



Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΩΡΟΥ ΜΕ
ΤΗ ΧΡΗΣΗ ARDUINO ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕ 3D ΘΕΡΜΙΚΟ
ΧΑΡΤΗ ”

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΑΝΤΙΓΟΝΗΣ ΓΡΙΒΑ Α.Μ.1673

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΑΚΑΝΙΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΝΤΙΡΡΙΟ 2019

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Βασίλη Τσακανίνα για την βοήθεια και την υπομονή που επέδειξε αυτό το διάστημα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της πτυχιακής εργασίας μου. Τέλος επειδή με την εργασία αυτή ολοκληρώνεται και ο κύκλος σπουδών μου σε προπτυχιακό επίπεδο θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που με υποστήριξε σε όλες μου τις αποφάσεις με κάθε τρόπο.

Αντικείμενο πτυχιακής εργασίας

Συχνά,σε κάποιους χώρους όπως ένα δωμάτιο, ένα ψυγείο, ένα χειρουργείο, πρέπει να έχουμε ακριβείς μετρήσεις της θερμοκρασίας, διότι σε αυτά συντηρούνται ευπαθή προϊόντα, ή ανθρώπινα όργανα σε περιπτώσεις μεταμόσχευσης. Συνεπώς πρέπει να έχουμε την πλήρη εικόνα της θερμοκρασίας σε κάθε χρονική στιγμή, διότι η μεταβολή έστω και λίγων δεκάτων της κλίμακας θα είναι ολέθρια για τα αντικείμενα που συντηρούμε. Με την πτυχιακή αυτή θα δούμε πως μπορούμε να αποκτήσουμε αυτή την δυνατότητα, με την βοήθεια του μικροεπεξεργαστή arduino και το λογισμικό του IDE, με έναν αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20, καθώς και με το λογισμικό που δημιουργήθηκε με την γλώσσα προγραμματισμού Python. Η πορεία της πτυχιακής θα είναι η εξής: στο πρώτο κεφάλαιο θα δούμε τα όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας, και γενικά την πορεία των μικροεπεξεργαστών στο χρόνο και θα δούμε διάφορους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε συγκεκριμένα με τον μικροεπεξεργαστή arduino και της δυνατότητες που μας δίνει, όλα τα μέλη της οικογενείας των μικροεπεξεργαστών arduino, το περιβάλλον ανάπτυξης όπως επίσης και των προγραμματισμό και το υλικό hardware. Στο τρίτο κεφάλαιο θα δούμε τους αισθητήρες γενικά που μετρούν θερμοκρασία, υγρασία, ύψος βροχής, βαρόμετρο, φωτόμετρο, μετά τους αισθητήρες θερμοκρασίας, και στη συνέχεια τον αισθητήρα που θα χρησιμοποιήσουμε για την εφαρμογή μας. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα δούμε το λογισμικό με την

γλώσσα προγραμματισμού Python και την λειτουργία του, την σύνδεση του με το λογισμικό arduino, το block diagram καθώς και την απεικόνιση των τιμών σε 3d.

Subject of dissertation

Often, in some places like a room, a refrigerator, an operating room, we need to have accurate temperature measurements because they contain susceptible products or human organs in transplant cases. so we need to have a complete picture of the temperature at all times, because the change of even a few tenths of the scale will be devastating to the objects we preserve. With this diploma, we will see how we can get this capability, with the help of the arduino microprocessor and IDE software, with a DS18B20 temperature sensor, as well as the software created with the Python programming language. The course will be as follows: In the first chapter we will look at temperature measurement instruments, and in general the process of microprocessors over time and we will see various modern microprocessors. In the second chapter we will deal specifically with the arduino microprocessor and the capabilities it gives us, all members of the arduino microprocessor family, the development environment as well as programming and hardware hardware. In the third chapter we will see the sensors in general that measure temperature, humidity, rainfall, barometer, photometer, temperature sensors, and then the sensor we will use for our application. In the fourth chapter we will see the software with the Python programming language and its function, its connection to the arduino software, the block diagram as well as the display of values in 3d.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

1.1.1	Αισθητήρες θερμοκρασίας είδη θερμομέτρων.	σελ.5
1.1.2	Θερμοζεύγη.	σελ.6
1.1.3	ΕΙΔΗ ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΩΝ.	σελ.7
1.1.4	ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΩΝ.	σελ.9
1.1.5	ΘΕΡΜΙΣΤΟΣ.	σελ.13
1.1.6	ΘΕΡΜΙΣΤΟΣ NTC.	σελ.14
1.1.7	ΘΕΡΜΙΣΤΟΣ PTC.	σελ.17
1.1.8	κινητοι ανιχνευτες θερμοκρασιας (temperature probes).	σελ.19
1.1.9	Θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις.	σελ.19
1.1.10	Σύγκριση Αισθητήρων Θερμοκρασίας.	σελ.20
1.2	Ιστορία των Μικροεπεξεργαστών.	σελ.22
1.2.1	Γενικά..	σελ.22
1.2.2	Οι πορεία των μικροεπεξεργαστών στο χρόνο.	σελ.23
1.3	Εισαγωγή στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές.	σελ.35

Κεφαλαιο 2

2.1	Εισαγωγή στον arduino.	σελ.39
2.1.1	Μικροελεγκτής – η καρδιά του Arduino.	σελ.41
2.2	Η οικογένεια μικροεπεξεργαστών Arduino.	σελ.42
2.3	Περιβάλλον ανάπτυξης Arduino.	σελ.44
2.3.1	Είσοδοι – Έξοδοι	σελ.46
2.3.1	Τροφοδοσία..	σελ.48
2.3.2	Ενσωματωμένα κουμπιά και LED.	σελ.50

Κεφάλαιο 3

3.1	Χαρακτηριστικά των αισθητήρων.	σελ.51
3.2	Αισθητήρες θερμοκρασίας.	σελ.54
3.2.1	Το Φαινόμενο Seebeck.	σελ.55
3.3	Ολοκληρωμένο Κύκλωμα DS18B20.	σελ.56

Κεφάλαιο 4.

