήσαμε στην καταγραφή και συμπλήρωση του θεωρητικού μέρους (Word και Power Point) , όπου περιλαμβάνονται όλες οι μελέτες, οι στόχοι , τα αποτελέσματα καθώς και τα συμπεράσματά μας.

Αρχικό προσεγγιστικό χρονοδιάγραμμα Gantt

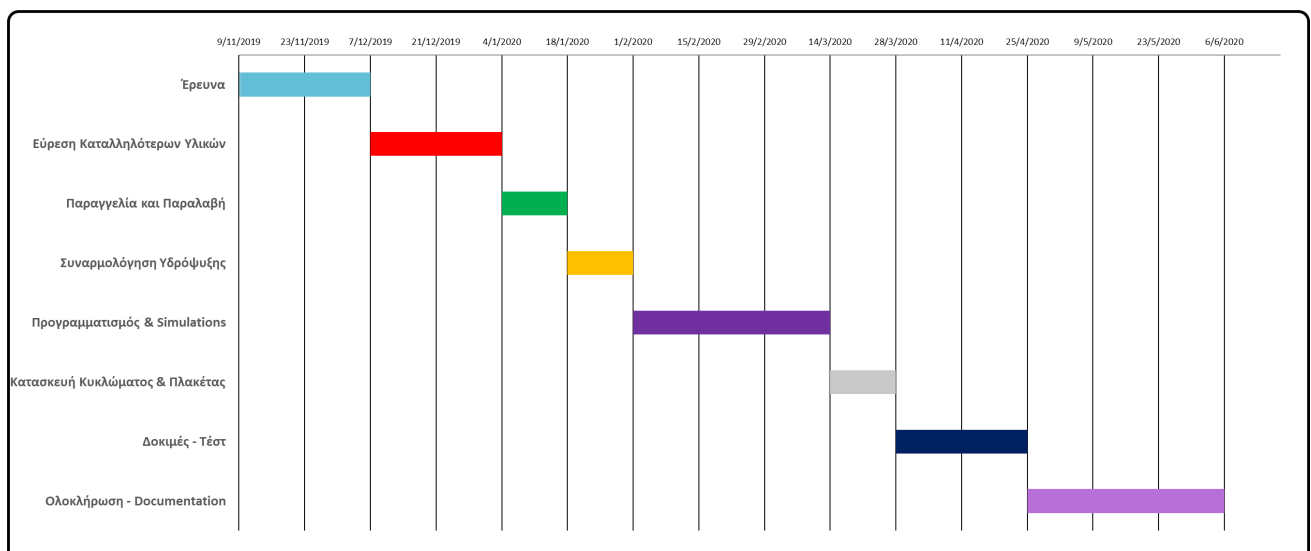
Πίνακας 2.1 Αρχικό χρονοδιάγραμμα

Όνομα Εργασίας	Έναρξη	Λήξη	Διάρκεια
Έρευνα	9/11/2019	7/12/2019	28
Εύρεση Καταλληλότερων Υλικών	7/12/2019	4/1/2020	28
Παραγγελία και Παραλαβή	4/1/2020	18/1/2020	14
Συναρμολόγηση Υδρόψυξης	18/1/2020	1/2/2020	14
Προγραμματισμός & Simulations	1/2/2020	14/3/2020	42
Κατασκευή Κυκλώματος & Πλακέτας	14/3/2020	28/3/2020	14
Δοκιμές - Τέστ	28/3/2020	25/4/2020	28
Ολοκλήρωση - Documentation	25/4/2020	6/6/2020	42

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, έμφαση δόθηκε κατά κύριο λόγο στην Έρευνα που έγινε γύρω από το αντικείμενο καθώς πρόκειται για κάτι που με ενδιαφέρει ιδιαίτερα και ήθελα να εμβαθύνω όσο το δυνατόν περισσότερο όπως επίσης και στην εύρεση των καταλληλότερων υλικών για την κατασκευή που ήθελα να κάνω καθώς ήθελα να πετύχω το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Ο τομέας στον οποίο αφιερώθηκε ο μεγαλύτερος χρόνος παρ'όλα αυτά ήταν αυτός του προγραμματισμού καθότι προτού ασχοληθώ με την πτυχιακή δεν είχα ιδιαίτερες γνώσεις πάνω στην γλώσσα προγραμματισμού C με αποτέλεσμα να ξεκινήσω ουσιαστικά από το μηδέν.

Πίνακας 2.2 Αρχικό χρονοδιάγραμμα σε μορφή Chart



Τελικό χρονοδιάγραμμα Gantt

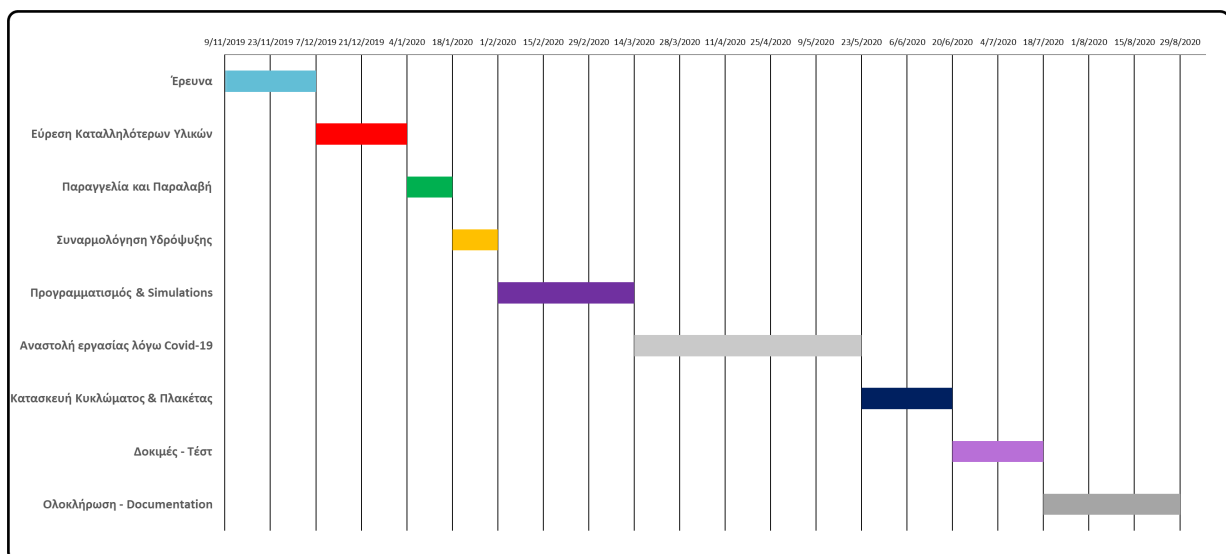
Εδώ θα πρέπει να κάνουμε μία ξεχωριστή αναφορά στα γεγονότα των τελευταίων μηνών τα οποία επηρέασαν όλο τον πλανήτη και κατά συνέπεια και εμένα προσωπικά.

Πίνακας 2.3 Τελικό χρονοδιάγραμμα

Task Name	Start Date	End Date	Duration
Έρευνα	9/11/2019	7/12/2019	28
Εύρεση Καταλληλότερων Υλικών	7/12/2019	4/1/2020	28
Παραγγελία και Παραλαβή	4/1/2020	18/1/2020	14
Συναρμολόγηση Υδρόψυξης	18/1/2020	1/2/2020	14
Προγραμματισμός & Simulations	1/2/2020	14/3/2020	42
Αναστολή εργασίας λόγω Covid-19	14/3/2020	23/5/2020	70
Κατασκευή Κυκλώματος & Πλακέτας	23/5/2020	20/6/2020	28
Δοκιμές - Τέστ	20/6/2020	18/7/2020	28
Ολοκλήρωση - Documentation	18/7/2020	29/8/2020	42

Λόγω της πανδημίας του Covid-19 και παρότι μέχρι εκείνο το σημείο η πτυχιακή μου προχωρούσε τηρώντας σχεδόν στο ακέραιο το παραπάνω χρονοδιάγραμμα , στα μέσα Μαρτίου η απόφαση της κυβέρνησης για καθεστώς εγκλεισμού και παύσης λειτουργίας των μη απαραίτητων επιχειρήσεων είχε αποτέλεσμα αφενός να αλλάξουν οι προτεραιότητες όλων των ανθρώπων και μη επείγοντες δουλειές να περάσουν σε δεύτερη και τρίτη μοίρα , αφετέρου δε να καθυστερήσει σημαντικά και η παραλαβή των υλικών για την κατασκευή του κυκλώματος και κατ' επέκταση της πλακέτας μου με συνέπεια για 2 και πλέον μήνες να μην μπορώ να προχωρήσω περαιτέρω με την εκπόνηση της πτυχιακής. Αυτό όπως θα δούμε και στο πραγματικό χρονοδιάγραμμα είχε ως αποτέλεσμα η ολοκλήρωση της πτυχιακής να ανασταλλεί για μία περίοδο 70 περίπου ημερών.

Πίνακας 2.4 Τελικό χρονοδιάγραμμα σε μορφή Chart

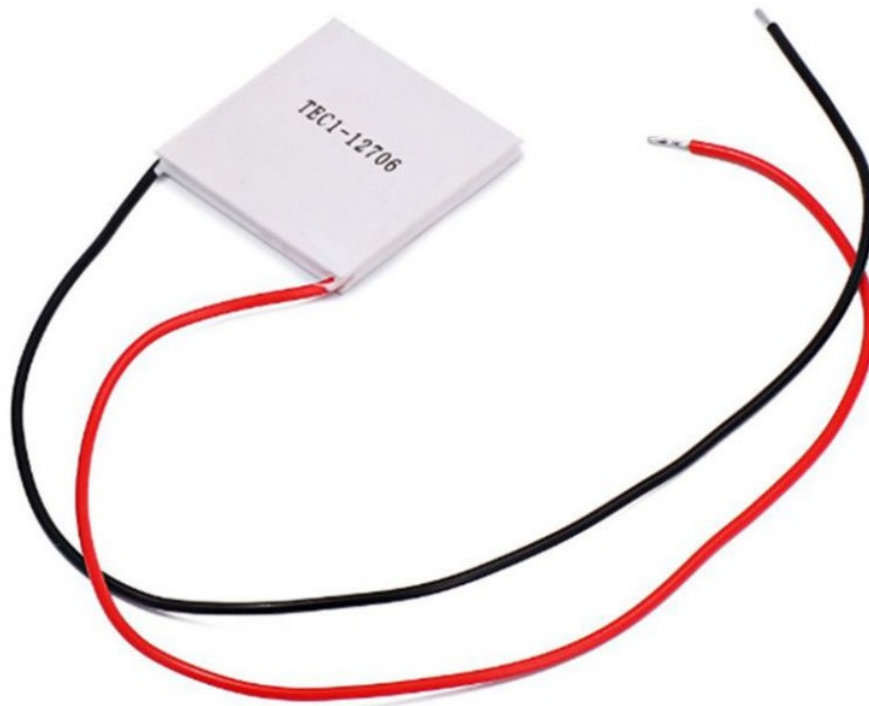


2.4 Αρχική σχεδίαση με χρήση Peltier

Πέρα απο την δημιουργία ενός συστήματος ασφαλείας για την υδρόψυξη μας , ένας ακόμη στόχος ήταν και η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βελτίωση της ψύξης του συστήματός μας.

Όπως είδαμε και στο 1^ο Κεφάλαιο , οι υδροψύξεις του εμπορίου χρησιμοποιούν για την ψύξη του ψυγείου ανεμιστήρες. Παρότι αποτελεσματικοί, οι ανεμιστήρες δεν είναι το καλύτερο δυνατό μέσο ψύξης που υπάρχει διαθέσιμο στην αγορά.

Οι θερμοαγώγιμες πλάκες τύπου Peltier TEC (ThermoElectric Cooling) που απεικονίζονται στο Σχήμα 2.3, προσφέρουν μεγαλύτερη ικανότητα ψύξης και για αυτόν τον σκοπό επιλέχθηκαν αρχικά για την ψύξη του ψυγείου μας ώστε να πετύχουμε τις χαμηλότερες δυνατές θερμοκρασίες που θα μπορούσαμε.



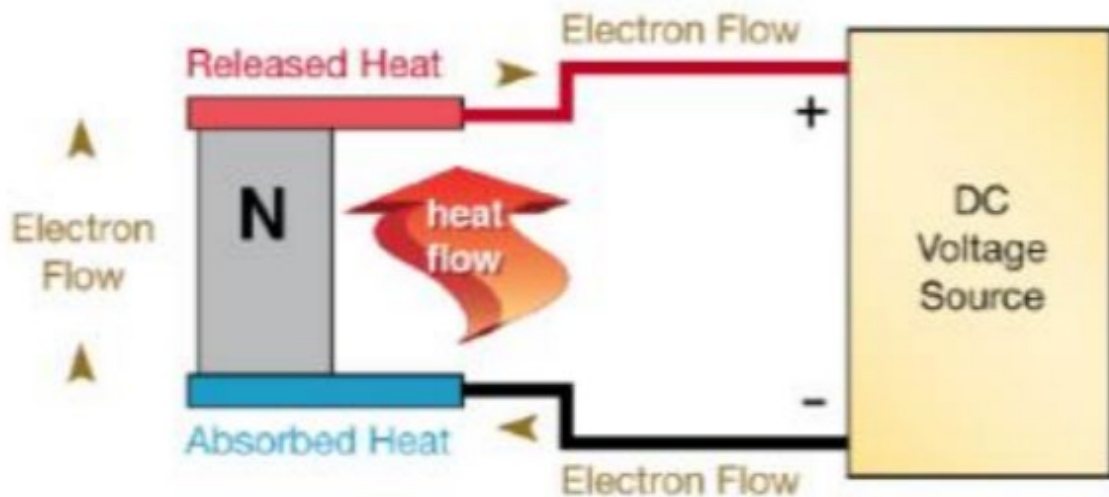
Σχήμα 2.3 Η συσκευή Peltier

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονέκτηματα των Peltier είναι το γεγονός πως δεν διαθέτουν κινούμενα μέρη (όπως για παράδειγμα οι ανεμιστήρες) με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται σε μεγάλο βαθμό η ανάγκη συντήρησής τους και να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους.

Επίσης χάρη στο πολύ μικρό τους μέγεθος, είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν σε πολλές διαφορετικές περιπτώσεις όπου συμβατικές τεχνικές ψύξης δεν θα μπορούσαν να χωρέσουν.

Η βασική αρχή πίσω από την λειτουργία των TEC είναι το λεγόμενο και ως φαινόμενο Peltier [6] το οποίο πήρε το όνομα του από τον ομώνυμο ωρολογοποιό και ερασιτέχνη φυσικό Jean Charles Athanase Peltier (1785 – 1845) [7].

Η συσκευή αποτελείται από δύο πλευρές/πλάκες. Καθώς το ηλεκτρικό ρεύμα με την μορφή ηλεκτρονίων διαπερνά το Peltier, μεταφέρει την θερμότητα από την μία πλευρά της συσκευής στην άλλη με αποτέλεσμα η μία πλευρά να ανεβαίνει σε θερμοκρασία ενώ η άλλη πέφτει (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4 Φαινόμενο Peltier

Τα Peltier χρησιμοποιούνται σε μία ευρεία γκάμα εφαρμογών που περιλαμβάνουν από μικρά ψυγεία τύπου ξενοδοχείων (mini bar) μέχρι και υποβρύχια ή τρένα.

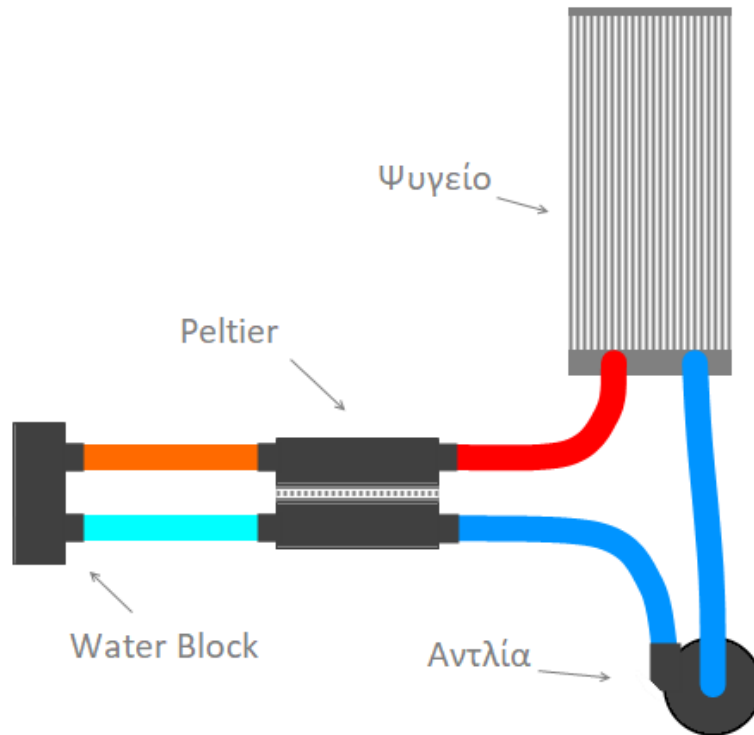
Το πλεονέκτημα αυτό οφείλεται στην ικανότητα τους να άγουν θερμότητα που αρχίζει από μερικά milliWatt και να φτάνει μέχρι και αρκετές χιλιάδες Watt. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της σύζευξης πολλών συσκευών Peltier μεταξύ τους. Έτσι αν θέλουμε μερικά milliWatt θα χρησιμοποιήσουμε συνήθως 1-2 συσκευές ενώ όταν οι απαιτήσεις ανέβουν τότε μπορούμε να ενώσουμε δεκάδες μέχρι να φτάσουμε στο επιθυμητό σημείο ψύξης.

Τα Peltier έχουν συγκεκριμένο όριο ζωής το οποίο μπορεί να μετρηθεί μέσω της αντίστασης τους. ‘Όσο η αντίσταση τους μεγαλώνει , τόσο πιο πολύ έχουν φθαρεί.

Παρότι είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται για πολλές και διαφορετικές περιπτώσεις , η χρήση τους για την ψύξη υπολογιστών είναι κάτι ιδιαίτερα σπάνιο καθώς πέρα από πολύπλοκο είναι και πολύ πιο δυσεύρετο στην αγορά σε προϊόν που αφορά αποκλειστική χρήση σε υπολογιστή σε αντίθεση με τις χιλιάδες τυπικές λύσεις ψύξεων που υπάρχουν ήδη στον χώρο.

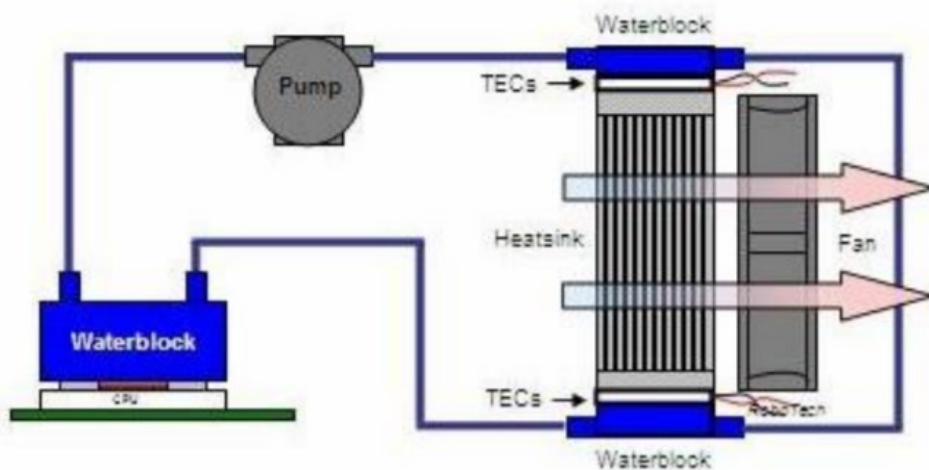
Καθώς όμως η ερευνά μας αφορούσε την καλύτερη δυνατή ψύξη που μπορούσαμε να επιτύχουμε αποφασίσαμε να προχωρήσουμε με την προσπάθεια μας για την υλοποίηση μίας υδρόψυξης με χρήση Peltier.

Λόγω του μεγέθους τους η χρήση τους στην δικιά μας περίπτωση μπορούσε να γίνει σε διάφορα σημεία και μέρη της υδρόψυξης.



Σχήμα 2.5 Πρώτη σχεδίαση με χρήση Peltier

Στα δύο σχήματα 2.5 και 2.6 μπορούμε να δούμε τις δύο διαφορετικές επιλογές που είχαμε για την χρήση των Peltier. Μία ακόμα λύση θα ήταν και η απευθείας τοποθέτηση των Peltier πάνω στον επεξεργαστή μας , πράγμα που θα απαιτούσε όμως ειδική κατασκευή η οποία ήταν αδύνατο να χωρέσει στο δικό μας σύστημα.



Σχήμα 2.6 Δεύτερη σχεδίαση με χρήση Peltier

2.5 Λόγοι απόρριψης Peltier

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, η αρχική μας σχεδίαση περιελάμβανε την χρήση Peltier για την ψύξη του συστήματός μας.

Ωστόσο μετά από μία ενδελεχή έρευνα το σενάριο αυτό απορρίφθηκε για τους λόγους που θα αναλύσουμε παρακάτω.