4.1	Hardware - Υλισμικό κατασκευής.	σελ.59
-----	---------------------------------	--------

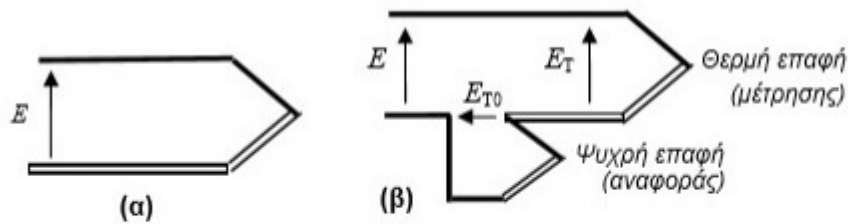
4.2 Software - Λογισμικό.	σελ.60
4.2.1 κώδικας στην πλατφόρμα του Arduino.	σελ.67
4.2.2 κώδικας στην πλατφόρμα της Python.	σελ.68
Βιβλιογραφία Αναφορές.	σελ.78

Τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη ή θερμοζεύγη (thermocouples) αποτελούν ένα εξαιρετικά διαδεδομένο είδος ανιχνευτών θερμοκρασίας, υψηλής ακρίβειας και χαμηλού κόστους. Αποτελούνται από δύο σύρματα διαφορετικών μετάλλων, τα οποία είναι ενωμένα σε δύο σημεία.

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η λειτουργία των θερμοζευγών στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού (thermoelectricity), ή αλλιώς φαινόμενο Seebeck (Seebeck effect). Ειδικότερα, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ενώνονται σε ένα σημείο, τότε στο σημείο αυτό αναπτύσσεται μία τάση, η οποία λέγεται θερμοηλεκτρική τάση ή δυναμικό επαφής (contact potential) και οφείλεται στο διαφορετικό έργο εξόδου των μετάλλων. Έτσι, ανάμεσα στα ελεύθερα άκρα των συνδεδεμένων μεταλλικών συρμάτων [βλέπε Σχήμα 2.3(α)] αναπτύσσεται μία τάση E . Η τάση αυτή όμως εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Έτσι, εάν τα δύο μεταλλικά σύρματα ενωθούν σε δύο σημεία που ευρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, θα δημιουργηθούν δύο θερμοηλεκτρικές τάσεις διαφορετικής τιμής. Η διαφορά των δύο τιμών είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο σημείων. Η δομή ενός θερμοζεύγους εικονίζεται στο Σχήμα 1.1.2(α). Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο σημεία επαφής: Το άνω σημείο, που ονομάζεται θερμή επαφή (hot junction), τοποθετείται στο αντικείμενο, του οποίου τη θερμοκρασία T θέλουμε να μετρήσουμε, και αναπτύσσεται σε αυτό μία θερμοηλεκτρική τάση ET . Το άλλο σημείο (η κάτω επαφή του σχήματος) ονομάζεται επαφή αναφοράς (reference junction) ή ψυχρή επαφή (cold junction) και τοποθετείται σε ένα χώρο σταθερής θερμοκρασίας (πχ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος T_0). Στα άκρα του αναπτύσσεται μία θερμοηλεκτρική τάση ET_0 . Λόγω της τοποθέτησης των μεταλλικών συρμάτων, οι τάσεις ET και ET_0 έχουν

αντίθετη πολικότητα, και έτσι στα άκρα του θερμοζεύγους αναπτύσσεται η διαφορά τους, $E = E_T - E_{T_0}$. Σχήμα 1.1.2 (α) Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται. (β) Δομή ενός



Σχήμα 1.1.2 (α) Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται. **(β)** Δομή ενός θερμοζεύγους. Διακρίνονται η θερμή επαφή και η ψυχρή επαφή και σημειώνονται οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτό.

Η θερμοηλεκτρική τάση E δεν είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας $(T - T_0)$ αλλά σε συγκεκριμένες, στενές περιοχές θερμοκρασιών T μπορεί να θεωρηθεί χωρίς σφάλμα ότι είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας. Συνήθως ανατρέχουμε σε πίνακες, οι οποίοι αναγράφουν τη διαφορά τάσης E που αντιστοιχεί σε ποικίλες διαφορές θερμοκρασίας $(T - T_0)$ για ποικίλες θερμοκρασίες αναφοράς T_0 . [2]

1.1.3 ΕΙΔΗ ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΩΝ

Τα θερμοζεύγη κατασκευάζονται από επιλεγμένα μέταλλα ή κράματα μετάλλων, τα οποία αναπτύσσουν όχι υψηλή απόλυτη τιμή θερμοηλεκτρικής τάσης αλλά θερμοηλεκτρική τάση που μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία. Ονομάζονται από τα ονόματα των δύο μετάλλων ή κραμάτων, και αναφέρεται πρώτο το μέταλλο που γίνεται θετικότερο (και άρα αποτελεί το θετικό πόλο της θερμοηλεκτρικής τάσης). Το καλώδιο που καλύπτει το

αρνητικό μέταλλο έχει πάντοτε κόκκινο χρώμα. Τα πιο διαδεδομένα είδη θερμοζευγών είναι τα ακόλουθα:

1. Σιδήρου - Κωνσταντάνης (*iron-constantan*) ή Τύπου J

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα λευκό και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 50 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Το καλώδιο σιδήρου είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης (η κωνσταντάνη είναι κράμα χαλκού/νικελίου).

2. Νικελίου/Χρωμίου - Νικελίου/Αλουμινίου (*chromel-alumel*) ή Τύπου K

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα κίτρινο και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Το καλώδιο από το κράμα alumel (νικελίου/αλουμινίου) είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση και απαιτούνται ειδικά μέσα συγκόλλησης (άργυρος, ρέοντα υγρά). Το θερμοζεύγος αυτό δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα όταν τα καλώδιά του κάμπτονται και έτσι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε δονούμενα συστήματα, εκτός και αν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα αντιστάθμισης της μηχανικής τάσης.

3. Χαλκού - Κωνσταντάνης (*copper-constantan*) ή Τύπου T

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα μπλε και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Κανένα καλώδιο δεν είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης. Το θερμοζεύγος αυτό εμφανίζει σφάλματα στην αγωγή του ρεύματος επειδή ο χαλκός έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται, εκτός εάν μεγάλα μήκη 18 καλωδίου (100 έως 200 φορές η διάμετρος) τίθενται σε περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας. Τα είδη των θερμοζευγών που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο αναγράφονται στον Πίνακα 1-1.

Πίνακας 1: Είδη θερμοζευγών και περιοχές λειτουργίας τους

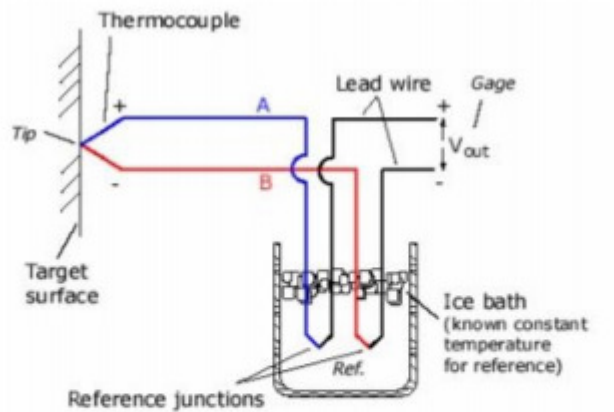
Είδη θερμοζευγών και περιοχές λειτουργίας τους

Είδος Θερμοζεύγους	Θετικό άκρο (+)	Αρνητικό άκρο (-)	Περιοχή Λειτουργίας
B	Λευκόχρυσος 30% Ρόδιο	Λευκόχρυσος 6% Ρόδιο	1370 – 1700 °C
C	W5Re (Βολφράμιο 5% Ρήνιο)	W26Re (Βολφράμιο 26% Ρήνιο)	1650 – 2315 °C
E	Chromel	Κωνσταντάνη	95 – 900 °C
J	Σίδηρος	Κωνσταντάνη	95 – 760 °C
K	Chromel	Alumel	95 – 1260 °C
N	Nicrosil	Nisil	650 – 1260 °C
R	Λευκόχρυσος 13% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	870 – 1450 °C
S	Λευκόχρυσος 10% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	980 – 1450 °C
T	Χαλκός	Κωνσταντάνη	-200 – 350 °C

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που εκτείνονται από βιομηχανικές και επιστημονικές έως ιατρικές. Έτσι, χρησιμοποιούνται σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε κλιβάνους, θαλάμους ψύξης, πυρηνικούς αντιδραστήρες αλλά και εγχειρήσεις για την παρακολούθηση της εσωτερικής θερμοκρασίας οργάνων. Αυτό συμβαίνει επειδή το θερμοζεύγος συνίσταται στην ουσία σε μία επαφή δύο μετάλλων, που μπορεί να λάβει μικροσκοπικές διαστάσεις και να κατευθυνθεί με τη βοήθεια δύο ευλύγιστων καλωδίων σε οποιοδήποτε σημείο μας ενδιαφέρει. Γι' αυτό αποτελούν μία από τις πρώτες επιλογές για τη μέτρηση θερμοκρασιών . [2][4]

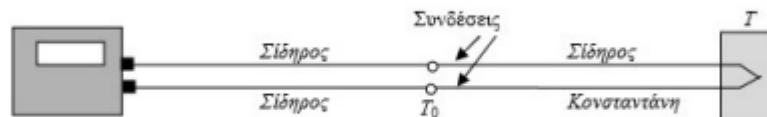
1.1.4 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζεται ο ορθότερος τρόπος για τη σύνδεση θερμοζευγών σε κύκλωμα μέτρησης. Η ένωση των μετάλλων του θερμοζεύγους με το όργανο μέτρησης δημιουργεί μία ή δύο επιπλέον θερμοηλεκτρικές επαφές (επαφές αναφοράς). Καταρχήν πρέπει να εξασφαλιστεί η τοποθέτηση της επαφής 19 αναφοράς σε μια γνωστή, σταθερή θερμοκρασία T_0 , καθώς το σήμα στην έξοδο του θερμοζεύγους εξαρτάται όχι μόνον από τη μετρούμενη θερμοκρασία αλλά και από τη θερμοκρασία αναφοράς. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι η τοποθέτηση της επαφής αναφοράς σε λουτρό πάγου, οπότε η σταθερή θερμοκρασία είναι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Άλλος τρόπος μπορεί να είναι ένα κυτίο σταθερής θερμοκρασίας (zonebox), το οποίο βρίσκεται συνήθως στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος $\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$



Σχήμα 1.1.4.α Σύνδεση θερμοζευγών, με τη βοήθεια επαφών αναφοράς, που παραμένουν σε σταθερή θερμοκρασία μέσα σε λουτρό πάγου.

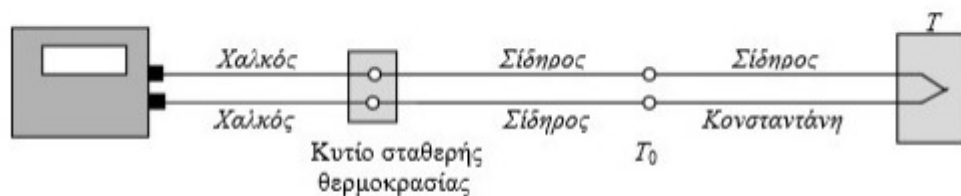
Τα σήματα των θερμοζευγών μπορούν να αναγινώσκονται από ένα βολτόμετρο και η θερμοκρασία να προσδιορίζεται από τον πίνακα αναφοράς, αλλά μπορούν και να διαβιβαστούν στον Η/Υ για επεξεργασία και προσδιορισμό της θερμοκρασίας μέσω λογισμικού. Το απλούστερο δυνατό κύκλωμα θερμοζεύγους εικονίζεται στο Σχήμα 1.1.4.β Για τη μελέτη μας χρησιμοποιούμε ένα θερμοζεύγος σιδήρου - κονσταντάνης. Παρατηρούμε ότι έχουμε αποφύγει τη σύνδεση των καλωδίων με ένα τρίτο μέταλλο, όπως πχ χαλκό, επειδή γνωρίζουμε ότι σε κάθε σημείο σύνδεσης αναπτύσσεται μία θερμοηλεκτρική τάση, και έτσι διαβιβάζουμε το σήμα στον Η/Υ μέσω καλωδίου σιδήρου. Στη σύνδεση σιδήρου - σιδήρου δεν αναπτύσσεται θερμοηλεκτρική τάση και έτσι η τελική τάση E που φθάνει στο όργανο ισούται με $E_T - E_{T_0}$. 20