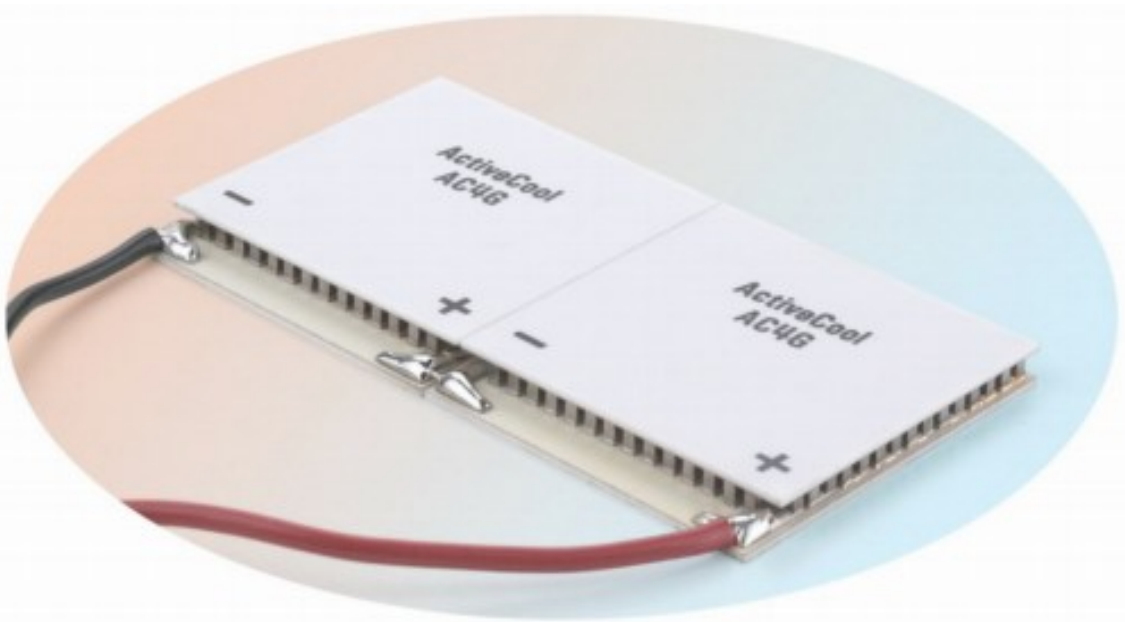
2.5.1 Κίνδυνος εμφάνισης υγρασίας στο εσωτερικό του συστήματος

Ένα από τα σημαντικότερα προτερήματα των συσκευών Peltier το οποίο είναι οι εξαιρετικές δυνατότητες ψύξης που μπορούν να παρέχουν στο σύστημά μας, είναι στην συγκεκριμένη περίπτωση και ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματά τους.

Καθώς οι δύο πλάκες του Peltier έρχονται σε αλληλεπίδραση οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται εντός του συστήματός μας μπορούν να έχουν μεγάλες διακυμάνσεις.

Αποτέλεσμα αυτών των διακυμάνσεων είναι η δημιουργία υγρασίας στον αέρα η οποία σε συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας μπορεί να συμπυκνωθεί και να προκαλέσει βραχυκύκλωμα είτε στο ίδιο το Peltier είτε φυσικά σε οποιοδήποτε μέρος του υπολογιστή μας όπως η κάρτα γραφικών , η μητρική , ο σκληρός δίσκος ή το τροφοδοτικό.

Όπως έχουμε αναφέρει και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα Peltier και ο αριθμός τους εξαρτώνται αποκλειστικά από την χρήση για την οποία προορίζονται. Για να χρησιμοποιηθούν μαζί απαιτείται η ένωση τους είτε παράλληλα είτε σε σειρά όπως στο Σχήμα 2.7.



Σχήμα 2.7 Παράδειγμα χρήσης 2 συσκευών Peltier σε σειρά

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, στην περίπτωση βραχυκυκλώματος έστω και μίας μόνο συσκευής Peltier από ένα σύστημα πολλαπλών συσκευών , η απαιτούμενη ψύξη για να διατηρείται το σύστημα

σε ισορροπία θα χαθεί με αποτέλεσμα και την καταστροφή των υπόλοιπων συσκευών Peltier του συστήματος αυτού σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της μαζικής συσσώρευσης υγρασίας.

Ένα τέτοιο φαινόμενο είχα την ευκαιρία να παρακολουθήσω κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης σε μία πολυεθνική εταιρεία Ιατρικών Μηχανημάτων.

Για την ψύξη των μηχανημάτων της η εταιρεία έκανε χρήση ενός ψυγείου το οποίο αποτελούνταν από δύο ξεχωριστά μέρη στα οποία ανάμεσα γινόταν η τοποθέτηση των συσκευών Peltier και κατόπιν αυτά έκλειναν σφραγίζοντας έτσι τα TEC στο εσωτερικό του ψυγείου. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή γινόταν η χρήση 8 συσκευών Peltier συνδεδεσολογημένων σε σειρά.

Καθώς όμως οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονταν στο εσωτερικό του μηχανήματος είχαν τεράστιες διακυμάνσεις, η ανάπτυξη σημαντικού ποσοστού υγρασίας ήταν αναπόφευκτη με αποτέλεσμα τα ψυγεία αυτά να είχαν χρόνο ζωής από 6 μήνες έως 1 χρόνο στην καλύτερη περίπτωση καθώς οι συσκευές Peltier καταστρέφονταν πολύ γρήγορα όπως παρατηρούμε και στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.8 Χαρακτηριστικό παράδειγμα ψυγείου της εταιρείας με χαλασμένα Peltier λόγω ανάπτυξης υγρασίας

Παρά τις προσπάθειες της εταιρείας για επίλυση του προβλήματος μέσω της χρήσης διαφόρων μεθόδων όπως η στεγανοποίηση του εσωτερικού μέρους με την χρήση σιλικόνης, η δοκιμή διαφόρων ειδών θερμοαγωγίμης πάστας ακόμα και η κατασκευή ενός πανομοιότυπου ψυγείου αλλά με διαφορετικό τρόπο σφραγίσματος κατά το κλείσιμο, όλες αποδείχθηκαν μάταιες.

Το αποτέλεσμα ήταν η εταιρεία να αρκείται πλέον στην απλή αντικατάσταση των Peltier όταν αυτά χαλάνε με καινούργια, πράγμα που στην δική μας περίπτωση θα ήταν κάτι ανέφικτο λόγω σημαντικού κόστους αλλά και κινδύνου του συστήματός μας.

Κεφάλαιο 2°

Το φαινόμενο αυτό που παρατηρήσαμε παραπάνω εξαρτάται από τρεις διαφορετικούς παράγοντες.

- Την θερμοκρασία στο εσωτερικό του υπολογιστή
- Το ποσοστό υγρασίας στο εσωτερικό του υπολογιστή
- Την θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια της πλάκας του Peltier

Στο παρακάτω Πίνακα 2.5 [8] , μπορούμε να δούμε αναλυτικά τους συσχετισμούς μεταξύ των τριών αυτών παραγόντων και να κατανοήσουμε τις συνθήκες που πρέπει να επικρατούν για να εμφανιστεί το φαινόμενο αυτό.

Πίνακας 2.5 Συσχετισμοί των τριών παραγόντων

Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
30	10.5	12.9	14.9	16.8	18.4	20.0	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2	27.2	28.2	29.1
29	9.7	12.0	14.0	15.9	17.5	19.0	20.4	21.7	23.0	24.1	25.2	26.2	27.2	28.1
28	8.8	11.1	13.1	15.0	16.6	18.1	19.5	20.8	22.0	23.2	24.2	25.2	26.2	27.1
27	8.0	10.2	12.2	14.1	15.7	17.2	18.6	19.9	21.1	22.2	23.3	24.3	25.2	26.1
26	7.1	9.4	11.4	13.2	14.8	16.3	17.6	18.9	20.1	21.2	22.3	23.3	24.2	25.1
25	6.2	8.5	10.5	12.2	13.9	15.3	16.7	18.0	19.1	20.3	21.3	22.3	23.2	24.1
24	5.4	7.6	9.6	11.3	12.9	14.4	15.8	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.3	23.1
23	4.5	6.7	8.7	10.4	12.0	13.5	14.8	16.1	17.2	18.3	19.4	20.3	21.3	22.2
22	3.6	5.9	7.8	9.5	11.1	12.5	13.9	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3	21.2
21	2.8	5.0	6.9	8.6	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.4	18.4	19.3	20.2
20	1.9	4.1	6.0	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3	19.2
19	1.0	3.2	5.1	6.8	8.3	9.8	11.1	12.3	13.4	14.5	15.5	16.4	17.3	18.2
18	0.2	2.3	4.2	5.9	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.2
17	-0.6	1.4	3.3	5.0	6.5	7.9	9.2	10.4	11.5	12.5	13.5	14.5	15.3	16.2
16	-1.4	0.5	2.4	4.1	5.6	7.0	8.2	9.4	10.5	11.6	12.6	13.5	14.4	15.2
15	-2.2	-0.3	1.5	3.2	4.7	6.1	7.3	8.5	9.6	10.6	11.6	12.5	13.4	14.2
14	-2.9	-1.0	0.6	2.3	3.7	5.1	6.4	7.5	8.6	9.6	10.6	11.5	12.4	13.2
13	-3.7	-1.9	-0.1	1.3	2.8	4.2	5.5	6.6	7.7	8.7	9.6	10.5	11.4	12.2
12	-4.5	-2.6	-1.0	0.4	1.9	3.2	4.5	5.7	6.7	7.7	8.7	9.6	10.4	11.2
11	-5.2	-3.4	-1.8	-0.4	1.0	2.3	3.5	4.7	5.8	6.7	7.7	8.6	9.4	10.2
10	-6.0	-4.2	-2.6	-1.2	0.1	1.4	2.6	3.7	4.8	5.8	6.7	7.6	8.4	9.2
	Θερμοκρασία επιφάνειας πλάκας Peltier (°C)													

Για παράδειγμα, εάν η θερμοκρασία εντός του υπολογιστή είναι στους 23°C και η υγρασία βρίσκεται στο 60% , τότε η συμπύκνωση της υγρασίας θα εμφανιστεί εάν η θερμοκρασία της επιφάνειας της πλάκας του Peltier πέσει κάτω από τους 14.8°C.

Καθώς όμως το χειμώνα η θερμοκρασία εντός του υπολογιστή είναι χαμηλότερη από ότι το καλοκαίρι καταλαβαίνουμε ότι πολύ εύκολα η ισορροπία που αποτρέπει την εμφάνιση αυτού του φαινομένου μπορεί να διαταραχθεί και να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στο σύστημα μας.

2.5.2 Συνολικό κόστος με χρήση Peltier

Απόρροια του πρώτου και κυριότερου προβλήματος που εντοπίσαμε με την χρήση των θερμοηλεκτρικών συσκευών ήταν το γεγονός ότι δεν ήμασταν διατεθειμένοι να μπούμε στην διαδικασία πειραματισμών καθώς τα μεν Peltier κοστίζουν γύρω στα 15 με 20 ευρώ το κομμάτι , άρα στην δικιά μας περίπτωση που χρειαζόμασταν τουλάχιστον δύο συσκευές το κόστος θα ήταν γύρω στα 30 με 40 ευρώ με δεδομένη την εύρυθμη λειτουργία τους.

Η παραμικρή αστοχία τους ωστόσο θα έφερνε ως συνέπεια την ανάγκη αντικατάστασης τους καθώς δεν χρήζουν επισκευής με αποτέλεσμα ο προυπολογισμός να ξέφευγε αρκετά καθώς το κόστος της πτυχακής όπως θα δούμε και στην συνέχεια πλησίαζε ήδη τα 200 ευρώ.

Στα παραπάνω πρέπει φυσικά να προσθέσουμε και το χειρότερο δυνατό σενάριο το οποίο θα ήταν η υγρασία που θα είχε δημιουργηθεί να προκαλούσε βραχυκύκλωμα σε κάποιο κομμάτι του υπολογιστή μας και εκεί η ζημιά πολύ εύκολα θα μπορούσε να φτάσει ή και να ξεπεράσει τα 1000 ευρώ. Καθώς όμως ο μόνος τρόπος για να δοκιμαστούν τα Peltier θα ήταν μέσα στο κουτί του υπολογιστή η πιθανότητα να αποκλειστεί το ενδεχόμενο γενικευμένης ζημιάς σε περίπτωση αστοχίας του υλικού ήταν αδύνατη.

Τέλος θα πρέπει να επισημάνουμε και το σημαντικό κόστος λειτουργίας των Peltier. Σε αντίθεση με μία τυπική υδρόψυξη , η προσθήκη των θερμοηλεκτρικών συσκευών στο σύστημά μας θα αύξανε τις απαιτήσεις σε κατανάλωση ισχύος σε πολύ μεγάλο βαθμό απαιτώντας ανάλογα με τον αριθμό των Peltier στο σύστημα από 50 μέχρι και 200 Watt.

Για να δώσουμε ένα αντιληπτό παράδειγμα, ολόκληρος ο υπολογιστής μας καταναλώνει περίπου 250-300 Watt κατά την λειτουργία του ακόμα και σε πλήρες φόρτο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η εισαγωγή των Peltier στο σύστημά μας θα ισοδυναμούσε ουσιαστικά με την προσθήκη ενός καινούργιου υπολογιστή!

2.5.3 Μηδενικό κέρδος στην απόδοση του συστήματος

Ολοκληρώνοντας την έρευνα μας για την ψύξη με την χρήση Peltier θα πρέπει να παραθέσουμε έναν ακόμη σημαντικό παράγοντα απόρριψης τους.

Αυτός έχει να κάνει με το γεγονός ότι ακόμα και στην ιδανική περίπτωση που οι συσκευές θα δούλευαν ανεπηρέαστα και χωρίς την παραμικρή εμφάνιση υγρασίας στο εσωτερικό του υπολογιστή , η ψύξη που εν τέλει θα προσέφεραν δεν θα οδηγούσε σε κάποιο ρεαλιστικό κέρδος στην απόδοση του συστήματός μας.

Και αυτό καθώς όλες οι κοινές υδροψύξεις του εμπορίου είναι ικανές να κρατήσουν τα μέρη του υπολογιστή πολύ χαμηλότερα από τα προβλεπόμενα ανώτατα όρια θερμοκρασίας που θέτουν οι κατασκευαστές με αποτέλεσμα τα μέρη αυτά να μπορούν να δίνουν την μέγιστη ισχύ τους χωρίς περιορισμούς και άρα χωρίς ανάγκη ακόμα μεγαλύτερης ψύξης.

2.6 Επίλογος

Συνοψίζοντας , στο κεφάλαιο αυτό είδαμε πώς ένα πρόβλημα στον προσωπικό μας υπολογιστή και στην υδρόψυξη του, μας οδήγησε στην ιδέα για την δημιουργία της πτυχιακής μας. Παρατηρήσαμε επίσης πώς τα αρχικά πλάνα μας για την εκπόνηση της εργασίας εκτροχιάστηκαν λόγω της πανδημίας του Covid-19 που επηρέασε εκτός από εμάς φυσικά και όλο τον πλανήτη , ενώ στο τέλος είδαμε την αρχική σχεδίαση του συστήματός μας με την χρήση Peltier να απορρίπτεται λόγω του σοβαρού κινδύνου πρόκλησης ζημιάς στο εσωτερικό του υπολογιστή μας , του κόστους που συνεπαγόταν της χρήσης τους , καθώς και του μηδενικού κέρδους που είχαμε στην απόδοση του συστήματός μας.

Κεφάλαιο 3^ο : Ρύθμιση παραμέτρων υδρόψυξης

3.1 Εισαγωγή

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα δούμε την επιλογή του αισθητηρίου θερμοκρασίας και την λογική πίσω από αυτήν την επιλογή , τις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε στην εύρεση της συνάρτησης μεταφοράς του , την ρύθμιση των ανεμιστήρων μέσω της τεχνολογίας PWM, καθώς και την ρύθμιση του επεξεργαστή μας και τους σκοπούς πίσω από αυτές τις κινήσεις.

3.2 Αισθητήριο Θερμοκρασίας

Ένα από τα σημαντικότερα μέρη της υδρόψυξης μας και του συστήματος ελέγχου αυτής ήταν φυσικά το αισθητήριο θερμοκρασίας.

Η εύρεση του καταλληλότερου αισθητηρίου για την υδρόψυξη μας δεν ήταν απλή υπόθεση καθώς το σύστημά μας είναι κλειστού τύπου με αποτέλεσμα τα κοινά αισθητήρια πολλαπλών χρήσεων να μην έχουν τρόπο να έρθουν σε επαφή με το νερό της υδρόψυξης.

Έτσι αισθητήρια τα οποία έχουμε χρησιμοποιήσει και στην σχολή όπως για παράδειγμα το LM35 και η παραλλαγή του σε αδιάβροχη μορφή που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε με μεγάλη ευκολία καθώς γνωρίζουμε όλες τις παραμέτρους του μέσω του Datasheet της εταιρείας αποκλείστηκαν ως λύσεις καθώς ήταν αδύνατον να εισέλθουν με κάποιο τρόπο στην υδρόψυξη μας.

Για αυτόν τον λόγο στραφήκαμε στην χρήση αισθητηρίων που ήταν φτιαγμένα αποκλειστικά για χρήση με συστήματα υδροψύξεων και πιο συγκεκριμένα επιλέξαμε το αισθητήριο θερμοκρασίας της εταιρείας Aqua Computer (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Φωτογραφία του αισθητηρίου που χρησιμοποιήθηκε στην πτυχιακή μας.

Κεφάλαιο 3°

Με αυτού του είδους την κατασκευή το αισθητήριο είχε την δυνατότητα να εισέλθει στο σύστημα της υδρόψυξης μας και πιο συγκεκριμένα ανάμεσα στο ψυγείο και τις σωληνώσεις όπως μπορούμε να δούμε στο παρακάτω Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Σημείο τοποθέτησης αισθητηρίου θερμοκρασίας στην υδρόψυξη.

Παρότι το πρόβλημα εύρεσης ενός κατάλληλου αισθητηρίου λύθηκε σχετικά γρήγορα, το πρόβλημα που πλέον αντιμετωπίζαμε ήταν ότι το συγκεκριμένο αισθητήριο δεν είχε Datasheet και έτσι δεν μπορούσαμε να γνωρίζουμε τί σήμαινε κάθε τιμή αντίστασης για την θερμοκρασία.

Το μοναδικό επίσημο δεδομένο που είχαμε από την σελίδα του κατασκευαστή ήταν ότι στους 25°C η αντίσταση του αισθητηρίου θα βρισκόταν στα 10kΩ.

Μετά απο επικοινωνία με e-mail με τον κατασκευαστή μπορέσαμε να πάρουμε την διευκρίνηση ότι το αισθητήριο για την λειτουργία του έκανε χρήση ενός NTC Θερμίστορ με συντελεστή B = 3850.

Τα θερμίστορ [9] λειτουργούν όπως και οι αντιστάσεις με την ειδοποιό διαφορά τους να είναι το γεγονός πώς η αντίσταση τους αλλάζει καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία. Άλλωστε και η ονομασία τους στα αγγλικά προέρχεται από την ένωση των λέξεων THERMally sensitive res-ISTOR.

Ο τύπος θερμίστορ NTC ή Negative Temperature Coefficient (Αρνητικός Συντελεστής Θερμοκρασίας) μας υποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο θερμίστορ ρίχνει την αντίσταση του καθώς η θερμοκρασία αυξάνει γύρω του.

Ο συντελεστής B αποτελεί και την σημαντικότερη παράμετρο του θερμίστορ καθώς γνωρίζοντας την τιμή του έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε την τιμή της αντίστασης για οποιαδήποτε θερμοκρασία χωρίς να χρειαζόμαστε Datasheet. Ο συντελεστής αυτός είναι μία σταθερά η οποία καθορίζεται από το υλικό κατασκευής του θερμίστορ και μπορεί να έχει τιμές απο 3000 μέχρι 5000.

Γνωρίζοντας λοιπόν ότι ο συντελεστής B=3850 και ότι στους 25°C η αντίσταση είναι 10kΩ, μπορούμε με ευκολία να υπολογίσουμε τις τιμές θερμοκρασίας για ολές τις πιθανές τιμές αντίστασης του αισθητηρίου με την χρήση του παρακάτω τύπου [10].

$$B_{(T1/T2)} = \frac{T_2 \times T_1}{T_2 - T_1} \times \ln \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \quad (3.1)$$

Όπου:

- T1 είναι η τιμή αναφοράς θερμοκρασίας (Που όπως γνωρίζουμε είναι οι 25°C)
- T2 είναι η δεύτερη τιμή θερμοκρασίας (Που θα είναι η θερμοκρασία στην οποία ψάχνουμε να βρούμε την αντίσταση κάθε φορά)
- R1 είναι η τιμή αντίστασης του θερμίστορ στην θερμοκρασία T1 (25°C άρα 10 kΩ)
- R2 είναι η τιμή αντίστασης του θερμίστορ στην θερμοκρασία T2 (Που είναι η τιμή της αντίστασης που ψάχνουμε να βρούμε)

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι οι τιμές T1 και T2 υπολογίζονται στην εξίσωση σε βαθμούς Kelvin και όχι σε βαθμούς Κελσίου όπου 0°C = 273.15 Kelvin, ενώ οι αντιστάσεις R1 και R2 αντίστοιχα σε Ohm δηλαδή 10 kΩ=10.000.

Άρα οι 25°C για παράδειγμα θα αντιστοιχούν σε 25+273.15 = 298.15 Kelvin κ.ο.κ.

Κεφάλαιο 3°

Κάνοντας χρήση του παραπάνω τύπου μπορούμε για παράδειγμα να βρούμε την τιμή της αντίστασης του Θερμίστορ για θερμοκρασία 60°C ως εξής:

$$B_{(25/60)} = \frac{(60 + 273.15)x(25 + 273.15)}{(60 + 273.15) - (25 + 273.15)}x \ln\left(\frac{10000}{R2}\right)$$

$$3850 = \frac{99.328, 6725}{35}x \ln\left(\frac{10000}{R2}\right)$$

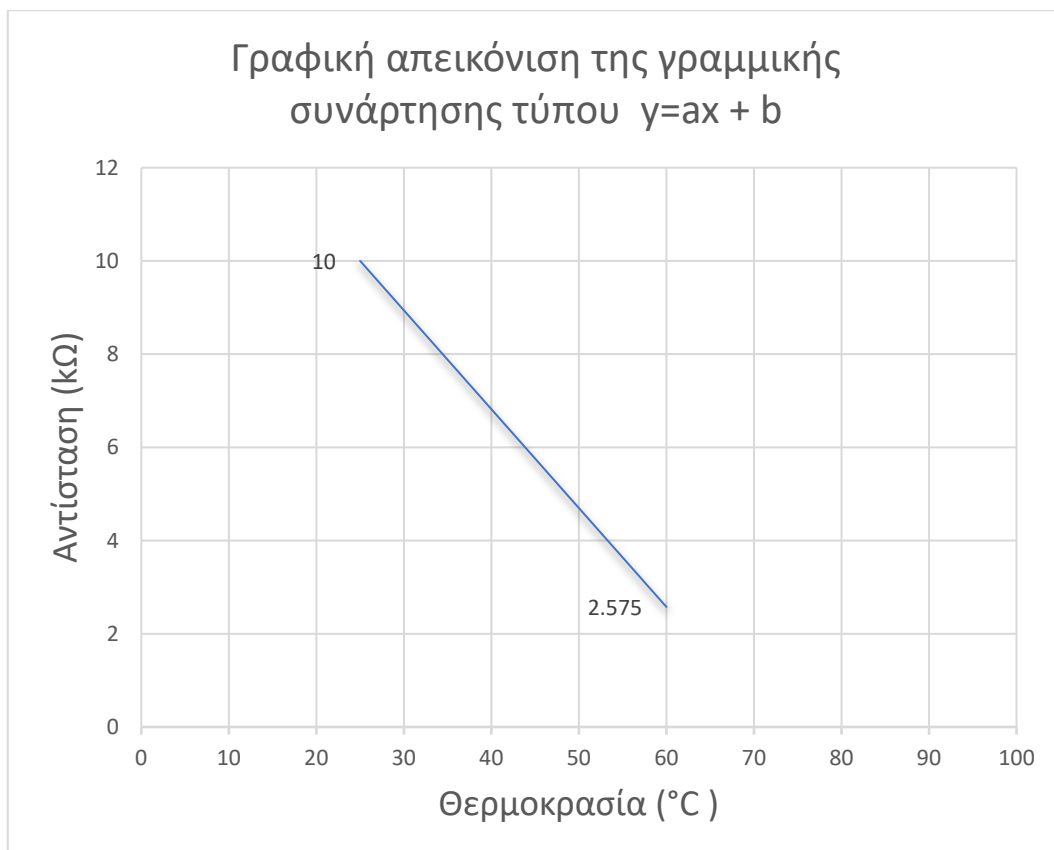
$$3850 = 2.837, 96207x \ln\left(\frac{10000}{R2}\right)$$

$$e^{\frac{3850}{2.837,96207}} = \left(\frac{10000}{R2}\right)$$

$$R2 = \frac{10000}{e^{1.35660728}} = 2575\Omega = 2, 575k\Omega$$

Άρα για θερμοκρασία 60°C παρατηρούμε ότι η τιμή της αντίστασης του θερμίστορ είναι 2,575 kΩ. Γνωρίζοντας πλέον δύο τιμές αντιστάσεων του Θερμίστορ για 25 και 60 βαθμούς Κελσίου μπορούμε να αναπαραστήσουμε γραφικά την χαρακτηριστική γραμμή τους (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστική γραμμή της εξίσωσης

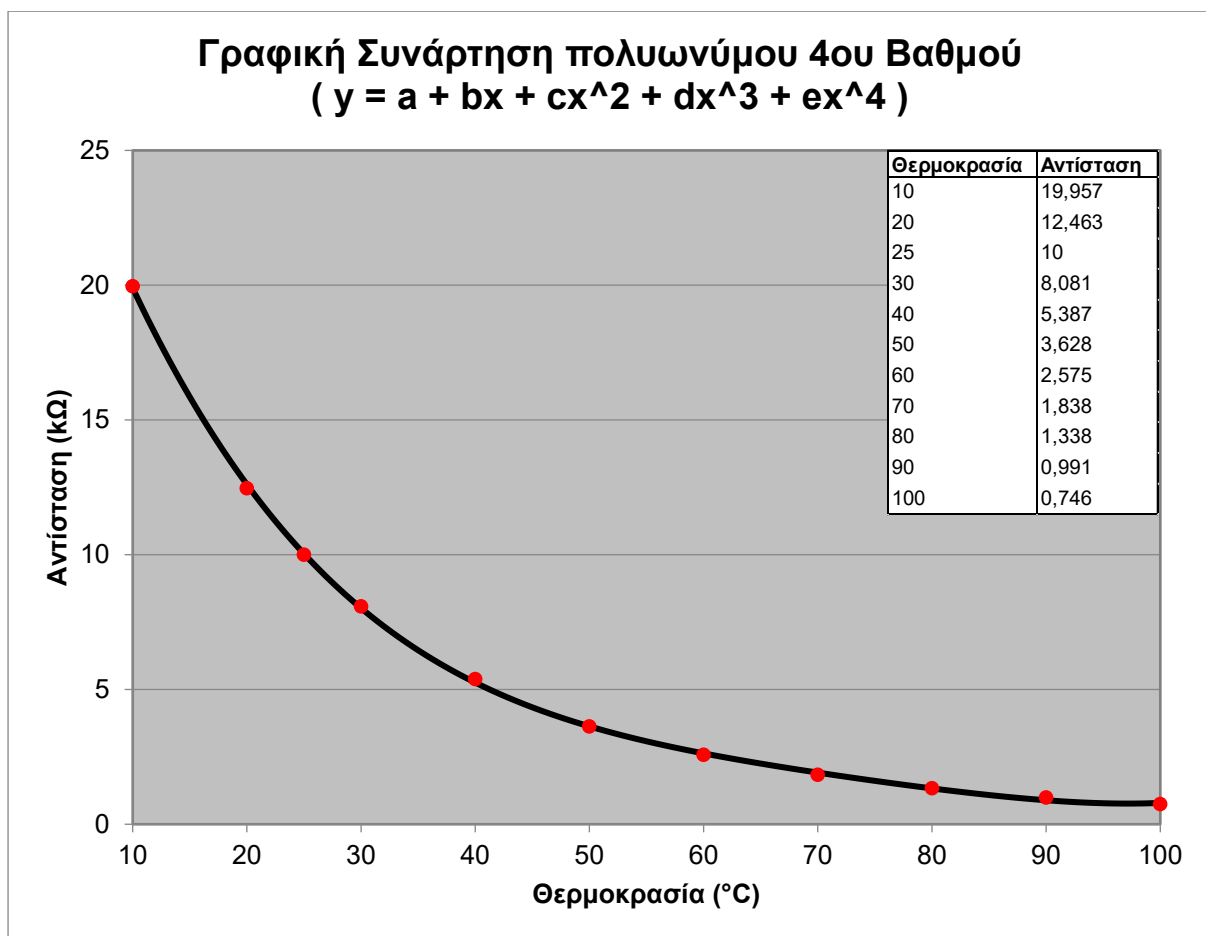


Καθώς όμως τα θερμίστορ δεν αυξάνουν/μειώνουν γραμμικά την αντίστασή τους αλλά εκθετικά, οι συσχετισμοί στον παραπάνω πίνακα δεν θα έχουν ακρίβεια για τις υπόλοιπες τιμές των αξόνων x και y με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να συμβουλευτούμε τον πίνακα αυτόν για όλες τις διαθέσιμες τιμές.

Για να είμαστε όσο το δυνατόν περισσότερο ακριβείς στις μετρήσεις υπολογισμού μας θα πρέπει να πάρουμε ένα πλήθος μετρήσεων ώστε να μπορεί να αναπαρασταθεί με την μεγαλύτερη ακρίβεια η καμπύλη της εκθετικής συνάρτησης μας.

Λύνοντας λοιπόν την εξίσωση για τις θερμοκρασίες 10 , 20 , 25 , 30 , 40 , 50 , 60 , 70 ,80 , 90 και 100 βαθμών Κελσίου μπορούμε να πάρουμε την παρακάτω χαρακτηριστική καμπύλη πολυωνύμου όπως στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστική καμπύλη πολυωνύμου 4^{ου} βαθμού



Παρατηρούμε την μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο πρώτο και το δεύτερο διάγραμμα καθώς σε αντίθεση με τις γραμμικές εξισώσεις , οι εκθετικές βελτιώνονται όσο δίνουμε περισσότερες τιμές μετρήσεων. Η εξίσωση που προκύπτει από την παραπάνω καμπύλη είναι η:

$$y = 30.921312 - 1.328998x + 0.024742463x^2 - 0.00021848423x^3 + 0.00000073830475x^4 \quad (3.2)$$

Κεφάλαιο 3°

Παρά όμως την σαφή βελτίωση σε σχέση με την αρχική γραμμική συνάρτηση μπορούμε πάλι να παρατηρήσουμε κάποιες αποκλίσεις των σημείων που εφάπτεται η καμπύλη με τις μετρήσεις που κάναμε καθώς όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.3, οι τιμές μας και ειδικά η τιμή a έχει ένα ποσοστό λάθους 0.33%.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τιμή της R^2 από την οποία εξαρτάται η αποτελεσματικότητα της συνάρτησης να έχει τιμή 0.99981, η οποία επιδέχεται βελτίωση. Όσο πιο κοντά καταφέρουμε να πλησιάσουμε την τιμή αυτήν στην μονάδα (1), τόσο καλύτερη θα είναι και η συνάρτησή μας.

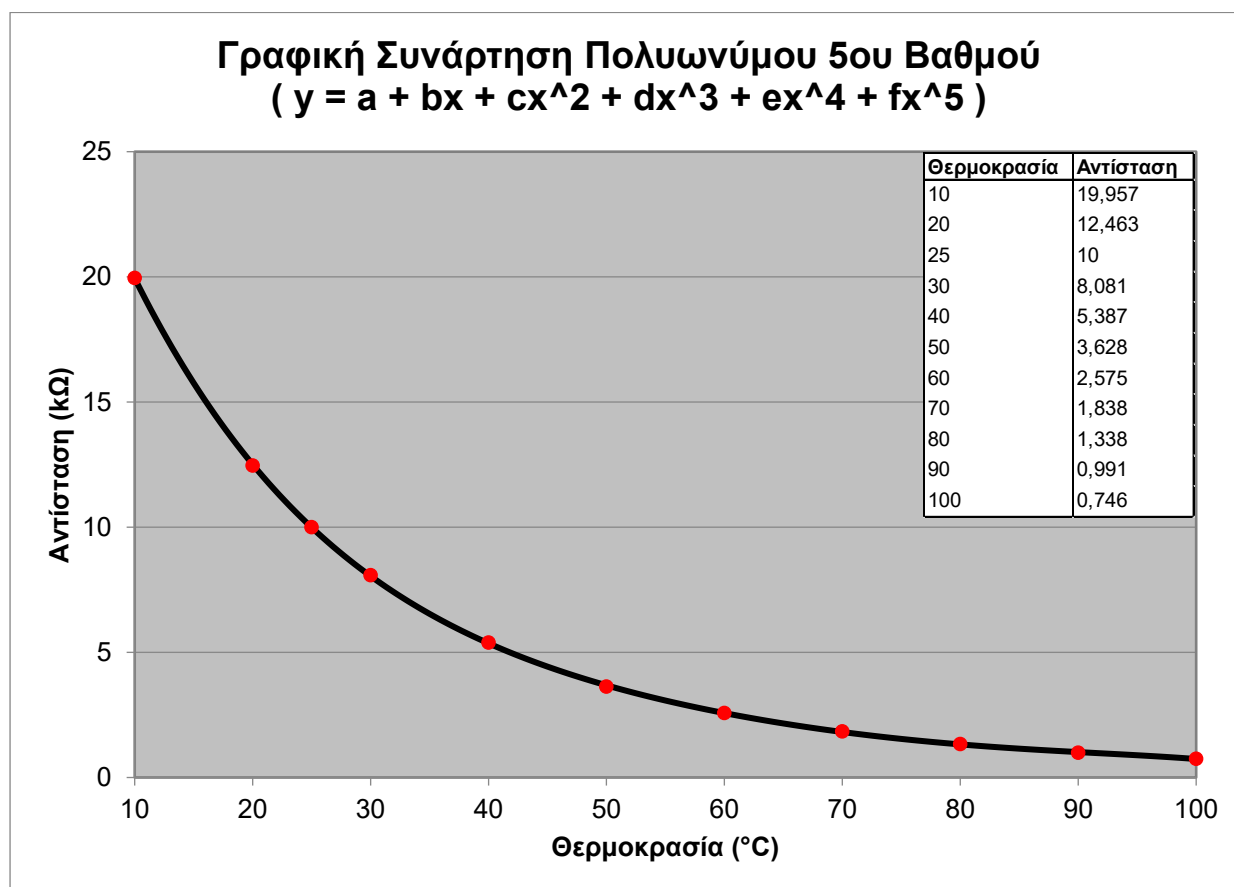
Πίνακας 3.3 Ποσοστά λάθους των τιμών a, b, c, d, e

Coeff.	Value	± Error
a	30,9213121128634	0,335019855235051
b	-1,32899795772065	0,0364390673898304
c	0,0247424626565324	0,00126535821064347
d	-0,000218484226642299	0,000017085758884040
e	0,000000738304750137	0,000000078028047938

Για να εξαλείψουμε όσο το δυνατόν περισσότερο αυτό το ποσοστό λάθους και να κάνουμε την καμπύλη μας να εφάπτεται όσο το δυνατόν καλύτερα στα σημεία των μετρήσεων μας, χρειάστηκε να πάμε σε μία πολυωνμική συνάρτηση 5^{ου} βαθμού καθώς πέρα από τον αριθμό των μετρήσεων σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια παίζει και ο βαθμός του πολυωνύμου.

Έτσι για πολυώνυμο 5^{ου} βαθμού παίρνουμε την καμπύλη που βλέπουμε στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Χαρακτηριστική καμπύλη πολυωνύμου 5^{ου} βαθμού



Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, με την χρήση μίας καμπύλης πολωνύμου 5^{ου} βαθμού, καταφέρνουμε να πετύχουμε σχεδόν τέλεια εφαρμογή της καμπύλης πάνω στα σημεία των μετρήσεων μας.

Η εξίσωση 5^{ου} βαθμού που προκύπτει από την παραπάνω καμπύλη είναι η:

$$y = 32.092585 - 1.5233234x + 0.035090276x^2 - 0.00045249416x^3 + 0.0000030839571x^4 - 0.0000000085825968x^5 \quad (3.3)$$

Η βελτιστοποίηση της καμπύλης μας οφείλεται στο γεγονός ότι καταφέραμε να ρίξουμε το ποσοστό λάθους στην τιμή a από το 0.33% στο 0.02% όπως θα δούμε και στον Πίνακα 3.5, μέσω της αύξησης ενός βαθμού στην πολυωνυμική μας συνάρτηση.

Πίνακας 3.5 Ποσοστά λάθους των τιμών a,b,c,d,e

Coeff.	Value	± Error
a	32,0925854904033	0,0252673614519485
b	-1,52332338128963	0,0647921755872898
c	0,0350902760633955	0,061978228731807
d	-0,000452494158633738	0,102514768983452
e	0,000003083957057835	0,0284309551850562
f	-0,000000008582596798	0,0356305708520557

Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να καταφέρουμε να αυξήσουμε κατά συνέπεια και την τιμή της R² η οποία από 0.99981 ανέβηκε στο 0.99997 σχεδόν φτάνοντας την μονάδα που όπως προαναφέραμε αποτελεί το άριστο.

Έτσι λοιπόν, καταφέροντας να εξαλείψουμε το ποσοστό λάθους, μπορέσαμε να βγάλουμε με ακρίβεια την ιδανική συνάρτηση 5^{ου} βαθμού που είδαμε παραπάνω και μέσω της οποίας μπορούμε να υπολογίζουμε με ακρίβεια κάθε πιθανή τιμή θερμοκρασίας ή αντίστασης λύνοντας την είτε ως προς x που είναι η θερμοκρασία, είτε ως προς y που είναι η αντίσταση.

Οι πολυωνυμικές εξισώσεις καθώς και τα περιθώρια λάθους βρέθηκαν με την χρήση των προγραμμάτων Matlab + Excel.

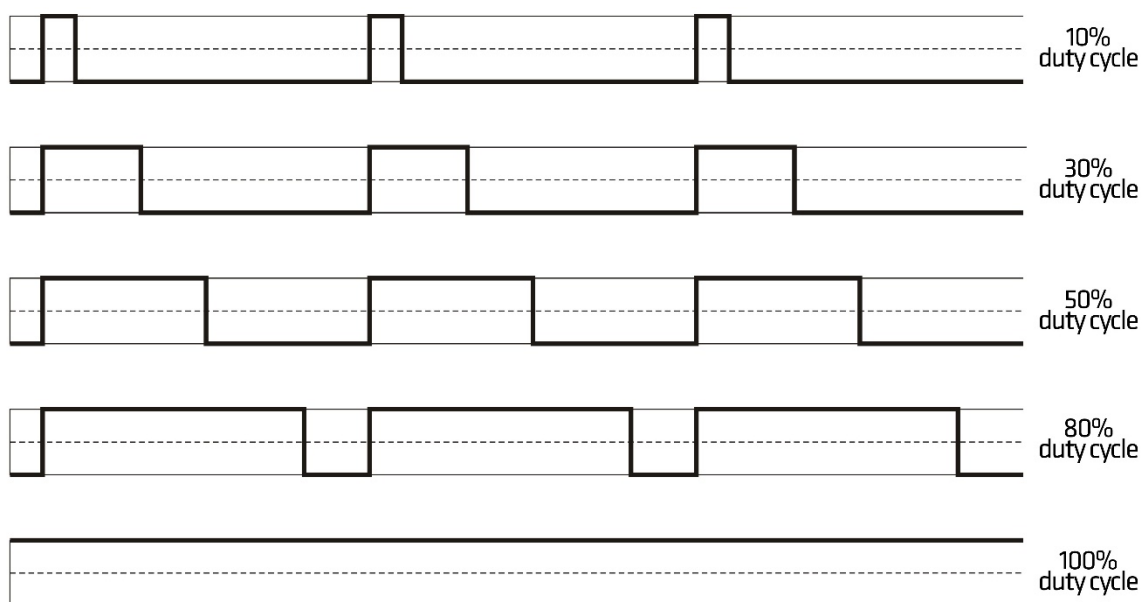
3.3 Ανεμιστήρες ρυθμιζόμενοι με παλμό

Πέρα φυσικά από την απλή καταγραφή της θερμοκρασίας και την προσθήκη προειδοποιητικών συστημάτων ασφαλείας, μία ακόμα ενέργεια που θέλαμε να κάνουμε ήταν να έχουμε τον απόλυτο έλεγχο και των ανεμιστήρων, ρυθμίζοντας τους ανάλογα για την εκάστοτε τιμή θερμοκρασίας του συστήματός μας με σκοπό και την αποτελεσματικότερη ψύξη αλλά κυρίως για τα όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα θορύβου.

Αυτό για να μπορέσει να γίνει εφικτό χρειάζεται την ύπαρξη ανεμιστήρων τύπου PWM. Παρότι οι ανεμιστήρες ως μέσο ψύξης των υπολογιστών υπάρχουν στην αγορά εδώ και πολλές δεκαετίες, αυτή η νέα τεχνολογία πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά το όχι και πολύ μακρινό 2003[11]. Η διαφορά αυτών των ανεμιστήρων σε σύγκριση με των απλών είναι η ύπαρξη ενός παραπάνω pin στο καλώδιο σύνδεσης τους με το οποίο έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίζουμε την ταχύτητά τους. Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε πώς επιτυγχάνουμε την ρύθμιση αυτή, θα πρέπει να πρώτα να δούμε τι σημαίνει η διαμόρφωση με εύρος παλμού (pulse width modulation) και πώς αυτή λειτουργεί.

Το PWM λειτουργεί στην ουσία σαν ένας διακόπτης On/Off ο οποίος ρυθμίζει την χρονική διάρκεια που παίρνει τροφοδοσία το μοτέρ μας. Όσο πιο πολύ ώρα μένει στην κατάσταση On, τόσο περισσότερη ώρα παίρνει τροφοδοσία το μοτέρ μας και κατά συνέπεια τόσο πιο γρήγορα γυρνάει ο ανεμιστήρας μας. Είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι το PWM δουλεύει με την τροφοδοσία που παίρνει το μοτέρ χωρίς να την επηρεάζει ή να την χρησιμοποιεί. Με λίγα λόγια στην περίπτωση μας που το μοτέρ των ανεμιστήρων λειτουργεί στα 12V, το PWM δεν ρίχνει ή ανεβάζει την τάση αυτή, παρά μόνο ρυθμίζει ανά πόσο διάστημα θα την λαμβάνει το μοτέρ μας με την χρήση των παλμών.

Η ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων γίνεται με την ρύθμιση του λεγόμενου Duty Cycle (Κύκλος Εργασίας). Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το ποσοστό, τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο παλμός που στέλνουμε στο μοτέρ με συνέπεια να αυξάνεται η ταχύτητα του και το ανάποδο. Στο Σχήμα 3.3 μπορούμε να δούμε μερικά από τα διαφορετικά επίπεδα του κύκλου εργασίας και την μορφή του παλμού τους.