Εάν η χρήση χάλκινων καλωδίων είναι αναπόφευκτη, προσέχουμε να κάνουμε δύο συνδέσεις σιδήρου - χαλκού και όχι μία σιδήρου - χαλκού και μία κονσταντάνης - χαλκού, επειδή στη δεύτερη περίπτωση οι θερμοηλεκτρικές τάσεις στις δύο επαφές θα είναι διαφορετικές και δε θα αλληλοαναιρούνται. Το κύκλωμα έχει τη μορφή του Σχήματος 1.1.4.β. Οι δύο συνδέσεις χαλκού σιδήρου προκαλούν θερμοηλεκτρικές τάσεις αντίθετης πολικότητας. Για να αναιρεθούν πλήρως αυτές μεταξύ τους πρέπει να ευρίσκονται ακριβώς στην ίδια θερμοκρασία, και γι' αυτό τις τοποθετούμε μέσα σε ένα κουτί σταθερής θερμοκρασίας (zone box). Το κουτί αυτό δεν πρέπει να θεωρηθεί ως ένας σταθεροποιητής θερμοκρασίας (temperature stabilizer), καθώς δε διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του σταθερή, αλλά ομοιόμορφη, ίδια για τις δύο συνδέσεις που περιέχει. Εν γένει τα κουτιά αυτά τοποθετούνται

Σχήμα 1.1.3.β Το απλούστερο δυνατό κύκλωμα θερμοζεύγους, στο οποίο αποφεύγεται η χρήση καλωδίου από τρίτο υλικό για την οδήγηση του σήματος στο βολτόμετρο ή Η/Υ

μακριά από πηγές θερμότητας και ηλιακό φως, ώστε η θερμοκρασία τους να μη μεταβάλλεται με το χρόνο.

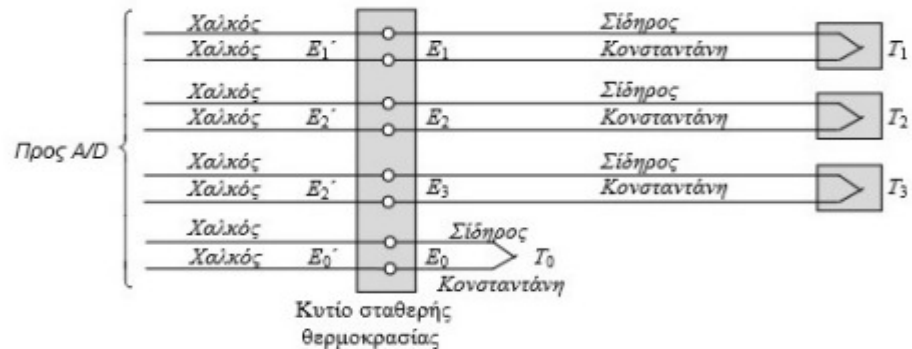


Σχήμα 1.1.4.γ Κύκλωμα θερμοζεύγους, στο οποίο χρησιμοποιείται καλώδιο από τρίτο υλικό για την οδήγηση του σήματος σε βολτόμετρο ή Η/Υ

Σε μία αυτοματοποιημένη διάταξη όλα τα θερμοζεύγη συνδέονται στα κανάλια ενός μετατροπέα A/D, οπότε οι ενδείξεις τους εισάγονται ανά τακτά T Χαλκός Σίδηρος Σίδηρος Χαλκός Σίδηρος Κονσταντάνη Κυτίο σταθερής T_0 θερμοκρασίας Συνδέσεις T Σίδηρος Σίδηρος Σίδηρος T_0 Κονσταντάνη 21 χρονικά διαστήματα σε ψηφιακή μορφή μέσα στον Η/Υ και εκεί τυγχάνουν επεξεργασίας. Παραμένοντας στο παράδειγμα με το θερμοζεύγος σιδήρου - κονσταντάνης, διαπιστώνουμε ότι η καλωδίωση εδώ είναι απλούστερη, καθώς δεν είναι αναγκαίο το καλώδιο

κονσταντάνης του κάθε θερμοζεύγους να συνδεθεί με καλώδιο σιδήρου, ώστε κάθε θερμοζεύγος να έχει δύο επαφές σιδήρου- κονσταντάνης. Αντίθετα, τα διάφορα θερμοζεύγη μπορούν να έχουν μία μόνον επαφή και η θερμοκρασία αναφοράς να λαμβάνεται από ένα επιπλέον, ξεχωριστό θερμοζεύγος.[2][3][4]

Η σύνδεση αυτή εικονίζεται στο **Σχήμα 1.1.4.δ**



Σχήμα 1.1.3.δ Σύνδεση πολλών θερμοζευγών με μία κοινή επαφή αναφοράς

1.1.5 ΘΕΡΜΙΣΤΟΡΣ

Αρχή λειτουργίας

Οι μεταβολές της τιμής της αντίστασης των θερμομέτρων ηλεκτρικής αντίστασης είδαμε ότι είναι μικρές και έτσι δε μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση μικρών μεταβολών θερμοκρασίας με ακρίβεια και να λειτουργήσουν ως διακόπτες. Τα θερμίστορς είναι και αυτά αντιστάσεις, των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, αλλά εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές στην τιμή της αντίστασης. Τα θερμίστορς είναι κατασκευασμένα από οξειδία των μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο. Η αντίστασή τους μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία αλλά έχει υψηλά όρια ανοχής, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις θερμοκρασίας να μην έχουν την ακρίβεια άλλων μεθόδων. Από την άλλη πλευρά, η ισχυρή μεταβολή της αντίστασης επιτρέπει τη χρήση των θερμίστορς ως διακοπών ή περιοριστών ρεύματος. Τα θερμίστορς αποτελούν μία εξαιρετικά διαδεδομένη και οικονομική επιλογή για τη μέτρηση θερμοκρασιών . Υπάρχουν δύο είδη θερμίστορς, τα NTC (negative temperature

coefficient, αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή) και τα PTC (positive temperature coefficient, θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή). Στα NTC η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ στα PTC η αντίσταση αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Με βάση τα θερμίστορ έχουν κατασκευαστεί και κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (temperature probes). Τυπικά θερμίστορ που διατίθενται στο εμπόριο εικονίζονται στο Σχήμα