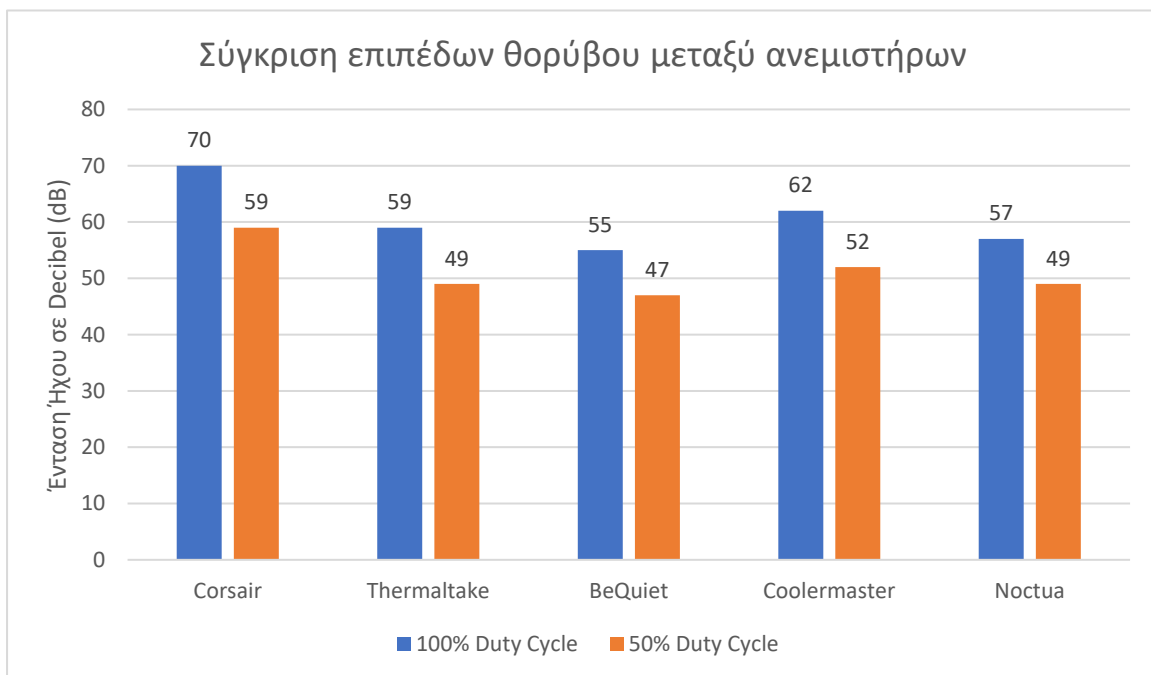
Σχήμα 3.3 Απεικόνιση των διαφορετικού πλάτους παλμών

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από την εικόνα, αν ορίσουμε για παράδειγμα τον κύκλο εργασίας στο 10%, οι παλμοί που θα λαμβάνει το μοτέρ θα είναι πολύ περιορισμένοι για μία συγκεκριμένη περίοδο χρόνου με αποτέλεσμα η ταχύτητα του ανεμιστήρα να είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αντίθετα όμως όσο μεγαλώνει ο κύκλος εργασίας τόσο περισσότεροι γίνονται και οι παλμοί μας για την ίδια χρονική περίοδο με αποτέλεσμα η ταχύτητα του ανεμιστήρα να αυξάνεται. Μπορούμε επίσης να δούμε, ότι για Duty Cycle 100% ο παλμός μας είναι διαρκής για όλο το χρονικό διάστημα της περιόδου, δίνοντας έτσι στο μοτέρ την μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να πάρει.

Όπως αναφέραμε και στην αρχή της υποενότητας, ένας από τους δύο λόγους που θέλαμε να ελέγχουμε την ταχύτητα περιστροφής των ανεμιστήρων ήταν αυτός του θορύβου που αυτοί βγάζουν σε κάθε ταχύτητα. Παρότι η παράμετρος αυτή δεν επηρεάζει την απόδοση του συστήματός μας, η εξασφάλιση των όσο το δυνατόν χαμηλότερων επιπέδων θορύβου, μπορεί να κάνει την χρήση του υπολογιστή μία πολύ καλύτερη εμπειρία εάν στο περιβάλλον επικρατεί ηρεμία και δεν έχουμε την συνεχή ενόχληση των ανεμιστήρων όταν αυτοί τρέχουν σε ιδιαίτερα υψηλές στροφές.

Όπως μπορούμε να δούμε και στον Πίνακα 3.6 [11], η διαφορά των επιπέδων έντασης κατά την διάρκεια λειτουργίας των ανεμιστήρων στο 100% και στο 50% του κύκλου εργασίας κυμαίνεται από 8 έως 10 Decibel.

Πίνακας 3.6 Σύγκριση επιπέδων θορύβου



Για να καταλάβουμε πόσο σημαντική είναι αυτή η διαφορά στο επίπεδο των Decibel, αρκεί να αναφέρουμε μερικά παραδείγματα στην καθημερινότητα μας για την εκάστοτε τιμή έντασης [12].

- 80 dB - Εργοστάσιο παραγωγής, Πλυντήριο Πιάτων, Απορριματοφόρο
- 70 dB - Τηλεόραση, Ραδιόφωνο, Ηλεκτρική Σκούπα
- 60 dB - Δουλειά Γραφείου, Συζήτηση σε ένα εστιατόριο
- 50 dB - Ήρεμο Προάστιο, Ψυγείο, Συζήτηση στο σπίτι
- 40 dB - Βιβλιοθήκη, Κελαϊδίσματα πουλιών
- 30 dB - Ψιθύρισμα
- 20 dB - Κούνημα των φύλλων στα δέντρα
- 10 dB - Αναπνοή

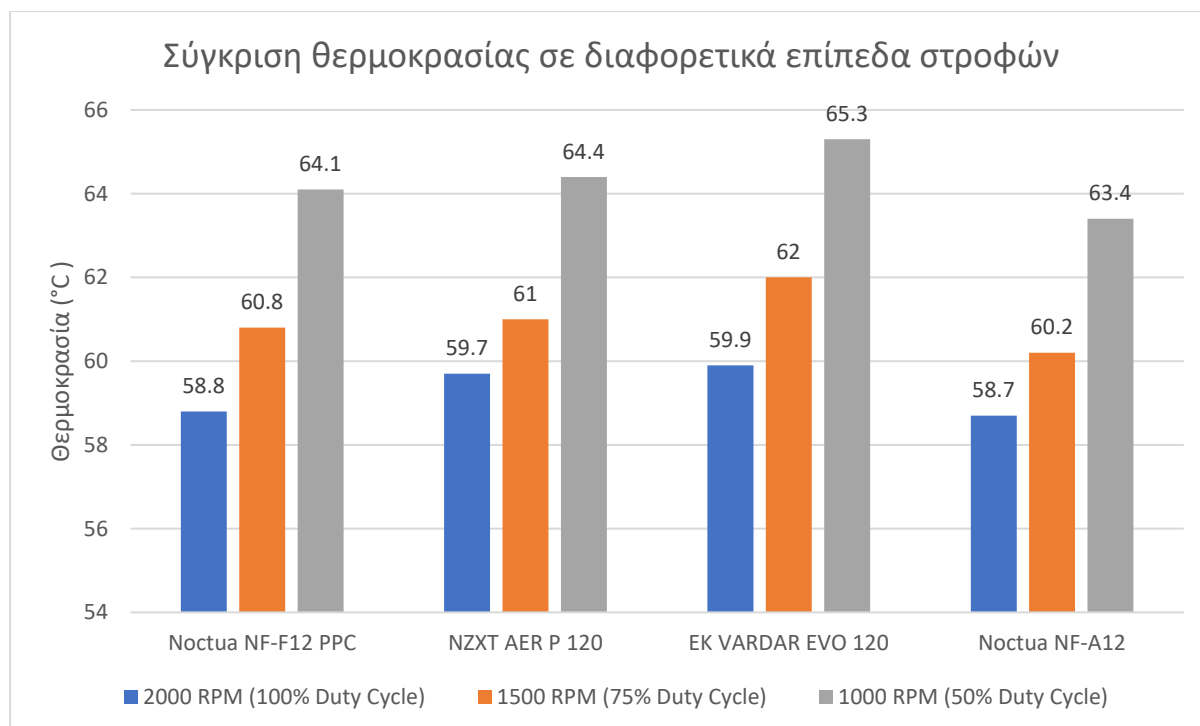
Κεφάλαιο 3°

Εδώ είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι για κάθε μείωση της τάξης των 10 dB έχουμε μείωση της έντασης του ήχου κατά 50%, με συνέπεια να γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι μειώνοντας την ταχύτητα λειτουργίας των ανεμιστήρων έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ένταση τους και στο πόσο αντιληπτοί ή όχι γίνονται από εμάς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ανεμιστήρας από την εταιρεία Corsair, όπου ενώ στην μέγιστη ταχύτητα του εκπέμπει επίπεδα θορύβου της τάξης των 70 Decibel που ισοδυναμούν με τον ήχο που κάνει μία ηλεκτρική σκούπα, μειώνοντας την ταχύτητα λειτουργίας του στο μισό, επιτύχαμε και μείωση της έντασης του στο ίδιο ποσοστό ισοδυναμώντας πλέον με μία συζήτηση σε ένα εστιατόριο.

Ο δεύτερος και εξίσου σημαντικός λόγος που θέλαμε να έχουμε τον έλεγχο των ανεμιστήρων της υδρόψυξης μας, ήταν η ρύθμιση της ταχύτητας τους που μετριέται σε στροφές ανά λεπτό (RPM) σε σχέση με την ψύξη που απαιτείται την κάθε στιγμή. Οι ανεμιστήρες χωρίς την δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας τους, δουλεύουν σε μία προκαθορισμένη τιμή ταχύτητας χωρίς την δυνατότητα αλλαγής της με κάποιον τρόπο, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε είτε να μειώσουμε την ταχύτητα σε περίπτωση που το σύστημα μας δεν απαιτεί τόσο υψηλό επίπεδο την δεδομένη στιγμή, είτε να την αυξήσουμε σε περίπτωση που ο υπολογιστής μας έχει ανεβάσει θερμοκρασίες και θέλουμε να επιτύχουμε καλύτερη ψύξη.

Εδώ βέβαια πρέπει να τονίσουμε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η ψύξη που μπορούν να δώσουν οι ανεμιστήρες όπως αναφέραμε και στο 1° Κεφάλαιο είναι ο τύπος τους και όχι η ταχύτητα τους. Παρ'όλα αυτά και η ταχύτητα μπορεί να επηρεάσει την θερμοκρασία απλά σε χαμηλότερο βαθμό (της τάξης των 1-3 βαθμών Κελσίου για κάθε διαφορετικό επίπεδο ταχύτητας όπως βλέπουμε και στον Πίνακα 3.7 [13]), αλλά καθώς θα ελέγγαμε την ταχύτητα τους ούτως ή άλλως διότι θέλαμε να ελέγγουμε τον θόρυβο που παρήγαγαν, αυτό ήταν ένα παραπάνω όφελος για το σύστημα μας.

Πίνακας 3.7 Σύγκριση θερμοκρασιών σε διαφορετικές ταχύτητες



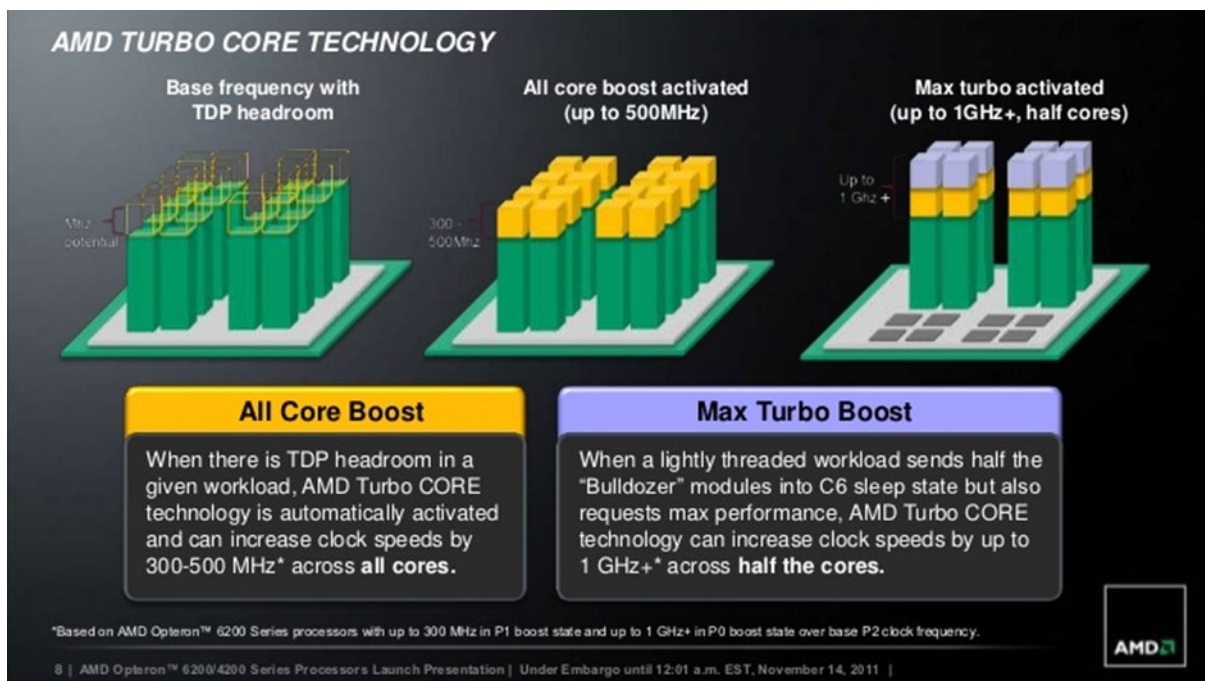
Ο τρόπος για να πετύχουμε αυτόν τον έλεγχο της ταχύτητας των ανεμιστήρων ήταν να τους συνδέσουμε απευθείας στον μικροελεγκτή μας ώστε να μπορούμε να διαμορφώνουμε την ταχύτητα τους σύμφωνα με τους παλμούς που θα τους στέλνουμε κάθε στιγμή. Η ρύθμιση αυτή θα πραγματοποιηθεί μέσω του κώδικα μας όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

3.4 Υπερχρονισμός Επεξεργαστή

Ένα απο τα τελευταία αλλά όχι λιγότερο σημαντικά προβλήματα που αντιμετώπισα στην διάρκεια της πτυχιακής μου, ήταν αυτό του επεξεργαστή και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του που επηρέαζαν σημαντικά τις μετρήσεις μου.

Ο επεξεργαστής που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα της πτυχιακής μου ήταν ο FX-8320 της εταιρείας AMD.

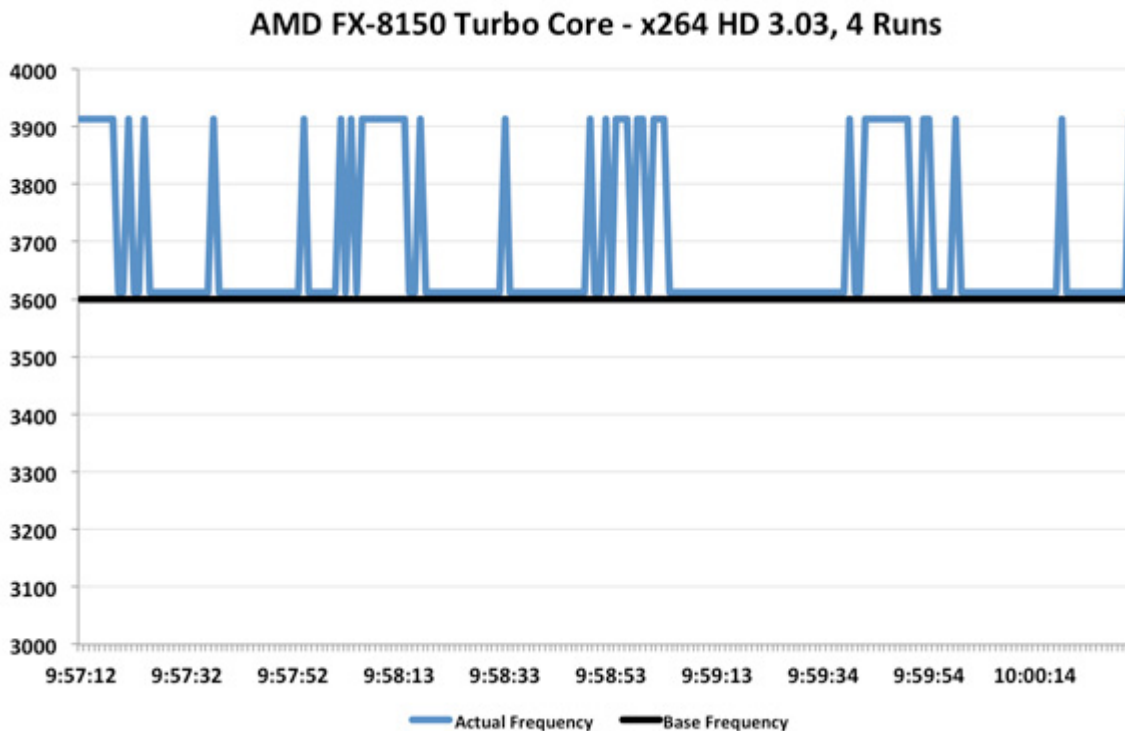
Ο συγκεκριμένος επεξεργαστής καθώς και ολόκληρη η σειρά επεξεργαστών FX που έβγαλε η AMD την περίοδο 2011-2014 περιλάμβανε την νέα τεχνολογία της εταιρείας με το όνομα Turbo Core Technology [14]. Η τεχνολογία αυτή χωριζόταν σε δύο κατηγορίες. Την All Core Boost και την Max Turbo boost (Σχήματα 3.4 και 3.5).



Σχήμα 3.4 Στοιχεία για την τεχνολογία Turbo Core από το επίσημο σάιτ της AMD

Μέσω αυτής της τεχνολογίας η AMD εξασφάλιζε την σταθερή και οικονομική απόδοση του επεξεργαστή όταν αυτός δεν εκτελούσε κάποια εργασία ή εκτελούσε κάποια εργασία χαμηλού φόρτου (Όπως παραδείγματος χάρη σερφάρισμα στο ίντερνετ) κρατώντας την συχνότητα στα προκαθορισμένα επίπεδα (3.5 Ghz στην περίπτωση του δικού μας επεξεργαστή) με αποτέλεσμα την χαμηλή ανάγκη σε τάση και ισχύ. Ωστόσο όταν ο χρήστης αποφάσιζε να εκτελέσει οποιαδήποτε σημαντική εργασία, η τεχνολογία Turbo Core λάμβανε δράση δίνοντας στον επεξεργαστή είτε μεγαλύτερες συχνότητες από την προκαθορισμένη (Από 3.6 έως και 4.2 Ghz στον FX-8320) σε όλους τους πυρήνες (All Core Boost) εάν φυσικά η εργασία αυτή το απαιτούσε βάση φόρτου, είτε τις μέγιστες δυνατές συχνότητες που μπορούσε να δώσει στους μισούς μόνο πυρήνες (Max Turbo Boost) εάν η εργασία δεν απαιτούσε την χρήση όλων.

Το αποτέλεσμα φυσικά αυτών των ενεργειών ήταν τόσο η τάση όσο και η ισχύς να ανεβαίνουν ανάλογα όπως φυσικά και η κατανάλωση ρεύματος με αποτέλεσμα να έχουμε τις διακυμάνσεις που προαναφέραμε.



Σχήμα 3.5 Παράδειγμα λειτουργίας του Turbo Core σε επεξεργαστή της σειράς FX

Στην δική μας περίπτωση οι συνεχείς εναλλαγές στην συχνότητα είχαν ως συνέπεια οι μετρήσεις θερμοκρασίας που παίρναμε είτε πάνω στον επεξεργαστή είτε στο υγρό της υδρόψυξης κατά την διάρκεια εκτέλεσης προγραμμάτων ελέγχου να μην έχουν επαναληψιμότητα με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να καταλήξουμε με σιγουριά στις ανώτατες τιμές που θέλαμε να θέσουμε ως όριο λειτουργίας του επεξεργαστή μας όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με την κατάργηση από το BIOS του υπολογιστή της τεχνολογίας Turbo Core και τον υπερχρονισμό (overclocking) του επεξεργαστή μας σε μία προκαθορισμένη συχνότητα των 4.0 Gigahertz με σταθερή τάση λειτουργίας στα 1.34 Volt.

Μέσω αυτής της κίνησης καταφέραμε να εξαλείψουμε τις συνεχείς αυξομειώσεις στην τάση και την συχνότητα του επεξεργαστή μας και να ελαχιστοποιήσουμε τις μεταβλητές παραμέτρους των μετρήσεων μας.

3.5 Επίλογος

Ολοκληρώνοντας , σε αυτό το κεφάλαιο είδαμε την διαδικασία επιλογής του κατάλληλου αισθητηρίου θερμοκρασίας σε σχήμα O-ring ώστε να μπορεί να εισέρχεται στην υδρόψυξη μας χωρίς πρόβλημα , την εύρεση της σωστής συνάρτησης μεταφοράς μετά από προσομοιώσεις στο υπολογιστικό πρόγραμμα Matlab , την ρύθμιση των ανεμιστήρων της υδρόψυξης μας με την χρήση παλμών (PWM), καθώς και την ρύθμιση του επεξεργαστή μας σε μία συγκεκριμένη τιμή αναφοράς για να πετύχουμε όσο το δυνατόν περισσότερο ακριβείς μετρήσεις.

Κεφάλαιο 4^ο: Τελική σχεδίαση κυκλώματος

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε την λογική πίσω από την κατασκευή του τελικού κυκλώματός μας, τις διάφορες παραμέτρους που έπρεπε να ικανοποιούνται, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο το κατασκευάσαμε. Επίσης στο τέλος του κεφαλαίου θα δούμε και ένα αναλυτικό κοστολόγιο με όλα τα υλικά και τον λόγο που αυτά επιλέχθηκαν για την εργασία μας.

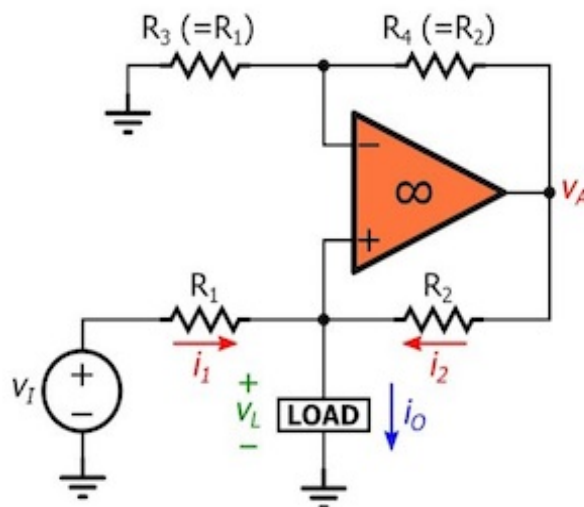
4.2 Τελικό κύκλωμα και λογική υλοποίησης

Η σχεδίαση του κυκλώματος μας είχε σαν βασικό άξονα τα χαρακτηριστικά του αισθητηρίου θερμοκρασίας καθώς και του μικροελεγκτή PIC 18F4550 που επιλέξαμε για το σύστημα μας.

Μέσα από το Datasheet [15] του μικροελεγκτή είδαμε ότι η είσοδος της θύρας AN0 του PIC στην οποία και θα κατέληγε το κύκλωμα που περιελάμβανε το αισθητήριο θερμοκρασίας, μπορούσε να λάβει τιμές τάσης που κυμαίνονταν από 0 έως 5V. Οποιαδήποτε τιμή τάσης μεγαλύτερη των 5 Volt DC θα οδηγούσε στην καταστροφή του μικροελεγκτή μας.

Την ίδια στιγμή γνωρίζαμε ότι το αισθητήριο μας μεταβάλλει την θερμοκρασία του για τιμές αντίστασης από 0 μέχρι και 10 kΩ ενώ είχαμε σαν προϋπόθεση το ρεύμα μας να είναι σταθερό για όλες τις τιμές στα 0,5 mA. Άρα ο στόχος μας ήταν ο συσχετισμός των τριών αυτών δεδομένων με σκοπό στην μέγιστη τιμή των 10 kΩ να έχουμε μέγιστη τάση εξόδου 5 V, στην ελάχιστη τιμή των 0Ω να έχουμε 0 V κ.ο.κ.

Για να επιτύχουμε σταθερό ρεύμα πάνω στο αισθητήριο μας για όλες τις πιθανές τιμές αντίστασης του καθώς αλλάζει η θερμοκρασία του, κάναμε χρήση του σχεδίου Howland Current Pump [16-17] (Αντλία Ρεύματος Howland – Σχήμα 4.1) το οποίο αναπτύχθηκε από τον ομόνυμο καθηγητή του MIT Bradford Howland και αποτελείται από έναν τελεστικό ενισχυτή και μία γέφυρα αντιστάσεων. Για να μπορεί το ρεύμα να παραμένει σταθερό είναι κρίσιμο η γέφυρα αντιστάσεων να παραμένει σε ισορροπία και πιο συγκεκριμένα $R_3 = R_1$ και $R_4 = R_2$.



Σχήμα 4.1 Η αντλία ρεύματος που σχεδίασε ο καθηγητής Howland

Κεφάλαιο 4°

Όπου:

- V_A = Η τάση εξόδου του τελεστικού ενισχυτή
- V_I = Η τάση εισόδου του κυκλώματος
- LOAD = Το φορτίο που στην δικιά μας περίπτωση είναι το αισθητήριο θερμοκρασίας
- V_L = Η τάση πάνω στο φορτίο
- i_O = Το ρεύμα που διαπερνάει το φορτίο
- i_1 = Το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_1
- i_2 = Το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_2

Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε καλύτερα πώς επιτυγχάνεται η διατήρηση του ρεύματος σε μία σταθερή τιμή ανεξάρτητα της τάσης V_L , φτάνει μόνο να λύσουμε το παραπάνω κύκλωμα χρησιμοποιώντας απλά τους νόμους του Ohm και του Kirchhoff όπου:

$$i_O = i_1 + i_2 = \frac{v_I - v_L}{R_1} + \frac{v_A - v_L}{R_2} \quad (4.1)$$

Καθώς όμως ο τελεστικός μας ενισχυτής σε συνδυασμό με τις αντιστάσεις R_3 και R_4 δημιουργεί ένα μη αναστρέφων τελεστικό ενισχυτή ως προς την τάση V_L , παίρνουμε την παρακάτω εξίσωση για την τάση V_A :

$$v_A = (1 + R_4 / R_3) v_L \quad (4.2)$$

Αντικαθιστώντας την εξίσωση (3.5) στην εξίσωση (3.4) και κάνοντας τις πράξεις καταλήγουμε στην παρακάτω τελική μορφή της εξίσωσης του ρεύματος η οποία είναι:

$$i_O = A v_I - \frac{v_L}{R_o} \quad (4.3)$$

Όπου το A είναι το κέρδος και ισούται με:

$$A = \frac{1}{R_1} \quad (4.4)$$

Ενώ το R_o είναι η συνολική αντίσταση εξόδου του κυκλώματος πάνω στο φορτίο:

$$R_o = \frac{R_2}{R_2 / R_1 - R_4 / R_3} \quad (4.5)$$

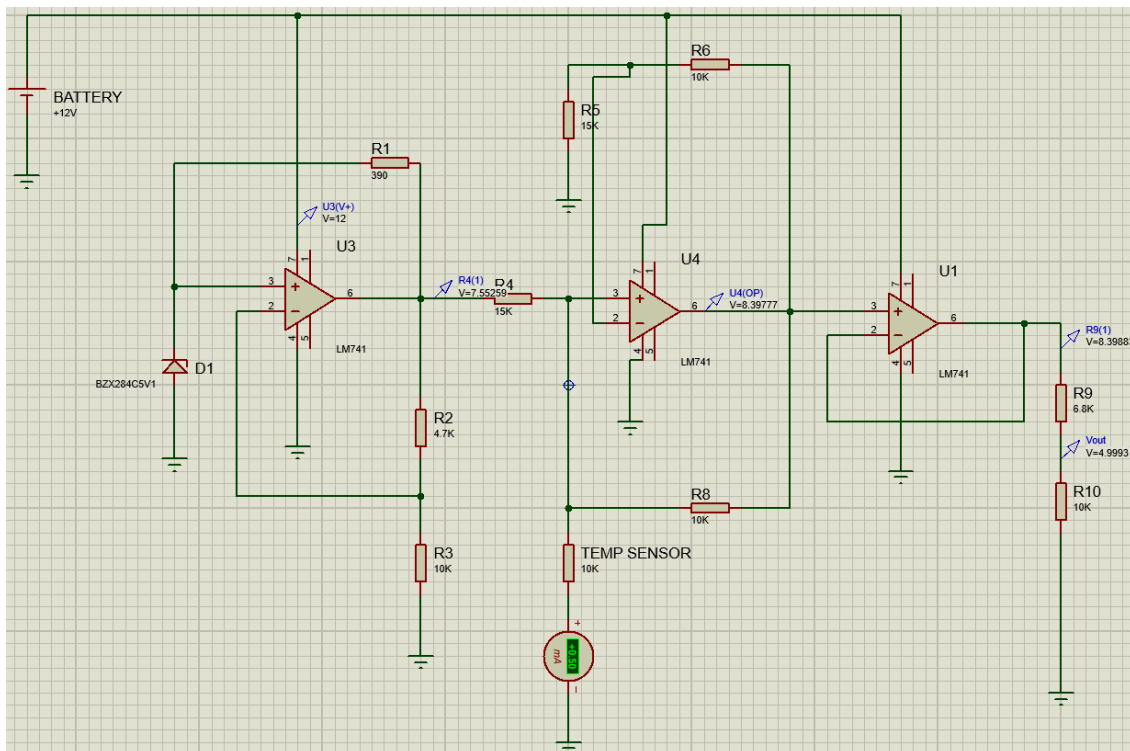
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από την τελική μας εξίσωση (4.3), για να κάνουμε το ρεύμα να είναι ανεξάρτητο της τάσης V_L και να εξαρτάται μόνο από την τάση V_I και την αντίσταση R_1 θα πρέπει να μηδενίσουμε το κλάσμα V_L/R_o . Για να το επιτύχουμε αυτό, όπως μπορούμε να δούμε και στην εξίσωση (4.5) χρειάζεται το $R_o \rightarrow \infty$. Για να το καταφέρουμε αυτό χρειάζεται να έχουμε σε ισχύ την λεγόμενη γέφυρα ισορροπίας όπου $R_2/R_1 - R_4/R_3 = 0$.

Έτσι όσο η γέφυρα ισορροπίας είναι σε εφαρμογή, θα έχουμε $R_o \rightarrow \infty$ και κατά συνέπεια το ρεύμα μας $i_o = A \cdot V_I$ και πιο συγκεκριμένα στην δικιά μας περίπτωση:

$$i_o = A \cdot V_I = \frac{1}{15k\Omega} * 7.55259V = 0.5mA$$

Όπου όπως μπορούμε να δούμε και στο κύκλωμα παρακάτω (Σχήμα 4.2), $R_4=15k\Omega$ ενώ η V_I θα ισούται με την τάση πάνω στην αντίσταση R_4 , δηλαδή $V_I=7.55259V$.

Κάνοντας λοιπόν χρήση του παραπάνω σχεδίου και έχοντας πάντα υπόψιν τους περιορισμούς που είχαμε λόγω του συσχετισμού του αισθητηρίου με τον μικροελεγκτή καταλήξαμε στο παρακάτω αρχικό κύκλωμα του Σχήματος 4.2.



Σχήμα 4.2 Αρχική σχεδίαση μέσω του προγράμματος Proteus

Όπως παρατηρούμε στην δικιά μας περίπτωση, η γέφυρα που εξασφαλίζει το σταθερό ρεύμα των $0.5mA$ στο αισθητήριο (TEMP SENSOR) είναι μεταξύ των αντιστάσεων R_4, R_5, R_6 και R_8 όπου για να υπάρξει ισορροπία θέλουμε $R_4 = R_5$ και $R_6 = R_8$.

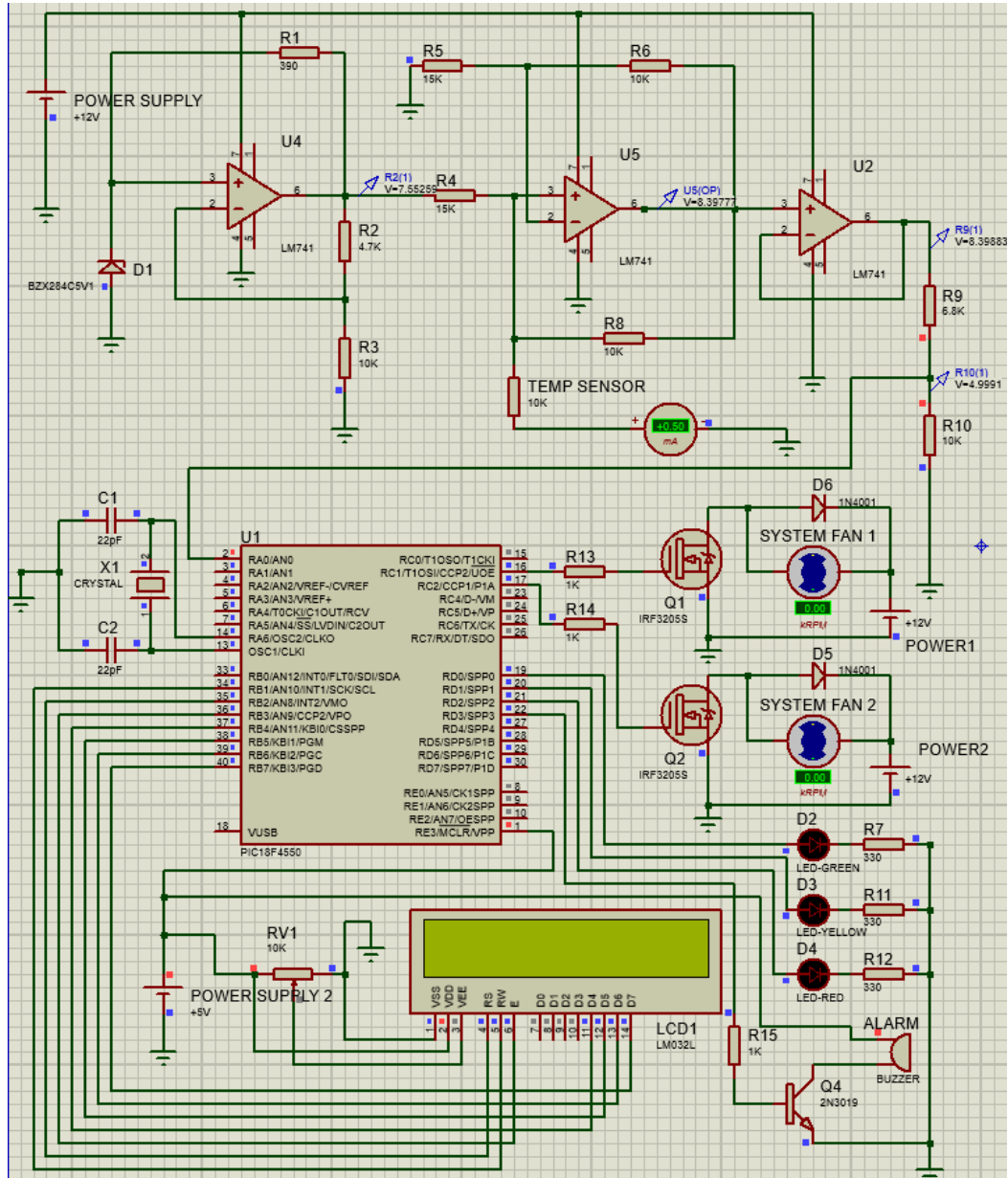
Επίσης παρατηρούμε ότι για την μέγιστη τιμή των $10k\Omega$ επιτύχαμε έξοδο $V_{out} = 4.9993$. Αυτό το καταφέραμε με την χρήση ενός απλού διαιρέτη τάσης και έτσι η έξοδος έγινε συνάρτηση των αντιστάσεων R_9 και R_{10} όπου με τιμές $R_9 = 6.8k\Omega$ και $R_{10} = 10k\Omega$ πετύχαμε τον στόχο μας.

Στο κύκλωμα μας γίνεται χρήση του τελεστικού ενισχυτή LM741 [18] ο οποίος επιλέχθηκε για το κύκλωμα μας καθώς προσφέρει το πλεονέκτημα της χρήσης και μονωπολικής τροφοδοσίας άρα και πιο απλοποιημένο κύκλωμα λειτουργίας. Η έξοδος V_{out} όπως προαναφέραμε θα καταλήξει στην είσοδο AN0 του μικροελεγκτή PIC.

Κεφάλαιο 4°

Έτσι έχοντας πετύχει τους αρχικούς μας στόχους , επικεντρωθήκαμε στην σύνδεση των υπόλοιπων μερών του κυκλώματος με τον μικροελεγκτή που ήταν η οθόνη LCD HD44780, τα 3 προειδοποιητικά LED , το προειδοποιητικό Alarm και οι ανεμιστήρες PWM.

Έτσι με την ολοκλήρωση της σχεδίασης του κυκλώματος και μετά απο έλεγχο ορθής λειτουργίας το οριστικό κύκλωμά μας ήταν όπως στο παρακάτω Σχήμα 4.3.

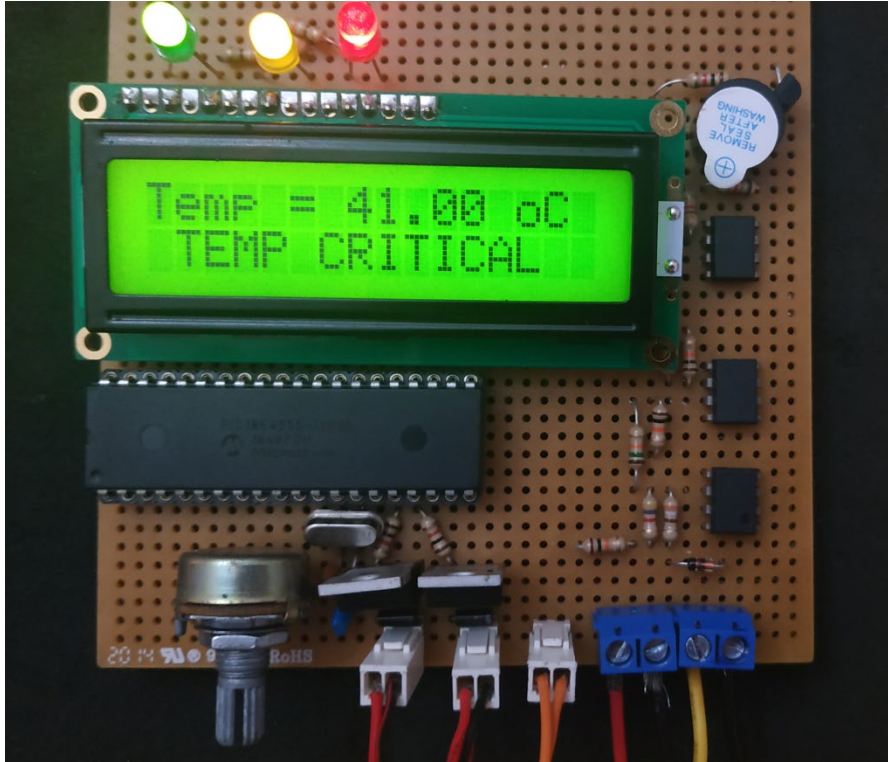


Σχήμα 4.3 Τελικό κύκλωμα πλακέτας μέσω του προγράμματος Proteus

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε , στο τελικό μας κύκλωμα έχουμε την προσθήκη και μίας ξεχωριστής τροφοδοσίας των 5V , καθώς σε αντίθεση με τους τελεστικούς ενισχυτές και τους ανεμιστήρες μας , τόσο ο μικροελεγκτής PIC18F4550 όσο και η οθόνη LCD δεν λειτουργούν με τάση 12V αλλά μόνο 5V. Μία ακόμα προσθήκη στο κύκλωμα ήταν φυσικά και ο ταλαντωτής κρυστάλλων X1 των 8Mhz καθώς είναι απαραίτητος για την ορθή λειτουργία του μικροελεγκτή όπως μπορούμε να δούμε και από το datasheet του. Τέλος στο κάτω δεξιά μέρος μπορούμε να δούμε την προσθήκη των τριών διαφορετικού χρώματος LED, των ανεμιστήρων PWM και του κυκλώματος οδήγησης τους, καθώς και του προειδοποιητικού Alarm.

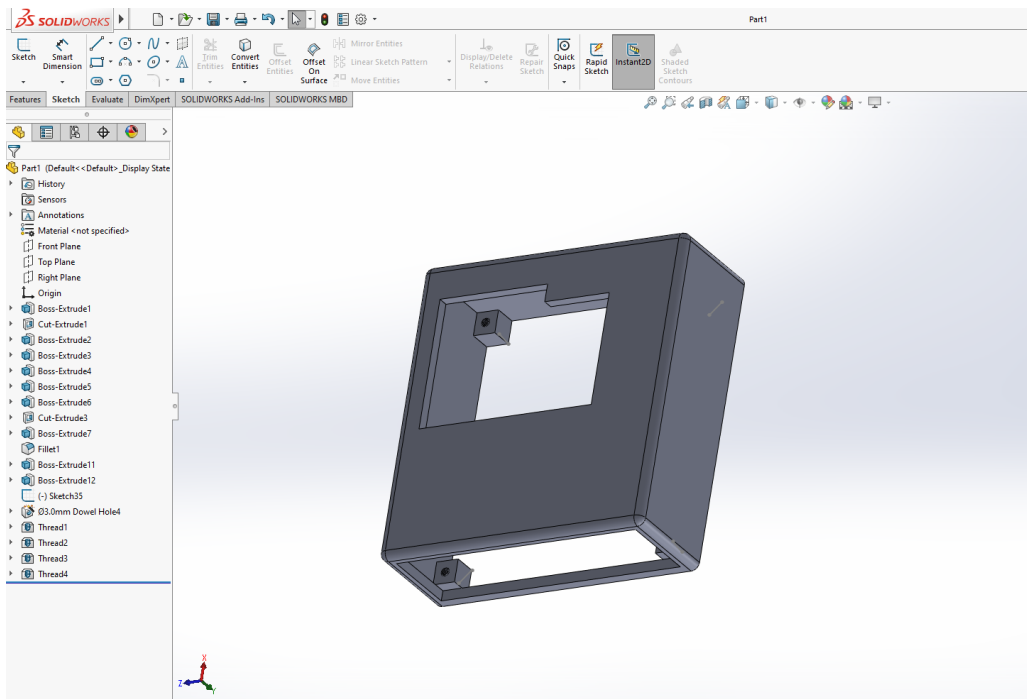
4.3 Κατασκευή τελικού κυκλώματος και καλύμματος από 3D Printer

Το τελικό κύκλωμα μετά την κόλληση του στην πλακέτα και πριν την προσθήκη του καλύμματος:



Σχήμα 4.4 Φωτογραφία του τελικού κυκλώματος σε υλική μορφή

Για την κατασκευή του καλύμματος από τον 3D εκτυπωτή μας χρησιμοποιήθηκαν δύο προγράμματα σχεδίασης. Το πρώτο λέγεται Solidworks και χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή των σωστών διαστάσεων της πλακέτας καθώς και την μορφοποίηση της.



Σχήμα 4.5 Αρχική σχεδίαση καλύμματος στο πρόγραμμα Solidworks

Κεφάλαιο 4°

Το δεύτερο πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε ήταν το ZBrush και το οποίο μας βοήθησε στο βάψιμο της κατασκευής καθώς και στην εντύπωση στο πλαινό της μέρος των προσωπικών μου στοιχείων καθώς και του τίτλου της πτυχιακής.



Σχήμα 4.6 Τελική σχεδίαση καλύμματος με το πρόγραμμα ZBrush

Έτσι, μετά την προσθήκη και του εκτυπωμένου καλύμματος, η πλακέτα μας έγινε όπως παρακάτω:



Σχήμα 4.7 Φωτογραφία του τελικού κυκλώματος μετά την προσθήκη του καλύμματος

4.4 Αναλυτική λίστα υλικών με κοστολόγιο και λόγους επιλογής

Για την εκπόνηση της πτυχιακής έγινε χρήση πολλών και διαφορετικών εξαρτημάτων τα οποία παραθέτονται παρακάτω μαζί με το κόστος τους στον Πίνακα 4.1 καθώς και με τον λόγο που επελέγησαν όσα είναι συγκεκριμένου μοντέλου και εφαρμογής.

Πίνακας 4.1 Κοστολόγιο υλικών

ΥΛΙΚΟ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΤΙΜΗ (€)
Pump-Reservoir Combo	Raijintek	50
High Fin Density Radiator	EK Water Blocks	40
Ακρυλικές Σωληνώσεις	EK Water Blocks	5
Static Pressure PWM Fans	NZXT	40
PIC18F4550	Microchip	15
LCD HD44780	Hitachi	7
LM741	Texas Instruments	3
Άλλα εξαρτήματα κυκλώματος (Αντιστάσεις, Πυκνωτές κτλ)	-	7
Τρυπητή Πλακέτα	Roth Elektronik	6
Κλέμες τροφοδοσίας/γείωσης	TE Connectivity	2
Βάση για μικροελεγκτή	TE Connectivity	2
Κάλυμμα μέσω 3D Printer	Προσωπική Κατασκευή	10
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ		187

Υδροψυξη

- **Raijintek Pump – Reservoir Combo**

Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου έγινε καθώς πέρα από την σημαντική εξοικονόμηση χώρου που μας δίνει ο συνδυασμός της αντλίας και του ρεζερβουάρ σε ένα εξάρτημα, η τιμή ήταν ιδιαίτερα συμφέρουσα.