Σχήμα 1.1.4.α

1.1.6 ΘΕΡΜΙΣΤΟΡΣ NTC

Τα θερμίστορς NTC εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές αντίστασης όταν υφίστανται μικρές μεταβολές θερμοκρασίας . Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση θερμοκρασιών μεταξύ -100 και 300 $^{\circ}\text{C}$. Η μεταβολή της αντίστασής τους καθορίζεται από το πηλίκο της αντίστασης στους 25 $^{\circ}\text{C}$ προς την αντίσταση στους 125 $^{\circ}\text{C}$ και είναι, ανάλογα με το μοντέλο, της τάξης του 20 έως 40 . Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση σε θερμοκρασία 125 $^{\circ}\text{C}$ γίνεται από 20 έως 40 φορές μικρότερη της αντίστασης σε θερμοκρασία δωματίου . Οι ανοχές των θερμίστορ (της τάξης του 5% , ανάλογα με τη θερμοκρασία) είναι πολύ υψηλότερες από αυτές των θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων. Τα θερμίστορ εμφανίζουν υψηλή χρονική σταθερότητα και η τιμή της αντίστασής τους στους 100 $^{\circ}\text{C}$ μεταβάλλεται μετά από 1000 ώρες λειτουργίας κατά ποσοστό της τάξης του 0.1% . Σήμερα διατίθενται Σχήμα 2.9 Τυπικά θερμίστορς του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk 25 θερμίστορς με διάφορες τιμές

αντίστασης, από 500 Ω έως 10 ΜΩ σε θερμοκρασία δωματίου. Τα θερμίστορες NTC κατασκευάζονται σε μορφή ράβδου, δίσκου ή κάψουλας, Η εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία στα θερμίστορες NTC έχει τη γενική μορφή:

$$R_T = R_{T_0} e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

όπου T είναι η θερμοκρασία μέτρησης σε βαθμούς Κέλβιν και T₀ μία θερμοκρασία αναφοράς (συνήθως οι 298 K, που αντιπροσωπεύουν τους 25 οC), ενώ R_T και R_{T0} είναι οι τιμές της αντίστασης του θερμίστορα NTC στις παραπάνω θερμοκρασίες . Η παραπάνω σχέση δεν είναι στην πράξη χρήσιμη, επειδή στην ουσία επιθυμούμε να προσδιορίσουμε την τιμή T και γνωρίζουμε τις άλλες τρεις ποσότητες. Έτσι λύνοντας την εξίσωση ως προς T προκύπτει ο ακόλουθος τύπος του Steinhart που αναφέρεται στα θερμίστορες NTC:

$$\frac{1}{T} = a + b (\ln R) + c (\ln R)^3$$

Στον τύπο αυτό η θερμοκρασία T προκύπτει σε βαθμούς Κέλβιν. Οι ποσότητες a, b και c είναι συντελεστές που αναφέρονται στο συγκεκριμένο θερμίστορα που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, σε ένα απλό θερμίστορα, όπως το μοντέλο P1H103T της εταιρείας Therm-ODisk που έχει αντίσταση 10 kΩ ± 2% στους 25 οC, οι συντελεστές a, b και c έχουν τις ακόλουθες τιμές:

$$P1H103T: a = 1.125190920 \times 10^{-3}$$

Τιμές θερμοκρασίας - αντίστασης του θερμίστορα

$$b = 2.347363293 \times 10^{-3}$$

NTC P1H103T της εταιρείας Therm-O-Disk

$$c = 8.551343472 \times 10^{-8}$$

πίνακας 2

Με βάση τις παραπάνω τιμές, η ακρίβεια στον υπολογισμό της θερμοκρασίας από τον τύπο του Steinhart δίνει ακρίβεια καλύτερη από 0.05 °C στην περιοχή θερμοκρασιών 0 – 100 °C. Ο πίνακας τιμών θερμοκρασίας - αντίστασης του θερμίστορ NTC P1H103T στην παραπάνω περιοχή θερμοκρασιών παρουσιάζεται στον Πίνακα 1

Τα θερμίστορς εμφανίζουν φαινόμενο αυτοθέρμανσης (self-heating effect), δηλαδή η θερμοκρασία τους αυξάνει όταν διαρρέονται από ρεύμα, το οποίο είναι της τάξης του ενός βαθμού Κελσίου (1 °C) ανά 7 mW ηλεκτρικής ισχύος στο εσωτερικό τους.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)
0	32 654
10	19 903
20	12 493
30	8 056
40	5 327
50	3 603
70	1 752
100	680

Τα θερμίστορς NTC σε μορφή δίσκου εμφανίζουν υψηλή αποβολή θερμότητας και διαχείριση ισχύος λόγω του σχήματός τους, που έχει μεγάλη εξωτερική επιφάνεια, και ενδείκνυνται για χρήση όταν δεν απαιτείται η χρήση θερμίστορς πολύ μικρών διαστάσεων. Τα θερμίστορς αυτά μπορούν να διαθέτουν διηλεκτρική επικάλυψη υψηλής μόνωσης όταν είναι ανάγκη να υπάρχει ηλεκτρική μόνωση. Διατίθενται δύο επικαλύψεις, ανάλογα με τη μέγιστη μετρούμενη θερμοκρασία: Εποξική επικάλυψη (epoxy coating) για θερμοκρασίες έως 150 °C και ελαστική επικάλυψη σιλικόνης (silicon rubber coating) για θερμοκρασίες έως 250 °C.

Η μη γραμμική σχέση της αντίστασης του θερμίστορ NTC με τη θερμοκρασία αποθαρρύνει συχνά τη χρήση των θερμίστορς σε εφαρμογές. Η μη γραμμικότητα μπορεί να αντιμετωπιστεί επιτυχώς κατά την επεξεργασία των μετρήσεων αντίστασης αλλά και από το κύκλωμα λήψης μετρήσεων καθαυτό:

Όσον αφορά το πρώτο σκέλος, μπορούμε να απαλείψουμε τη μη γραμμικότητα με τη βοήθεια της σχέσης του Steinhart που περιγράψαμε παραπάνω. Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος, λαμβάνουμε υπόψη ότι τα θερμίστορς συνδέονται συνήθως σε ένα βραχίονα μίας γέφυρας Wheatstone. Η έξοδος της γέφυρας μπορεί να γραμμικοποιηθεί με έναν απλό διαιρέτη τάσης [ο οποίος γραμμικοποιεί την τάση εξόδου ως προς τη θερμοκρασία, Σχήμα 1(α)] ή με μία αντίσταση συνδεδεμένη παράλληλα με το θερμίστορ (η οποία γραμμικοποιεί την αντίσταση ως προς τη θερμοκρασία). Η γραμμικοποίηση που επιτυγχάνεται είναι καλύτερη από 0.5% όταν το εύρος των μετρούμενων θερμοκρασιών είναι μικρότερο από 50 οC. [3][4]