- **EKWB Radiator High Fin Density**

Όπως είδαμε και στο πρώτο κεφάλαιο της πτυχιακής μας, μεγάλο ρόλο στην ψύξη παίζει και το πλήθος των περυγίων που βρίσκονται πάνω στο ψυγείο. Με αυτό υπόψιν λοιπόν αγοράσαμε ένα ψυγείο με μεγάλο Fin Density για να εξυπηρετήσουμε αυτόν το σκοπό.

- **Ακρυλικές σωληνώσεις**

Η επιλογή των διάφανων ακρυλικών σωληνώσεων έγινε για λόγους αισθητικής και μόνο.

- **x2 NZXT Static Pressure PWM Fans**

Έχοντας εξηγήσει μέσω της έρευνας που κάναμε για τους ανεμιστήρες στο 1^ο Κεφάλαιο της εργασίας μας, την σημαντικότητα της επιλογής ανεμιστήρων ειδικά σχεδιασμένων για χρήση με ψυγείο, η επιλογή των ανεμιστήρων στατικής πίεσης ήταν φυσικά μονόδρομος.

Κύκλωμα

- **Μικροελεγκτής PIC18F4550**

Ο μικροελεγκτής της πτυχιακής μας επιλέχθηκε για την πληθώρα των θυρών που προσφέρει για την σύνδεση πολλών και διαφορετικών εξαρτημάτων είτε αναλογικών είτε ψηφιακών, καθώς και διότι τον έχουμε χρησιμοποιήσει και στην σχολή σε πολλές και διαφορετικές εφαρμογές αποκτώντας έτσι μία εξοικίωση.

- **Οθόνη LCD HD44780**

Η οθόνη LCD επιλέχθηκε καθώς προσφέρει δύο σειρές εγγραφής μηνυμάτων , η καθεμία με 16 διαθέσιμες θέσεις , πράγμα που μας επιτρέπει να έχουμε την ταυτόχρονη εμφάνιση δύο διαφορετικών μηνυμάτων (θερμοκρασία και μήνυμα κατάστασης υγρού) .

- **x3 Τελεστικοί Ενισχυτές LM741**

Ο τελεστικός ενισχυτής LM741 επιλέχθηκε καθώς τροφοδοτείται με μονοπωλική τροφοδοσία γεγονός που απλοποιεί το κύκλωμά μας , αλλά και καθώς είναι άμεσα διαθέσιμος σε πολλά καταστήματα ηλεκτρονικών σε αντίθεση με άλλους τελεστικούς όπως τον LMC6492 που είχαμε επιλέξει αρχικά αλλά δεν καταφέραμε να τον βρούμε διαθέσιμο σε κανένα μαγαζί.

- Για τις αντιστάσεις, τους πυκνωτές ,τον κρύσταλλο, τις διόδους , τα LED, τα Mosfet , το Alarm καθώς και τους βραχυκυκλωτήρες, το μοντέλο και ο κατασκευαστής δεν παίζουν ιδιαίτερο ρόλο και η επιλογή τους έγινε με αποκλειστικό κριτήριο το οικονομικό κομμάτι.

Πρωτότυπη Πλακέτα

- **Τρυπητή πλακέτα : 6 ευρώ**

Η επιλογή της τρυπητής πλακέτας έγινε με σκοπό την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη σμίκρυνση του κυκλώματος μας καθώς και την κάλυψη του στην συνέχεια με κάποιο κάλυμμα ώστε να δείχνει σαν μία έτοιμη συσκευή.

- **Κλέμες τροφοδοσίας/γείωσης : 2 ευρώ**

Για την εισαγωγή τροφοδοσίας στην πλακέτα, ήταν απαραίτητη η προσθήκη πάνω της σημείων υποδοχής (τα λεγόμενα και κλέμες), στα οποία θα καταλήγουν οι τροφοδοσίες των 12V και 5V αλλά και η γείωση του συστήματός μας.

- **Βάση για μικροελεγκτή : 2 ευρώ**

Για την τοποθέτηση του μικροελεγκτή στο κύκλωμα , επιλέξαμε την χρήση μίας βάσης που θα κολληθεί πάνω στην πλακέτα αντί του PIC , καθώς είναι ένα εξάρτημα το οποίο χρειαζόταν να βγάλουμε αρκετές φορές από το κύκλωμα ώστε να το προγραμματίσουμε και να το επανατοποθετήσουμε για να δούμε αν δουλεύει σωστά το κύκλωμά μας.

- **Κάλυμμα για την πλακέτα μέσω 3D Printer : 10 ευρώ**

Τελευταία κίνηση στην κατασκευή μας, ήταν η προσθήκη ενός καλύμματος κατασκευασμένου σε 3D εκτυπωτή όπως είδαμε και παραπάνω το οποίο δημιουργήθηκε με γνώμονα την προστασία του κυκλώματος μας επειδή σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν εκτεθειμένο σε οποιαδήποτε περίπτωση πτώσης ή άλλου ατυχήματος καθώς επίσης και για λόγους αισθητικής παρουσίας.

4.5 Επίλογος

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο, είδαμε αναλυτικά όλη την διαδικασία που απαιτήθηκε για την τελική σχεδίαση του κυκλώματος μας, από την αρχική σχεδίαση με την χρήση του κυκλώματος Howland και τις απαιτήσεις που αυτό μας κάλυπτε, στην τελική σχεδίαση με την προσθήκη όλων των επιμέρους μερών όπως τα LED , οι ανεμιστήρες PWM , η οθόνη LCD καθώς και το Alarm, την παρουσίαση της τελικής μορφής του και την διαδικασία που απαιτήθηκε για την κατασκευή του, ενώ στο τέλος είδαμε και ένα αναλυτικό κοστολόγιο με όλα τα υλικά που απαιτήθηκαν και τους λόγους που αυτά επιλέχθηκαν.

Κεφάλαιο 5° : Προγραμματισμός

5.1 Εισαγωγή


Στο 5° κατά σειρά κεφάλαιο της εργασίας μας θα δούμε όλες τις εργασίες που έγιναν με σκοπό την δημιουργία του κώδικα του μικροελεγκτή μας όπως είναι η επιλογή του ανώτατου ορίου λειτουργίας του επεξεργαστή καθώς και των επιμέρους ορίων , η επιλογή των συστημάτων ασφαλείας, η ρύθμιση των ανεμιστήρων PWM καθώς και το διάγραμμα ροής του κώδικα και τον σκοπό που αυτό επιτελεί.

5.2 Επιλογή ανώτατων θερμοκρασιών λειτουργίας

Ένα από τα κυριότερα σημεία του κώδικα μας ήταν η επιλογή των διαφόρων ορίων λειτουργίας που θέλαμε να θέσουμε ως σημεία στα οποία τα διάφορα προειδοποιητικά μηνύμα που έχουμε στο σύστημά μας θα ενεργοποιούνταν όπως επίσης και οι ανεμιστήρες μας θα έτρεχαν σε διαφορετικά επίπεδα στροφών.

Για να το επιτύχουμε αυτό , βασικό μας μέλημα ήταν να μάθουμε τις προδιαγραφές του επεξεργαστή μας και τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια λειτουργίας που πρότεινε η ίδια η εταιρεία [19] (Σχήμα 5.1).

The image shows the AMD website's product page for the FX-8320 Black Edition processor. The navigation bar includes links for PROCESSORS, GRAPHICS, GAMING, BUSINESS SOLUTIONS, SHOP, and DRIVERS & SUPPORT. The page title is 'AMD FX-8320 Black Edition'. Below the title, there are social media sharing icons. The main content area is titled 'SPECIFICATIONS' and features the processor name 'FX-8320'. A table of specifications is displayed, with the 'Max Temps: 61.1°C' value circled in red.

Specifications	# of CPU Cores: 8	# of Threads: 8	Base Clock: 3.5GHz
	Max Boost Clock: Up to 4.0GHz	Total L1 Cache: 384KB	Total L2 Cache: 8MB
	Total L3 Cache: 8MB	Unlocked  : Yes	CMOS: 32nm SOI
	Package: AM3+	PCI Express® Version: n/a	Default TDP / TDP: 125W
	Max Temps: 61.1°C		

Σχήμα 5.1 Από το επίσημο σάιτ της AMD

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από την επίσημη σελίδα του κατασκευαστή η ανώτατη τιμή λειτουργίας που προτείνεται για τον επεξεργαστή FX-8320 είναι οι 61.1 βαθμοί Κελσίου.

Έτσι, γνωρίζοντας τις ανώτατες τιμές λειτουργίας του επεξεργαστή μπορέσαμε να ορίσουμε κάποιες θερμοκρασίες ως φυσιολογικές , ως υψηλές και κάποιες ως επικίνδυνες.

Θερμοκρασίες λειτουργίας επεξεργαστή:

- Από 40 βαθμούς Κελσίου και κάτω , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται φυσιολογική.
- Από 40.1 έως 50 βαθμούς Κελσίου , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται μέση.
- Από 50.1 έως 61 βαθμούς Κελσίου , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται υψηλή.
- Από τους 61.1 βαθμούς Κελσίου και μετά η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται επικίνδυνη.

Καθώς όμως το αισθητήριο θερμοκρασίας που έχουμε εγκαταστήσει στην υδρόψυξη μας μετράει την θερμοκρασία του υγρού και όχι του επεξεργαστή , για να μπορέσουμε να περάσουμε τα δεδομένα αυτά στον κώδικα μας , πρέπει να αντιστοιχίσουμε τις τιμές που θέσαμε ως όρια λειτουργίας με τις αντίστοιχες τιμές του υγρού της υδρόψυξης.

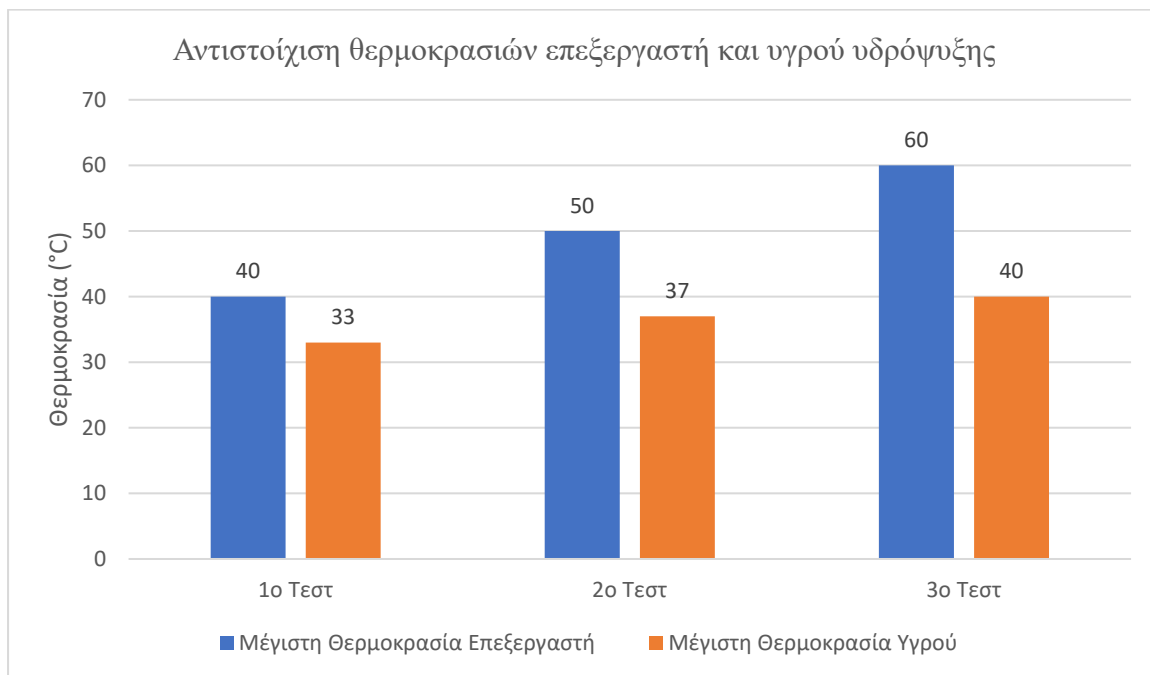
Αυτό το πετύχαμε με την λειτουργία του επεξεργαστή σε όλα τα προαναφερθέντα στάδια θερμοκρασιών λειτουργίας καθώς ταυτόχρονα μετρούσαμε και την θερμοκρασία του υγρού της υδρόψυξης για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στις απαραίτητες αντιστοιχίες.

Για να το καταφέρουμε αυτό, χρησιμοποιήσαμε ένα πρόγραμμα καταπόνησης του υπολογιστή (AIDA64) , το οποίο καταπονεί τον επεξεργαστή σε πολύ μεγάλα φορτία αναγκάζοντας τον να λειτουργεί στο 100% με αποτέλεσμα και οι θερμοκρασίες να ανεβαίνουν ανάλογα με την απόδοση του.

Χρησιμοποιώντας λοιπόν το πρόγραμμα αυτό, μπορέσαμε να στρεσάρουμε τον επεξεργαστή μας ώστε να φτάσει τα διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας που θέλαμε. Με αυτόν τον τρόπο και ενώ παράλληλα παρακολουθούσαμε την θερμοκρασία του υγρού εντός της υδρόψυξης μπορέσαμε να συσχετίσουμε τις δύο αυτές διαφορετικές θερμοκρασίες ώστε να μπορέσουμε να θέσουμε τα κατάλληλα όρια στον κώδικα μας όπως θα δούμε και παρακάτω.

Για να μπορέσουμε να πετύχουμε την μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις μας, κάθε τεστ πραγματοποιήθηκε 10 φορές και η τελική θερμοκρασία και των δύο μεταβλητών βγήκε σαν μέσος όρος αυτών των μετρήσεων. Έτσι καταλήξαμε στα αποτελέσματα που μπορούμε να δούμε παρακάτω στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Αντιστοίχιση θερμοκρασιών



5.3 Προειδοποιητικά μηνύματα ασφαλείας

Για να εξασφαλίσουμε την μέγιστη ασφάλεια του συστήματός μας , ήταν απαραίτητο να εισάγουμε κάποιες δικλίδες ασφαλείας ώστε να μπορεί ο χρήστης κάθε στιγμή να έχει γνώση για την κατάσταση λειτουργίας του συστήματός του και αν χρειαστεί να επέμβει.

Όσο η κατάσταση του συστήματος θα παραμένει σε καλό επίπεδο ο χρήστης θα ενημερώνεται για τις όποιες μεταβολές μόνο μέσω οπτικών μηνυμάτων. Εάν όμως η κατάσταση του συστήματος κρίνεται επικίνδυνη τότε πέρα από τις οπτικές ειδοποιήσεις θα ενεργοποιείται και η ηχητική

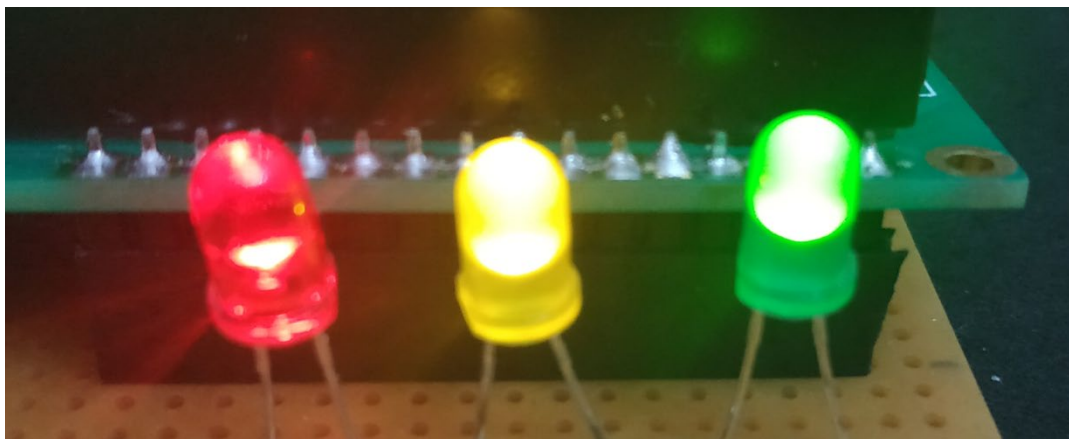
Οι τρεις αυτές δικλίδες ασφαλείες θα είναι:

- 1) Την οθόνη LCD HD44780 [20] οποία θα υποδεικνύει κάθε στιγμή την θερμοκρασία του υγρού στην πρώτη σειρά της και ένα μήνυμα στην δεύτερη σειρά το οποίο θα ενημερώνει τον χρήστη για τον αν τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι καλά ή όχι όπως στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2 Η οθόνη LCD και η ενημέρωση που παρέχει στον χρήστη

- 2) Τρία προειδοποιητικά LED όπως στο Σχήμα 5.3 τα οποία θα ενεργοποιούνται το καθένα ξεχωριστά στις αντίστοιχες θερμοκρασίες και θα υποδεικνύουν την κατάσταση της θερμοκρασίας (Πράσινο = Η θερμοκρασία είναι φυσιολογική , Κίτρινο = Η θερμοκρασία είναι σε μέτρια επίπεδα , Κόκκινο = Η θερμοκρασία είναι υψηλή).



Σχήμα 5.3 Τα τρία διαφορετικά LED σε κατάσταση λειτουργίας

- 3) Ένα προειδοποιητικό Alarm όπως στο Σχήμα 5.4 το οποίο θα χτυπάει και θα ενημερώνει τον χρήστη για την ύπαρξη κινδύνου στο σύστημά μας και την ανάγκη διόρθωσης του προτού προκληθεί γενικευμένη ζημιά.



Σχήμα 5.4 Ο συναγερμός που χρησιμοποιήθηκε στην πλακέτα

Έτσι και σε συνέχεια των μετρήσεων που πήραμε παραπάνω αποφασίσαμε ότι:

- Για θερμοκρασίες υγρού έως 33 βαθμούς Κελσίου , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται φυσιολογική και άρα θα είναι αναμμένο το πράσινο LED ενώ την ίδια στιγμή στην οθόνη LCD πέρα από την ένδειξη θερμοκρασίας , εμφανίζεται και το μήνυμα ‘ Safe Temperature’.
- Για θερμοκρασίες υγρού από 33.1 έως 37 βαθμούς Κελσίου , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται ανεβασμένη και θα πρέπει να ανάψει το κίτρινο LED , ενώ στην οθόνη LCD θα πρέπει να εμφανίζεται το μήνυμα ‘Mid Temperature’ .
- Για θερμοκρασίες υγρού από 37.1 έως 40 βαθμούς Κελσίου , η θερμοκρασία λειτουργίας θεωρείται υψηλή και θα απαιτείται η ενεργοποίηση του κόκκινου LED καθώς και η εμφάνιση στην οθόνη LCD του μηνύματος ‘High Temperature’
- Για θερμοκρασίες υγρού που ξεπερνούν τους 40 βαθμούς Κελσίου , πέρα από το κόκκινο LED το οποίο θα παραμένει αναμμένο , θα έχουμε και την ενεργοποίηση του Alarm το οποίο και θα χτυπάει μέχρι η θερμοκρασία να πέσει και πάλι κάτω από τους 61.1 βαθμούς Κελσίου ενώ για το ίδιο ακριβώς διάστημα στην οθόνη LCD θα εμφανίζεται το μήνυμα ‘ TEMP CRITICAL ‘ .

Εκτός των άλλων , μέσω της τριπλής αυτής σειράς ειδοποιήσεων εξασφαλίζουμε στον χρήστη την ικανότητα πολλαπλής επιβεβαίωσης της ορθής ή μη λειτουργίας του συστήματος, καθώς όταν για παράδειγμα η θερμοκρασία θα ξεπεράσει τους 61°C , ακόμα και αν ένα από τα τρία συστήματα δεν ειδοποιήσει τον χρήστη λόγω δυσλειτουργίας , τα υπόλοιπα συστήματα θα εξακολουθούν να είναι ικανά να δώσουν επαρκή πληροφόρηση για τον υπάρχων κίνδυνο.

5.4 Προγραμματισμός μικροελεγκτή – Διάγραμμα ροής

Ο κώδικας μας δημιουργήθηκε με σκοπό την αποτελεσματική καταγραφή της θερμοκρασίας του υγρού της υδρόψυξης μας καθώς και την επαρκή και έγκαιρη ενημέρωση του χρήστη για την κατάσταση του συστήματός μας μέσω της οθόνης LCD με την χρήση διαφόρων μηνυμάτων , των τριών LED με την ενεργοποίηση τους σε διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας του υπολογιστή καθώς και του Alarm που θα ενεργοποιείται στο τελευταίο και πιο επικίνδυνο στάδιο όπως θα δούμε και παρακάτω. Για κάθε διαφορετικό στάδιο που έχουμε επιλέξει θα υπάρχει και ανάλογη ρύθμιση της ταχύτητας RPM των PWM ανεμιστήρων μας.

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο , οι μετρήσεις που στέλνει το αισθητήριο θερμοκρασίας , φθάνουν στον μικροελεγκτή μας μέσω της αναλογικής πόρτας AN0 (όπου AN=Analog) και πιο συγκεκριμένα διαβάζοντας την αναλογική τιμή τάσης της (ADC Reading).

Για να μπορέσει η θύρα αυτή να διαβάζει την τιμή της τάσης που θα στέλνει κάθε φορά το κύκλωμα Howland , είναι απαραίτητος ο ορισμός μέσα στον κώδικα της θύρας AN0 του PIC18F4550 ως εισόδου για να μπορεί να λαμβάνει και όχι να στέλνει πληροφορίες.

Για να μεταφράσουμε την τιμή τάσης που διαβάζει ο μικροελεγκτής στην πόρτα AN0 , πρέπει να αντιστοιχίσουμε τις τιμές τάσεις με τις τιμές θερμοκρασίας του αισθητηρίου. Καθώς όμως κατά την διάρκεια της εύρεσης της συνάρτησης μεταφοράς του αισθητηρίου στο υποκεφάλαιο 3.2 έχουμε ήδη βρει την αντιστοίχιση μεταξύ των τιμών αντίστασης και των τιμών θερμοκρασίας , το μόνο που χρειάζεται να κάνουμε είναι χρήση του απλού νόμου του Ohm $V = I \times R$.

Έτσι πολλαπλασιάζοντας τις τιμές αντίστασης με το σταθερό ρεύμα 0.5 mA του κυκλώματος μας , μπορούμε να βρούμε πολύ εύκολα την αντιστοίχιση των τιμών τάσης με τις τιμές θερμοκρασίας όπως φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Αντιστοίχιση τιμών τάσης και θερμοκρασίας

Τάση (V)	Θερμοκρασία (°C)
0,373 (0,746 kΩ * 0,5 mA)	100
0,496 (0,991 kΩ * 0,5 mA)	90
0,669 (1,338 kΩ * 0,5 mA)	80
0,919 (1,838 kΩ * 0,5 mA)	70
1,288 (2,575 kΩ * 0,5 mA)	60
1,814 (3,628 kΩ * 0,5 mA)	50
2,694 (5,387 kΩ * 0,5 mA)	40
4,041 (8,081 kΩ * 0,5 mA)	30
5 (10 kΩ * 0,5 mA)	25

Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι σε αντίθεση με τις αρχικές μετρήσεις που κάναμε για το αισθητήριο μας και φτάνανε μέχρι τους 10 βαθμούς Κελσίου , στην συγκεκριμένη περίπτωση και καθώς όπως έχουμε προαναφέρει η πόρτα AN0 του μικροελεγκτή μας διαβάζει μέχρι 5V δεν υπάρχει λόγος η προσθήκη περαιτέρω μετρήσεων μετά την θερμοκρασία των 25 βαθμών που αντιστοιχίζεται στα 5V που είναι η μέγιστη πιθανή τιμή εισόδου.

Έτσι λοιπόν βγάλαμε την χαρακτηριστική εξίσωση που θα χρησιμοποιηθεί μέσα στον κώδικα με σκοπό τον ακριβή υπολογισμό της θερμοκρασίας και είναι η παρακάτω όπου y = Θερμοκρασία και x = Τάση :

$$y = 138,2043 - 132,2998x + 87,33894x^2 - 31,45725x^3 + 5,552895x^4 - 0,3755487x^5 \quad (4.1)$$

Λύνοντας την εξίσωση για τις παραπάνω τιμές Τάσης , μπορούμε να παρατηρήσουμε την μεγάλη ακρίβεια που δίνει η χαρακτηριστική εξίσωση μας την οποία βγάλαμε μετά από ένα πλήθος προσομοιώσεων με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος Matlab όπως είδαμε και παραπάνω .

Παραδείγματος χάρη για Τάση $x = 5V$ θα έχουμε Θερμοκρασία $y = 24,99^\circ C$ που απέχει μόλις 0,01 βαθμούς Κελσίου από την τιμή αναφοράς που έχουμε πάρει από τον κατασκευαστή και είναι οι 25 βαθμοί.

Έχοντας λύσει λοιπόν το πρόβλημα της εξίσωσης υπολογισμού της θερμοκρασίας που θα βάζαμε μέσα στον κώδικα , επικεντρωθήκαμε στην σωστή επικοινωνία των υπολοίπων μερών του κυκλώματος που είναι τα τρία προειδοποιητικά LED , η οθόνη ενημέρωσης LCD και το σήμα κινδύνου Alarm.

Για την σύνδεση της οθόνης LCD με τον μικροελεγκτή PIC , χρειάστηκε ο ορισμός των θυρών της πόρτας B ως εξόδων καθώς και ένα ξεχωριστό αρχείο κώδικα με την ονομασία flex-lcd.h το οποίο λειτουργεί ως οδηγός (driver) της οθόνης και μας επιτρέπει να ρυθμίζουμε την οθόνη σύμφωνα με τις δικές μας απαιτήσεις. Ο κώδικας του αρχείου αυτού συμπεριλαμβάνεται στο Παράρτημα A : Κώδικας.

Για την σύνδεση των φωτεινών ενδείξεων LED καθώς και του Alarm χρησιμοποιήθηκε η πόρτα D του μικροελεγκτή η οποία ορίστηκε επίσης ως έξοδος για να μπορούν να τροφοδοτούνται με τάση οι αντίστοιχες έξοδοι που απαιτούνται σε κάθε περίπτωση.

Τέλος, για την σύνδεση των ανεμιστήρων μας, επιλέχθηκαν οι πόρτες CCP1 και CCP2 καθώς είναι οι μοναδικές κατάλληλες πόρτες του μικροελεγκτή μας οι οποίες έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν μέσω διαμόρφωσης εύρους παλμών την ταχύτητα των PWM ανεμιστήρων που επιλέξαμε για το κύκλωμα μας.

Για την σωστή λειτουργία του κώδικα , τα τρία LED καθώς και το Alarm ορίστηκαν στον κώδικα μας ως χαρακτήρες (char) ενώ η θερμοκρασία καθώς και η τάση που είναι τιμές οι οποίες κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματός μας θα εναλλάσσονται συνεχώς και κάνουν χρήση πολλών δεκαδικών για την μέγιστη ακρίβεια , δηλώθηκαν ως float για να μπορούν να αποθηκεύουν τις τιμές χωρίς την απώλεια ψηφίων.

Μία ακόμα σημαντική παράμετρος του κώδικα είναι φυσικά και η ρύθμιση μέσω αυτού του μικροελεγκτή της δικιάς μας πλακέτας που είναι ο PIC18F4550. Αυτό καθώς κάθε μοντέλο μικροελεγκτή έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και θα πρέπει να οριστούν ανάλογα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μίας βιβλιοθήκης που παρέχει το λογισμικό δημιουργίας κώδικα που χρησιμοποιούμε και λέγεται PIC C Compiler . Καθώς επιλέγουμε την δημιουργία ενός νέου κώδικα , το πρόγραμμα μας ρωτάει αν αυτός ο κώδικας προορίζεται για κάποιο συγκεκριμένο μικροελεγκτή. Επιλέγοντας λοιπόν από την λίστα τον PIC18F4550 , δημιουργείται αυτόματα μία βιβλιοθήκη με το

Κεφάλαιο 5°

όνομα main.h η οποία και ρυθμίζει αυτόματα για παράδειγμα την ταχύτητα του κρυστάλλου του PIC μεταξύ άλλων.

Έχοντας ορίσει πλέον τις πόρτες του μικροελεγκτή είτε ως εισόδους είτε ως εξόδους και έχοντας δηλώσει όλα τα απαιτούμενα μέρη του συστήματός μας , επόμενο βήμα μας ήταν η δημιουργία του κυρίου κώδικα.

Όπως θα δούμε και παρακάτω στο διάγραμμα ροής , ο μικροελεγκτής αρχικά διαβάζει μία τιμή από την θύρα AN0. Η τιμή αυτή θα έχει εύρος από 0 (που θα είναι η ελάχιστη τιμή των 0V) έως την τιμή 1023 (που είναι η μέγιστη τιμή των 5V) καθώς έτσι απεικονίζει την τάση ο μικροελεγκτής στην μορφή των 10-bit. Αυτή την τιμή θα την πολλαπλασιάσουμε με το 5 και στην συνέχεια θα την διαιρέσουμε με το 1023 για να βρούμε την πραγματική τιμή της τάσης Volt.

Για την ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων ο μικροελεγκτής όπως είδαμε και παραπάνω διαβάζει τιμές απο 0 εως 1023. Έτσι το 0% Duty Cycle απεικονίζεται από την τιμή 0 ενώ το 100% από την τιμή 1023. Για 25% , 50% και 75% Duty Cycle, χρησιμοποιήσαμε τις τιμές 255, 511 και 767 αντίστοιχα.

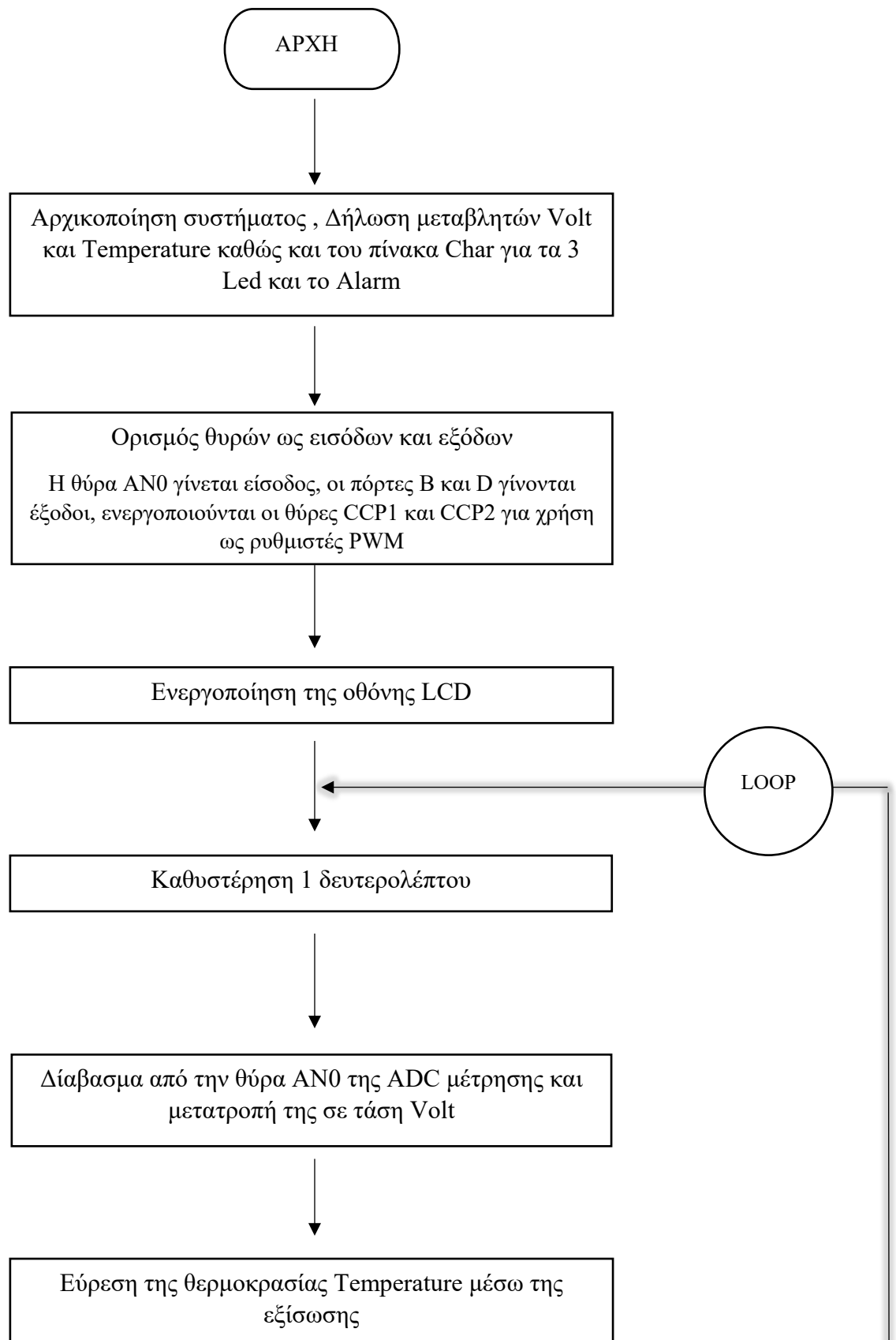
Στην συνέχεια και μέσω της εξίσωσης που είδαμε παραπάνω , η τιμή αυτή μεταφράζεται σε θερμοκρασία Temperature. Κατόπιν η θερμοκρασία αυτή εμφανίζεται στην πρώτη σειρά της οθόνης LCD. Αυτή η σειρά θα απεικονίζει συνεχώς την θερμοκρασία του υγρού του συστήματός μας χωρίς διακοπές.

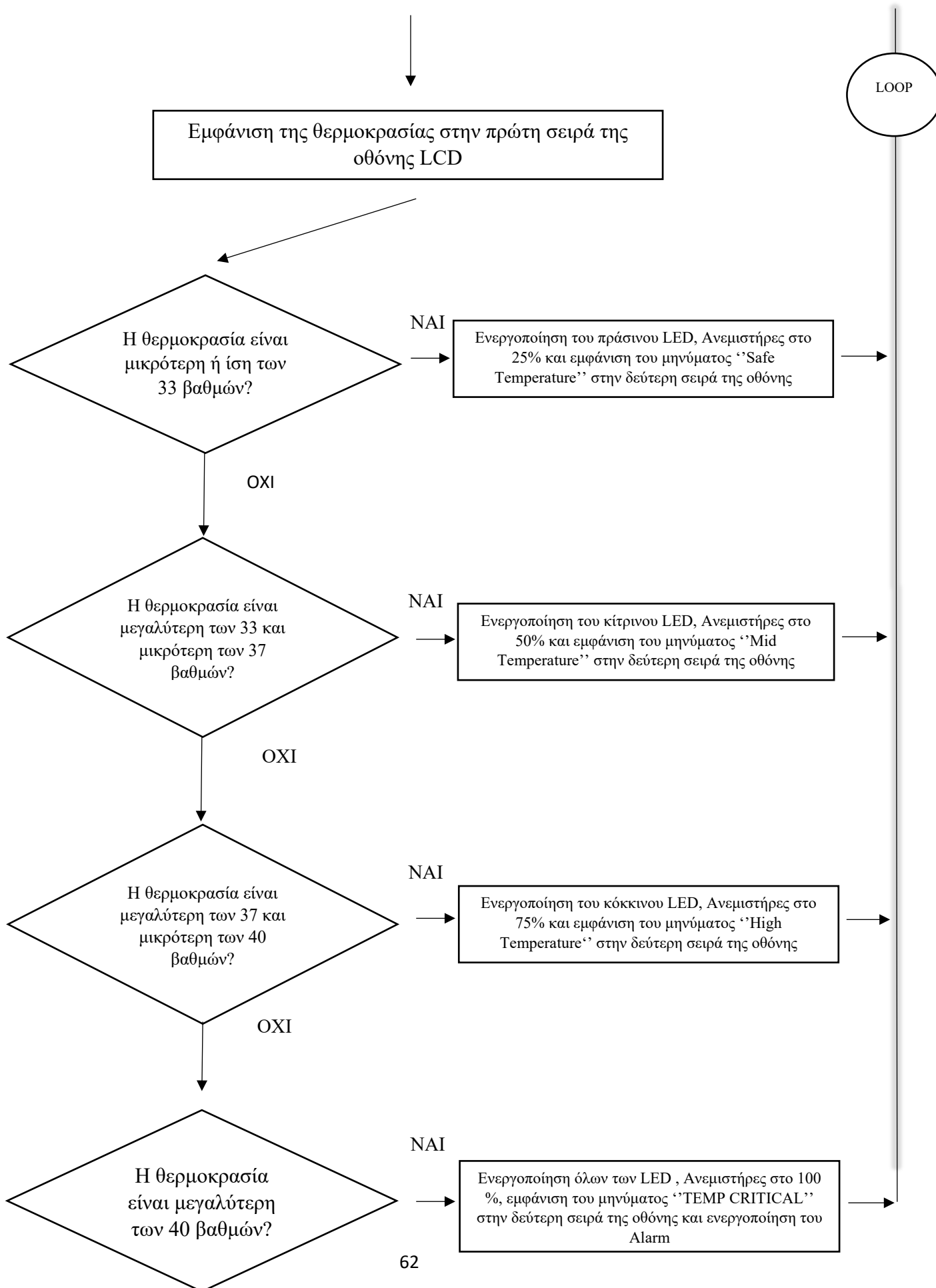
Μετά την ανάγνωση και εμφάνιση της θερμοκρασίας , ο μικροελεγκτής μας οδηγείται σε 4 πιθανά σενάρια που μπορεί να ισχύουν ανάλογα με την θερμοκρασία του υγρού την οποία και μόλις διάβασε.

- Στο πρώτο σενάριο όπου η θερμοκρασία του υγρού είναι μικρότερη η ίση των 33 βαθμών Κελσίου , έχουμε την ενεργοποίηση του πράσινου LED στην πόρτα RD0, την ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων στο 25% της απόδοσης τους και την εντολή εμφάνισης του μηνύματος “Safe Temperature” στην δεύτερη σειρά της οθόνης LCD.
- Στο δεύτερο σενάριο όπου η θερμοκρασία του υγρού είναι μεγαλύτερη των 33 βαθμών και μικρότερη ή ίση των 37 βαθμών Κελσίου , έχουμε την ενεργοποίηση του κίτρινου LED στην πόρτα RD1, την ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων στο 50% της απόδοσης τους και την εντολή εμφάνισης του μηνύματος “Mid Temperature” στην δεύτερη σειρά της οθόνης LCD.
- Στο τρίτο σενάριο όπου η θερμοκρασία του υγρού είναι μεγαλύτερη των 37 βαθμών και μικρότερη ή ίση των 40 βαθμών Κελσίου , έχουμε την ενεργοποίηση του κόκκινου LED στην πόρτα RD2, την ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων στο 75% της απόδοσης τους και την εντολή εμφάνισης του μηνύματος “High Temperature” στην δεύτερη σειρά της οθόνης LCD.
- Στο τέταρτο και τελευταίο πιθανό σενάριο του κώδικα μας , εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 40 βαθμούς Κελσίου στο εσωτερικό της υδρόψυξης , τότε θα έχουμε την ταυτόχρονη ενεργοποίηση όλων των προειδοποιητικών LED στις πόρτες RD0 , RD1 και RD2 αντίστοιχα , την ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων στο 100% της απόδοσης τους, την εντολή εμφάνισης του μηνύματος “ TEMP CRITICAL “ στην δεύτερη σειρά της οθόνης LCD , ενώ τέλος θα έχουμε την ενεργοποίηση του συστήματος συναγερμού μέσω της πόρτα RD3.

Βγαίνοντας από την είσοδο σε οποιοδήποτε από τα 4 αυτά πιθανά σενάρια , ο μικροελεγκτής οδηγείται και πάλι στην αρχή όπου ξαναδιαβάζει την νέα τάση υπολογίζει την νέα θερμοκρασία και ξαναπερνάει από ένα από αυτά τα πιθανά σενάρια που προαναφέραμε.

Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε τον συνεχή επανέλεγχο και την επαναξιολόγηση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται το σύστημά μας , προβαίνοντας σε άμεσες και έγκαιρες ειδοποιήσεις του χρήστη. Στο διάγραμμα ροής που απεικονίζεται παρακάτω μπορούμε να δούμε αναλυτικά τον κώδικα και την λογική πορεία που αυτός ακολουθεί .





5.5 Επίλογος

Συνοψίζοντας , στο κεφάλαιο αυτό είδαμε τις απαραίτητες ενέργειες για να προχωρήσουμε στην δημιουργία του κώδικα, όπως για παράδειγμα η εύρεση του ανώτατου ορίου λειτουργίας θερμοκρασίας του επεξεργαστή μας , ο ορισμός των ορίων ενεργοποίησης κάθε δικλείδας ασφαλείας καθώς και της ταχύτητας των ανεμιστήρων, η εύρεση της συνάρτησης μέσω της οποίας ο μικροελεγκτής θα βρίσκει κάθε φορά την ακριβή θερμοκρασία του υγρού της υδρόψυξης καθώς και το διάγραμμα ροής του κώδικα μας και μία αναλυτική επεξήγηση του.

Κεφάλαιο 6° : Αποτελέσματα πτυχιακής και προτάσεις βελτίωσης

6.1 Εισαγωγή

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας μας , θα δούμε τα αποτελέσματα της πτυχιακής μας , την ορθή λειτουργία του συστήματός μας , την προστασία που αυτό παρέχει στον χρήστη ανά πάσα στιγμή , τα συμπεράσματα που βγάλαμε κατά την εκπόνηση της , καθώς και μερικές προτάσεις βελτίωσης που σκεφτήκαμε ως μελλοντικές εργασίες αναβάθμισης της.

6.2 Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την πτυχιακή μας εργασία , μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι ο στόχος μας επιτεύχθηκε και η κατασκευή μας στο σύνολο της είναι πλήρως λειτουργική παρέχοντας στον χρήστη πλήρη ενημέρωση για την κατάσταση του συστήματός του κάθε δευτερόλεπτο καθώς και την καλύτερη δυνατή ψύξη που μπορεί να παρέχει μία υδρόψυξη.

Όπως είδαμε, σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις μας , τόσο κατά τις παραγγελίες των υλικών μας όσο και κατά την κατασκευή του κυκλώματος, έπαιξε η ενδελεχής έρευνα που κάναμε τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο και η οποία μας οδήγησε σε μία πληθώρα συμπερασμάτων.

Η επιλογή των καταλληλότερων υλικών για την υδρόψυξη μας , οδηγήθηκε μέσα από την έρευνα μας στην απόφαση για αγορά συγκεκριμένου τύπου ψυγείου (high fin density) καθώς και ανεμιστήρων (static pressure) ενώ την ίδια στιγμή μέσα από την θεωρητική έρευνα αλλά και την πρακτική εμπειρία που είχαμε κατά την διάρκεια της πρακτικής μας άσκησης σε μία εταιρεία ιατρικών μηχανημάτων όπου γινόταν μαζική χρήση των συσκευών Peltier , οδηγηθήκαμε στην απόρριψη της αρχικής σχεδίασης με την χρήση των συσκευών αυτών, τα οποία θα εισήγαγαν στο σύστημά μας μία πληθώρα αρνητικών συντελεστών τόσο από άποψη κόστους όσο και κινδύνου λειτουργίας.

Πέρα από το αρχικό πρόβλημα που είχαμε με την σχεδίαση των συσκευών Peltier , ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής ήταν φυσικά και η επιλογή και ρύθμιση του αισθητηρίου θερμοκρασίας ώστε να μας δίνει με ακρίβεια τις τιμές που μετρούσε κάθε στιγμή. Καθώς τα περισσότερα εξαρτήματα έρχονται με δικό τους Datasheet (Φύλλο Δεδομένων) στο οποίο γίνεται πλήρης ανάλυση όλων των χαρακτηριστικών τους , η έλλειψη αυτού για το δικό μας εξάρτημα μας οδήγησε στην ανάγκη εύρεσης διαφορετικής λύσης η οποία και ήρθε μετά από την επικοινωνία με εκπρόσωπο της εταιρείας που κατασκεύαζε το συγκεκριμένο αισθητήριο. Εάν αυτή η επικοινωνία δεν είχε επιτευχθεί οι μετρήσεις μας αναπόφευκτα θα εμπεριείχαν κάποια μικρή απόκλιση σε αντίθεση με το τελικό μας αποτέλεσμα που δίνει απόλυτη ακρίβεια μέτρησης.