1.1.7 ΘΕΡΜΙΣΤΟΡΣ PTC

Τα θερμίστορς τύπου PTC έχουν αντίσταση που αυξάνει με τη θερμοκρασία, και ειδικότερα μεταπίπτουν από μία κατάσταση χαμηλής αντίστασης σε μία κατάσταση υψηλής αντίστασης όταν η θερμοκρασία ανέλθει σε μία συγκεκριμένη τιμή. Έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως ως περιοριστές ρεύματος σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 250 οC . Οι τιμές της αντίστασης των θερμίστορς PTC κυμαίνονται από 0.5 Ω έως 20 kΩ σε θερμοκρασία δωματίου. Επειδή η αύξηση της αντίστασης γίνεται απότομα, τα θερμίστορς αυτά δεν ενδείκνυνται για τη μέτρηση συνεχών τιμών θερμοκρασίας αλλά για τη διακοπή της τροφοδοσίας κυκλωμάτων. Έτσι αποτελούν θερμοευαίσθητους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Δεν έχουν μηχανικά μέρη όπως άλλοι διακόπτες, και επομένως εμφανίζουν μηδενική μηχανική φθορά 27 και μεγάλη διάρκεια ζωής. Επιπρόσθετα δεν εμφανίζουν φαινόμενα υστέρησης και έχουν εξαιρετικά χαμηλό κόστος. Τα θερμίστορς PTC αυτοθερμαίνονται όταν διαρρέονται από ρεύμα, και αυτό αξιοποιείται στις εφαρμογές.

Οι συνηθέστερες εφαρμογές των θερμίστορς PTC είναι οι εξής :

1. Μέτρηση της ροής ρευστών

Εάν ένα θερμίστορ PTC ευρίσκεται σε ακίνητο αέρα ή σε ακίνητο υγρό, αδυνατεί να αποβάλλει πολλή θερμότητα και αυτοθερμαίνεται γρήγορα Έτσι γρήγορα μεταβαίνει στην κατάσταση υψηλής αντίστασης, στην οποία μπορεί να διακόψει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ελέγχει μία διαδικασία ψύξης, ευρισκόμενο μέσα στο ψυκτικό αέριο ή υγρό. Εάν η ροή του ψυκτικού αερίου ή υγρού μειωθεί, το θερμίστορ αποκτά μεγάλη αντίσταση και ενεργοποιεί ένα κύκλωμα προειδοποίησης ή το κύκλωμα ελέγχου της ροής του ψυκτικού.

2. Χρονική καθυστέρηση

Εάν διαβιβάσουμε σε ένα θερμίστορ PTC ένα συγκεκριμένο ρεύμα, το θερμίστορ θα αυτοθερμανθεί και θα οδηγηθεί σε συγκεκριμένο χρόνο στην κατάσταση υψηλής αντίστασης, στην οποία μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιο υποκύκλωμα. Επομένως μπορούμε να ενεργοποιήσουμε ένα υποκύκλωμα μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, να εισάγουμε δηλαδή μία επιθυμητή χρονική καθυστέρηση στη λειτουργία του υποκυκλώματος. Είναι σημαντικό να έχει το θερμίστορ PTC τη δυνατότητα να ψυχθεί πλήρως μεταξύ δύο διαδοχικών αυτοθερμάνσεων, αλλιώς η χρονική καθυστέρηση στη δεύτερη περίπτωση θα είναι μικρότερη και το θερμίστορ δε θα λειτουργεί αξιόπιστα.

3. Προστασία μπαταριών από υπερφόρτιση

Όταν οι μπαταρίες φορτίζονται στη μέγιστη χωρητικότητά τους, θερμαίνονται. Έτσι ένα θερμίστορ PTC που ευρίσκεται σε επαφή με μία μπαταρία μπορεί να ανιχνεύσει τότε η μπαταρία φορτίζεται πλήρως. Τότε η αντίστασή του αυξάνει απότομα και μηδενίζεται το ρεύμα που το διαρρέει, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας της μπαταρίας. [4]

1.1.8 κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (temperature probes)

Οι κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας αποτελούν μικρές διατάξεις που περιέχουν ένα θερμίστορ και μπορούν να ακουμπήσουν στην επιφάνεια, της οποίας η θερμοκρασία πρέπει να μετρηθεί. Οι ανιχνευτές αυτοί μετακινούνται εύκολα και μπορούν να προσαρμοστούν μόνιμα σε ένα χώρο μέτρησης. Αποτελούνται από Σχήμα 1.1.7.α Κινητός ανιχνευτής θερμοκρασίας του εμπορίου, ένα σωληνίσκο ανοξείδωτου χάλυβα, μέσα στον οποίο έχει τοποθετηθεί το θερμίστορ και οι ακροδέκτες του και έχει εγχυθεί πλαστικό για την προστασία του θερμίστορ από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η εικόνα ενός κινητού ανιχνευτή θερμοκρασίας του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1.1.7.β**



1.1.9 Θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις

Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων αυξάνει καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Άρα, είναι δυνατό να κατασκευαστεί διάταξη μέτρησης της θερμοκρασίας, μετρώντας την ηλεκτρική αντίσταση ενός πρότυπου μετάλλου, καθώς

μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Έτσι, κατασκευάζονται οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις (RTDs). Η μέτρηση της αντίστασης ενός θερμοηλεκτρικού στοιχείου γίνεται με τη βοήθεια γέφυρας Wheatstone ή με τη βοήθεια πηγής ρεύματος, που διεγείρει κατάλληλα τη θερμοηλεκτρική αντίσταση.