Μέσα από την εκπόνηση της πτυχιακής αυτής μπόρεσα να επεκτείνω σημαντικά τις γνώσεις μου σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς όπως τον τομέα των συστημάτων υδρόψυξης (τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της ψύξης που αυτοί προσφέρουν), τον τομέα του προγραμματισμού και πιο συγκεκριμένα της γλώσσας C (μέσω του προγράμματος PIC C Compiler) , των προγραμμάτων προσομοίωσης μαθηματικών συναρτήσεων (Matlab) αλλά και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (Proteus) , την διαδικασία κατασκευής ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος σε πλακέτα με την χρήση κολλητηρίου και καλάνι , καθώς και τις θεωρητικές γνώσεις που απέκτησα πάνω στις συσκευές Peltier , τα κυκλώματα λειτουργίας Howland Current , τα Θερμίστορ και τα διάφορα είδη αυτών και τέλος την θεωρία της θερμοδυναμικής και πώς αυτή λειτουργεί σύμφωνα με τον 2° Νόμο της.

6.3 Προτάσεις βελτίωσης

6.3.1 Εισαγωγή συστήματος ανίχνευσης επιπέδου νερού τύπου φλοτέρ

Μία από τις πρώτες ιδέες που σκεφτήκαμε για την μελλοντική βελτίωση του συστήματος υδρόψυξης που δημιουργήσαμε , ήταν η προσθήκη κάποιου είδους φλοτέρ εντός του ρεζερβουάρ της υδρόψυξης με σκοπό την παρακολούθηση της στάθμης του υγρού και την ενημέρωση του χρήστη σε περίπτωση που αυτό αδειάσει είτε απότομα και συντρέχει σοβαρός κίνδυνος βραχυκυκλώματος , είτε σε περίπτωση που λόγω της εξάτμισης του υγρού αδειάσει σταδιακά και χρειάζεται απλά συμπλήρωση.

Καθώς όμως όπως και στην περίπτωση του αισθητηρίου θερμοκρασίας έτσι και εδώ ένα απλό φλοτέρ του εμπορίου δεν μπορεί να εισέλθει στο κλειστό σύστημά μας , θα χρειαζόμασταν ένα φλοτέρ το οποίο θα ήταν κατασκευασμένο ειδικά για εφαρμογή και χρήση σε συστήματα υδροψύξεων.

Δυστυχώς και παρότι υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι φλοτέρ στο εμπόριο για χρήση σε ενυδρεία , δεξαμενές και καζανάκια τουαλέτας μεταξύ άλλων , η χρήση τους σε συστήματα υδροψύξεων υπολογιστών δεν έχει μεγάλη ζήτηση και ως αποτέλεσμα δεν υπάρχουν στην αγορά φλοτέρ ειδικά κατασκευασμένα για σύνδεση με τέτοια συστήματα.

Μία πιθανή λύση σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν να ανοίξουμε μία τρύπα στο καπάκι του ρεζερβουάρ , μέσα από την οποία θα περνάει το φλοτέρ για να έρχεται σε επαφή με το υγρό , ενώ στην συνέχεια μπορούμε να στεγανοποιήσουμε την τρύπα αυτή που ανοίξαμε με την χρήση σιλικόνης ώστε να αποφύγουμε κάποιο ενδεχόμενο διαρροής.

Σαν καταλληλότερο φλοτέρ για τον σκοπό αυτό θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο κάθετο φλοτέρ που προορίζεται για μικρή δεξαμενή νερού ή πετρελαίου όπως στο Σχήμα 6.1 που βλέπουμε παρακάτω.



Σχήμα 6.1 Φλοτέρ δεξαμενής νερού

6.3.2 Δημιουργία βιβλιοθήκης με όλους τους διαθέσιμους επεξεργαστές



Μία δεύτερη βελτιωτική πρόταση του συστήματος μας θα είχε να κάνει με την δημιουργία μέσω του κώδικα προγραμματισμού , μίας βιβλιοθήκης για τον μικροελεγκτή 18F4550 , μέσω της οποίας θα δινόταν η δυνατότητα στον χρήστη αφότου έχει ερωτηθεί μέσω της οθόνης LCD , να επιλέγει πατώντας κάποιο κουμπί κατά την εκκίνηση του προγράμματος τον επεξεργαστή που έχει στο σύστημα του ώστε να μπορεί ο PIC να προσαρμόζει τα όρια λειτουργίας του συστήματος της υδρόψυξης μας ανάλογα.

Η βιβλιοθήκη αυτή θα περιελάμβανε όλους τους διαθέσιμους επεξεργαστές από τις δύο κυρίαρχες εταιρείες του χώρου , τις AMD και Intel , καθώς και τα ανώτατα επίπεδα λειτουργίας τους ώστε να μπορεί ο μικροελεγκτής , διαβάζοντας από τον χρήστη το μοντέλο επεξεργαστή που δήλωσε μέσω της οθόνης LCD να θέτει τα κατάλληλα όρια λειτουργίας και ενεργοποίησης των προειδοποιητικών μηνυμάτων ασφαλείας.

Αυτό θα είχε ως σκοπό την μετατροπή του συστήματος της υδρόψυξης μας σε μοντέλο λειτουργικό με όλα τα διαφορετικά είδη επεξεργαστών που κυκλοφορούν στην αγορά καθώς ένας βασικός παράγοντας στην ψύξη μας είναι και τα επίπεδα λειτουργίας του επεξεργαστή τα οποία για κάθε μοντέλο διαφέρουν σημαντικά επηρεάζοντας έτσι την σωστή και αποδοτική λειτουργία του συστήματος.

Έτσι ενώ παραδείγματος χάρη στο δικό μας σύστημα τα όρια τέθηκαν με βάση τις προδιαγραφές λειτουργίας του επεξεργαστή FX-8320 της εταιρείας AMD τα οποία όριζαν την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του στους 61.1 βαθμούς Κελσίου όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας μας , ακόμα και στην ίδια εταιρεία μπορούμε να παρατηρήσουμε τεράστιες εναλλαγές στα επίπεδα λειτουργίας.

Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορούμε να δούμε στους επεξεργαστές τελευταίας γενιάς της εταιρείας AMD με την κωδική ονομασία Ryzen , οι οποίοι ανεβάζουν το επιχειρησιακό τους επίπεδο κατά σχεδόν 35 ολόκληρους βαθμούς Κελσίου [21] όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω Σχήμα 6.2.

	OVERVIEW	SPECIFICATIONS	DRIVERS & SUPPORT
AMD Ryzen™ 9 3900X			
Specifications	# of CPU Cores: 12	# of Threads: 24	Base Clock: 3.8GHz
	Max Boost Clock  : Up to 4.6GHz	Total L1 Cache: 768KB	Total L2 Cache: 6MB
	Total L3 Cache: 64MB	Unlocked  : Yes	CMOS: TSMC 7nm FinFET
	Package: AM4	PCI Express® Version: PCIe 4.0 x16	Thermal Solution (PIB): Wraith Prism with RGB LED
	Thermal Solution (MPK): Wraith PRISM	Default TDP / TDP: 105W	Max Temps: 95°C

Σχήμα 6.2 Από το επίσημο σάιτ της AMD.

6.4 Επίλογος

Στο τελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής μας είδαμε μία ανακεφαλαίωση των όσων πετύχαμε εν τέλει με την προσπάθεια μας, τα οποία ήταν η πλήρης ασφάλεια και ο απόλυτος έλεγχος του συστήματός μας από τον χρήστη ανά πάσα στιγμή, καθώς και δύο αρκετά ενδιαφέρουσες προτάσεις μελλοντικής βελτίωσης που είναι η εισαγωγή κάποιου είδους φλοτέρ εντός του ρεζερβουάρ της υδρόψυξης μας με σκοπό τον έλεγχο της στάθμης του υγρού σε πραγματικό χρόνο, καθώς και η δημιουργία μίας βιβλιοθήκης αποθήκευσης όλων των διαφορετικών επεξεργαστών που υπάρχουν διαθέσιμοι στο εμπόριο με σκοπό να κάνουμε την υδρόψυξη μας κατάλληλα ρυθμιζόμενη για όλα τα πιθανά συστήματα υπολογιστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Internet Site

- [1] Wikipedia contributors, "Cray-2" *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cray-2&oldid=963830094>
- [2] AMD official site, "Liquid CPU Coolers for Ryzen™ Desktop Processors", *Advanced Micro Devices Inc*, 2020. Available: <https://www.amd.com/en/processors/ryzen-thermal-solutions>
- [4] Gamers Nexus, "Technical Deep-Dive: Closed-Loop Liquid Cooling", *GamersNexus LCC*, May 2017. Available: <https://www.gamernexus.net/guides/2926-how-liquid-coolers-work-deep-dive>
- [5] Superior Gaming Tech, "Air Flow VS. Static Pressure Fans – Choosing Between the Two", *SGT Company*, July 2016. Available: <https://superiorgamingtech.com/air-flow-vs-static-pressure-fans-choosing-between-the-two>
- [7] Britannica, "Jean-Charles-Athanase Peltier", *Encyclopaedia Britannica*, July 20 1998. Available: <https://www.britannica.com/biography/Jean-Charles-Athanase-Peltier>
- [10] Electronic Tutorials, "Thermistors", *AspenCore Inc*, 2018. Available: <https://www.electronics-tutorials.ws/io/thermistors.html>
- [11] YouTube, "Five PC Fan Showdown - Which one is right for your rig? (Noise Airflow Test)", *2GuysTek*, July 2018. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=kwcnaWkocRo>
- [12] IAC Acoustics, "Comparative Examples of Noise Levels", *IAC Acoustics*, July 2020. Available: <https://www.iacacoustics.com/blog-full/comparative-examples-of-noise-levels.html>
- [13] YouTube, "Noctua's NF-A12x25 - Magic on Radiators!", *Optimum Tech*, July 2018. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=dX7azFtJDT8>
- [14] AMD, "Turbo Core Technology", *Advanced Micro Devices Inc*, April 2010. Available: <https://www.amd.com/en/technologies/turbo-core>
- [17] All About Circuits, "The Howland Current Pump", *EETech Media LCC*, January 7 2019. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/the-howland-current-pump/>
- [19] AMD, "AMD FX-8320 Black Edition", *Advanced Micro Devices Inc*, October 2012. Available: <https://www.amd.com/en/products/cpu/fx-8320#product-specs>
- [21] AMD, "AMD Ryzen 9 3900X", *Advanced Micro Devices Inc*, July 2019. Available: <https://www.amd.com/en/products/cpu/amd-ryzen-9-3900x>

Βιβλία

- [3] Peter Atkins, *Four laws that drive the universe*, Oxford: Oxford University Press, 2007.
- [6] Michael Spry, *Rethinking Thermoelectric Effects in Seebeck And Peltier Elements: Toward A Unifying Paradigm, Second Edition*, Michigan: Amazon Inc, 2015.
- [8] Victor Rudometov & Evgeny Rudometov, *PC Hardware Tuning and Acceleration*, America: A-List LLC, 2003.
- [9] E.D. Macklen, *Thermistors*, Isle of Man: Electrochemical Publications Ltd, 1979.

Data Sheet

[15] Microchip, “28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology”, PIC18F4550 Datasheet, 2009.

[18] Texas Instruments, “LM741 Operational Amplifier”, LM741 Datasheet, Oct.1998.

[20] Hitachi Semiconductor, “Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver”, HD44780 Datasheet, 1998.

Application Report

[16] Texas Instruments, “A Comprehensive Study of the Howland Current Pump”, Texas Instruments Inc, January 2008.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΚΩΔΙΚΑΣ

Φωτογραφίες του κώδικα.

```
1 #include <main.h>
2 #include <flex_lcd.h>
3 #fuses NOMCLR
4 #byte PORTA = 0xf80
5 #byte PORTB = 0xf81
6 #byte PORTC = 0xf82
7 #byte PORTD = 0xf83
8 #byte PORTE = 0xf84
9 float32 Volt, Temperature;
10 char pins[]={PIN_D0,PIN_D1,PIN_D2,PIN_D3};
11 void main()
12 {
13     set_tris_a (0x01);
14     set_tris_b (0x00);
15     set_tris_d (0x00);
16     setup_adc_ports (AN0 | VSS_VDD);
17     setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
18     set_adc_channel(0);
19     setup_ccp1(CCP_PWM);
20     setup_ccp2(CCP_PWM);
21     setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, 255 , 1);
22     lcd_init();
23     while(TRUE)
24     {
25         delay_ms(1000);
26         Volt = ((float)read_adc()*5/1023);
27         Temperature = 138.20431 - 132.29984*Volt + 87.338941*Volt*Volt - 31.457245*Volt*Volt*Volt + 5.5528953*Volt*Volt*Volt*Volt - 0.37554867*Volt*Volt*Volt*Volt*Volt;
28         lcd_gotoxy (1,1);
29         printf(lcd_putc, "Temp = %.1f oC ", Temperature);
30         if ( Temperature <=33 )
31         {
32             output_high(pins[0]);
33             output_low(pins[1]);
34             output_low(pins[2]);
35             output_low(pins[3]);
36             set_pwm1_duty((int16)255);
37             set_pwm2_duty((int16)255);
38             lcd_gotoxy (1,2);
39             printf(lcd_putc, "Safe Temperature "); }
40         else if ( Temperature >33 && Temperature <= 37)
```

```
41         { output_low(pins[0]);
42           output_high(pins[1]);
43           output_low(pins[2]);
44           output_low(pins[3]);
45           set_pwm1_duty((int16)511);
46           set_pwm2_duty((int16)511);
47           lcd_gotoxy (1,2);
48           printf(lcd_putc, "Mid Temperature "); }
49         else if ( Temperature >37 && Temperature <= 40)
50         { output_low(pins[0]);
51           output_low(pins[1]);
52           output_high(pins[2]);
53           output_low(pins[3]);
54           set_pwm1_duty((int16)767);
55           set_pwm2_duty((int16)767);
56           lcd_gotoxy (1,2);
57           printf(lcd_putc, "High Temperature "); }
58         else if ( Temperature >40)
59         { output_high(pins[0]);
60           output_high(pins[1]);
61           output_high(pins[2]);
62           output_high(pins[3]);
63           set_pwm1_duty((int16)1023);
64           set_pwm2_duty((int16)1023);
65           lcd_gotoxy (1,2);
66           printf(lcd_putc, " TEMP CRITICAL "); }
67     }
68 }
69 }
70 }
```

Φωτογραφίες του κώδικα οδήγησης της LCD

```
1  #define LCD_DB4   PIN_D4
2  #define LCD_DB5   PIN_D5
3  #define LCD_DB6   PIN_D6
4  #define LCD_DB7   PIN_D7
5  #define LCD_E     PIN_D3
6  #define LCD_RS    PIN_D2
7  #define LCD_RW    PIN_D1
8  #define lcd_type  2      // 0=5x7, 1=5x10, 2=2 lines
9  #define lcd_line_two 0x40 // LCD RAM address for the 2nd line
10 int8 const LCD_INIT_STRING[4] =
11 {
12     0x20 | (lcd_type << 2), // Func set: 4-bit, 2 lines, 5x8 dots
13     0xc,                    // Display on
14     1,                      // Clear display
15     6,                      // Increment cursor
16 };
17 void lcd_send_nibble(int8 nibble);
18 void lcd_send_byte(int8 address, int8 n);
19 void lcd_init(void);
20 void lcd_gotoxy(int8 x, int8 y);
21 void lcd_putc(char c);
22 void lcd_send_nibble(int8 nibble)
23 {
24     output_bit(LCD_DB4, !(nibble & 1));
25     output_bit(LCD_DB5, !(nibble & 2));
26     output_bit(LCD_DB6, !(nibble & 4));
27     output_bit(LCD_DB7, !(nibble & 8));
28
29     delay_cycles(20);
30     output_high(LCD_E);
31     delay_us(50);
32     output_low(LCD_E);
33 }
34 void lcd_send_byte(int8 address, int8 n)
35 {
36     output_low(LCD_RS);
37
38     if(address)
39         output_high(LCD_RS);
40     else
41         output_low(LCD_RS);
42
43     delay_cycles(10);
44
45     output_low(LCD_E);
46
47     lcd_send_nibble(n >> 4);
48     lcd_send_nibble(n & 0xf);
49 }
50 void lcd_init(void)
51 {
52     int8 i;
53     output_low(LCD_RS);
```


```

53 output_low(LCD_RS);
54 output_low(LCD_E);
55 delay_ms(200);
56
57 for(i=0 ;i < 3; i++)
58 {
59     lcd_send_nibble(0x03);
60     delay_ms(10);
61 }
62 lcd_send_nibble(0x02);
63 for(i=0; i < sizeof(LCD_INIT_STRING); i++)
64 {
65     lcd_send_byte(0, LCD_INIT_STRING[i]);
66     delay_ms(10);
67 }
68 }
69 void lcd_gotoxy(int8 x, int8 y)
70 {
71     int8 address;
72     if(y != 1)
73         address = lcd_line_two;
74     else
75         address=0;
76     address += x-1;
77     lcd_send_byte(0, 0x80 | address);
78 }
79 void lcd_putc(char c)
80 {
81     switch(c)
82     {
83         case '\f':
84             lcd_send_byte(0,1);
85             delay_ms(4);
86             break;
87
88         case '\n':
89             lcd_gotoxy(1,2);
90             break;
91
92         case '\b':
93             lcd_send_byte(0,0x10);
94             break;
95
96         default:
97             lcd_send_byte(1,c);
98             break;
99     }
100 }
101

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Φύλλο δεδομένων του μικροελεγκτή 18F4550



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8 μ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1 μ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

LM741 Operational Amplifier

1 Features

- Overload Protection on the Input and Output
- No Latch-Up When the Common-Mode Range is Exceeded

2 Applications

- Comparators
- Multivibrators
- DC Amplifiers
- Summing Amplifiers
- Integrator or Differentiators
- Active Filters

3 Description

The LM741 series are general-purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439, and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common-mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

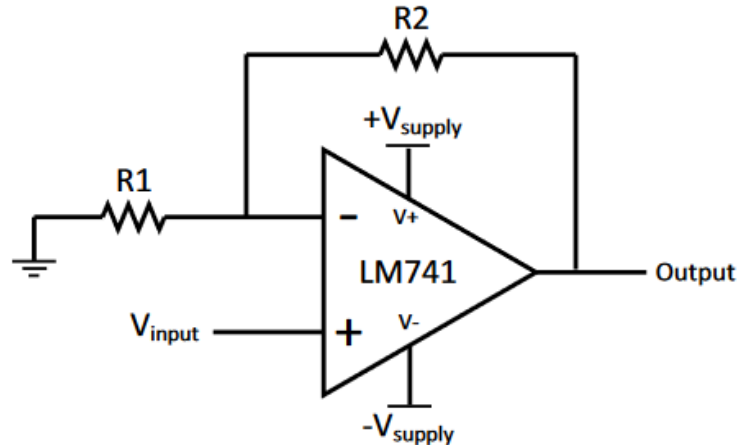
The LM741C is identical to the LM741 and LM741A except that the LM741C has their performance ensured over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM741	TO-99 (8)	9.08 mm × 9.08 mm
	CDIP (8)	10.16 mm × 6.502 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Typical Application



HD44780U (LCD-II)

(Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver)

HITACHI

Description

The HD44780U dot-matrix liquid crystal display controller and driver LSI displays alphanumerics, Japanese kana characters, and symbols. It can be configured to drive a dot-matrix liquid crystal display under the control of a 4- or 8-bit microprocessor. Since all the functions such as display RAM, character generator, and liquid crystal driver, required for driving a dot-matrix liquid crystal display are internally provided on one chip, a minimal system can be interfaced with this controller/driver.

A single HD44780U can display up to one 8-character line or two 8-character lines.

The HD44780U has pin function compatibility with the HD44780S which allows the user to easily replace an LCD-II with an HD44780U. The HD44780U character generator ROM is extended to generate 208 5 × 8 dot character fonts and 32 5 × 10 dot character fonts for a total of 240 different character fonts.

The low power supply (2.7V to 5.5V) of the HD44780U is suitable for any portable battery-driven product requiring low power dissipation.

Features

- 5 × 8 and 5 × 10 dot matrix possible
- Low power operation support:
 - ⌘ 2.7 to 5.5V
- Wide range of liquid crystal display driver power
 - ⌘ 3.0 to 11V
- Liquid crystal drive waveform
 - ⌘ A (One line frequency AC waveform)
- Correspond to high speed MPU bus interface
 - ⌘ 2 MHz (when $V_{cc} = 5V$)
- 4-bit or 8-bit MPU interface enabled
- 80 × 8-bit display RAM (80 characters max.)
- 9 920-bit character generator ROM for a total of 240 character fonts
 - ⌘ 208 character fonts (5 × 8 dot)
 - ⌘ 32 character fonts (5 × 10 dot)

HITACHI

1

HD44780U

- 64 × 8-bit character generator RAM
 - ⌘ 8 character fonts (5 × 8 dot)
 - ⌘ 4 character fonts (5 × 10 dot)
- 16-common × 40-segment liquid crystal display driver
- Programmable duty cycles
 - ⌘ 1/8 for one line of 5 × 8 dots with cursor
 - ⌘ 1/11 for one line of 5 × 10 dots with cursor
 - ⌘ 1/16 for two lines of 5 × 8 dots with cursor
- Wide range of instruction functions:
 - ⌘ Display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift, display shift
- Pin function compatibility with HD44780S
- Automatic reset circuit that initializes the controller/driver after power on
- Internal oscillator with external resistors
- Low power consumption

Ordering Information

Type No.	Package	CGROM
HD44780UA00FS	FP-80B	Japanese standard font
HCD44780UA00	Chip	
HD44780UA00TF	TFP-80F	
HD44780UA02FS	FP-80B	European standard font
HCD44780UA02	Chip	
HD44780UA02TF	TFP-80F	
HD44780UBx0FS	FP-80B	Custom font
HCD44780UBx0	Chip	
HD44780UBx0TF	TFP-80F	

Note: xx: ROM code No.

HITACHI

2