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις έχουν καλύτερη γραμμικότητα και είναι γενικά πιο ακριβείς από τα θερμοζεύγη, καθώς έχουν ανάλυση μικρότερη του ενός βαθμού Κελσίου. Εξαρτώνται από την απόλυτη τιμή της θερμοκρασίας και όχι απλώς από τη θερμοκρασιακή μεταβολή, όπως συμβαίνει στα θερμοζεύγη, άρα δεν έχουν ανάγκη από θερμοκρασίες αναφοράς. Όμως είναι πιο ακριβές και Σχ. 1.4.β Συνδεσμολογία του LM35 για μετρήσεις και σε αρνητικές θερμοκρασίες, απαιτούν εξωτερική διέγερση. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργαστηριακές και βιομηχανικές εφαρμογές ακριβείας. Τυπικό μέταλλο για την κατασκευή θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων είναι η πλατίνα. [4]

1.1.10 Σύγκριση Αισθητήρων Θερμοκρασίας

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM35 αποτελεί την πληρέστερη λύση στο αντικείμενο της μέτρησης της θερμοκρασίας καθώς εμφανίζει γραμμικότητα και υψηλή ευαισθησία και είναι κατασκευασμένο για να συνεργάζεται με ηλεκτρονικά συστήματα συλλογής δεδομένων. Από την άλλη πλευρά η χρήση του υπόκειται σε περιορισμούς χώρου και το εύρος θερμοκρασιών που μπορεί να μετρηθεί δεν είναι υψηλό. Έτσι το κύκλωμα LM35 δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο διαδικασιών θέρμανσης που υπερβαίνουν τους 150 οC και σε περιβάλλον ψύξης με θερμοκρασίες της τάξης αυτής του υγρού αζώτου (- 200 οC).

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις, τα θερμίστορ και τα θερμοζεύγη εμφανίζουν μη-γραμμική συμπεριφορά. Τα θερμοζεύγη και τα θερμίστορ αποκρίνονται ταχέως, σε αντίθεση με τις θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις που αποκρίνονται με βραδύτητα. Τα θερμοζεύγη δεν απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία, ενώ οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις και τα θερμίστορ απαιτούν. Τα θερμοζεύγη μετρούν μεγάλο εύρος θερμοκρασιών ενώ τα θερμίστορ μικρό (έως 300 οC). Πιο υψηλό κόστος έχουν οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις και πιο μικρό τα θερμοζεύγη.

Τα θερμοζεύγη αποδίδουν στην έξοδο μικρές τάσεις, οι οποίες είναι ευαίσθητες στο θόρυβο. Γενικά εμφανίζουν χαμηλή ευαισθησία και μικρότερη σταθερότητα από τα άλλα είδη αισθητήρων. Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις παρέχουν ενδείξεις υψηλής ακρίβειας και σταθερότητας, αλλά η αντίσταση των καλωδίων σύνδεσής τους τις αλλοιώνει και πρέπει να αντισταθμίζεται.

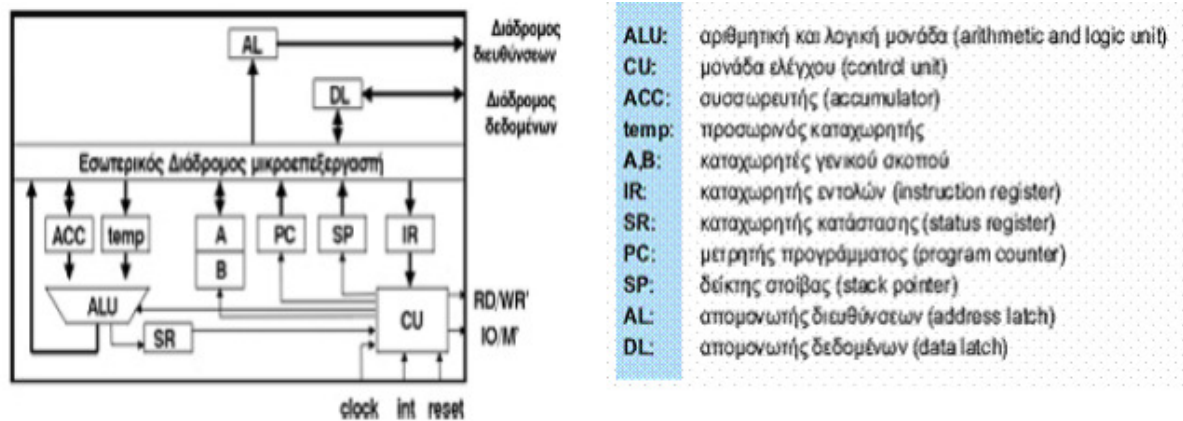
Τα θερμίστορ τέλος δίνουν εξαιρετικά επαναλήψιμες ενδείξεις, παρέχουν μεγάλη διακριτική ικανότητα και απαιτούν μικρό ρεύμα τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται, όμως, από έντονη μη γραμμικότητα. [4]

1.2 Ιστορία των Μικροεπεξεργαστών

1.2.1 Γενικά

Η επιθυμία των κατασκευαστών συστημάτων να δημιουργήσουν συστήματα με περισσότερες δυνατότητες και με μικρότερο μέγεθος οδήγησε στην ανάγκη για ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών ενός υπολογιστή σε ένα ή μερικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κυκλωμάτων αυτών, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη του μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής, είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) γενικού σκοπού, το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί. Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με μια σειρά από εντολές. Οι εντολές που εκτελούνται από τον μικροεπεξεργαστή είναι εντολές σε γλώσσα μηχανής και είναι αποθηκευμένες στην κύρια μνήμη. Μια εντολή σε γλώσσα μηχανής είναι μια σειρά από δυαδικά ψηφία, όπου είναι κωδικοποιημένο το είδος της εντολής. Το σύνολο αυτών των εντολών χρησιμεύει ως μία διασύνδεση ανάμεσα στο λογισμικό (software) και το υλικό (hardware), δηλαδή ανάμεσα στα προγράμματα και στους επεξεργαστές. Η λειτουργικότητα ενός μικροεπεξεργαστή εξαρτάται πλήρως από το σύνολο εντολών που είναι ικανός να εκτελέσει. Ο μικροεπεξεργαστής είναι υπεύθυνος για όλη τη λειτουργία του υπολογιστή. Αποτελείται εσωτερικά από ένα μεγάλο πλήθος τρανζίστορ (transistor), δηλαδή ηλεκτρονικούς διακόπτες που επιτρέπουν ή απαγορεύουν τη διέλευση ρεύματος, καταχωρητές (registers) και αντιστάτες. Επίσης υπάρχουν εξαρτήματα που εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες και τα σημαντικότερα των οποίων είναι:

- Το εσωτερικό ρολόι, που είναι υπεύθυνο για τον συντονισμό των υπόλοιπων εξαρτημάτων στέλνοντας περιοδικά σήματα.
- Η αριθμητική και λογική μονάδα , που εκτελεί τις αριθμητικές ή λογικές πράξεις
- Η μονάδα ελέγχου που διευθύνει και συντονίζει την επεξεργασία.[5]

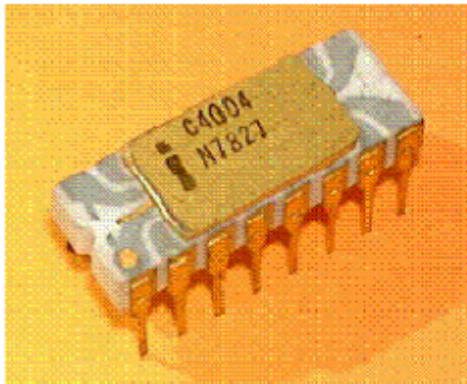


Σχήμα 1: Εσωτερική δομή ενός μικροεπεξεργαστή.

1.2.2 Οι πορεία των μικροεπεξεργαστών στο χρόνο

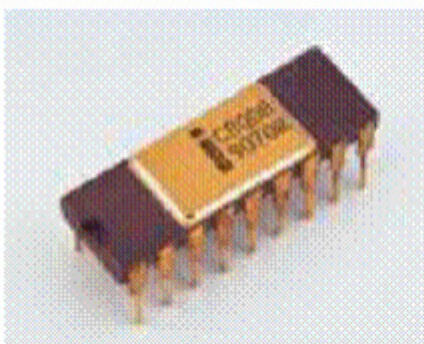
Ο τρόπος κατασκευής των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (CPU) άλλαξε σημαντικά στις αρχές της δεκαετίας του 70, όταν κατασκευάστηκαν οι πρώτοι επεξεργαστές από ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγάλης ολοκλήρωσης. Επειδή μειώθηκε το μέγεθός τους, οι νέοι επεξεργαστές ονομάστηκαν μικροεπεξεργαστές. Μέχρι τότε οι επεξεργαστές (ή πιο σωστά οι πλακέτες επεξεργασίας) αποτελούνταν από δεκάδες πύλες και περίπλοκα κυκλώματα τα οποία με την παρατεταμένη χρήση εξέπεμπαν θερμότητα και έπιαναν πολύ χώρο. Ο Intel 4004 ήταν ο πρώτος μικροεπεξεργαστής. Δημιουργήθηκε από τον Ted Hoff και το συνεργάτη του Stan Mazor και παρουσιάστηκε το 1971. Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής (ο μικροεπεξεργαστής λαμβάνει 4 bit από την μνήμη κάθε φορά με σκοπό να τα επεξεργαστεί), που αποτελούνταν από περίπου 2300 τρανζίστορες με συχνότητα ρολογιού 108 KHz. Επιπλέον, εκτελούσε 60000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να δει 640 bytes μνήμης. Η αρχική του εφαρμογή ήταν η δημιουργία αριθμομηχανών. Τον Νοέμβριο του 1971, η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικροϋπολογιστή, το σύστημα MCS-4, για το οποίο χρησιμοποιήθηκε ο 4004, το 4001 ROM chip, το 4002 RAM chip και το 4003 shift register chip για σειριακή επικοινωνία. Ο 4004 ήταν πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων, παρόλο που για την εποχή του ήταν ένα τεχνολογικό αποκορύφωμα. Ταυτόχρονα σχεδόν, αναπτύχθηκαν άλλοι δύο 4bit επεξεργαστές, ο TMS 100 της Texas Instruments και ο επεξεργαστής

MP944, που χρησιμοποιήθηκε από το αμερικάνικο ναυτικό για τα μαχητικά αεροπλάνα.



Σχήμα 1.2.α: Ο Intel 4004

Η έλευση του 4bit μικροεπεξεργαστή οδήγησε γρήγορα στην παρουσίαση του 8bit μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μας εισήγαγε στην εποχή του προσωπικού υπολογιστή. Το 1971 ο Federico Faggin ξεκίνησε δουλειά πάνω σε έναν 8bit επεξεργαστή, τον Intel 8008, τον πρώτο εμπορικό 8bit μικροεπεξεργαστή, μέλος της οικογένειας MC-8. Το πρωτότυπο είχε μεγάλα προβλήματα με διαρροές ηλεκτρικού φορτίου από τις συσκευές μνήμης. Ο 8008 ανασχεδιάστηκε πλήρως και κυκλοφόρησε. Η συχνότητα ρολογιού ήταν στα 200 KHz, ενώ το chip χρησιμοποιούσε 3500 κρυσταλλολυχνίες. Αμέσως ξέσπασε μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μικροεπεξεργαστών, με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι απαιτήσεις στην ταχύτητα, επικοινωνία με το περιβάλλον, και πιο πολλές εντολές και εισόδους δεδομένων. Ο 8008 μπορεί να δει 16 Kbytes μνήμης. Το 1973, εισάγεται ο Micral, ο οποίος είναι ο πιο σύγχρονος υπολογιστής που τροφοδοτείται από έναν μικροεπεξεργαστή της Intel 8008. Ένα χρόνο αργότερα η Scelbi διαφημίζει τον 8H υπολογιστή, ο πρώτος παναμερικανικός διαφημιζόμενος υπολογιστής βασισμένος στον μικροεπεξεργαστή της Intel 8008.



Σχήμα 3: Ο Intel 8008

Τον Απρίλιο του 1974, η Intel παρουσιάζει τον 8080, έναν 8bit μικροεπεξεργαστή, συμβατό εν μέρει με τον 8008. Ο 8080 έτρεχε στα 2 MHz, μπορούσε να δει 64 Kbytes μνήμης και περιείχε 6.000 τρανζίστορ. Την ίδια χρονιά ο Gary Kildall της εταιρίας Microcomputer Applications Associates υλοποιεί το λειτουργικό σύστημα CP/M για Intel 8080 συστήματα, το οποίο ήταν χρήσιμο για τον έλεγχο προγραμμάτων μικροϋπολογιστών. Λίγους μήνες μετά την παρουσίαση του 8080 το περιοδικό Popular Electronics δημοσιεύει άρθρο που ανακοινώνει τον υπολογιστή Altair 8800, σχεδιασμένο από τον Edward Roberts. Ο Altair χρησιμοποιεί τον μικροεπεξεργαστή Intel 8080 με 256 bytes RAM. Το Altair είχε αρκετά πλεονεκτήματα όπως τον γρήγορο μικροεπεξεργαστή 8080 και την αρχιτεκτονική του open bus. Μια από τις ατέλειες του ήταν, ότι τα πάντα έπρεπε να γίνουν μετακινώντας ατελείωτους διακόπτες και εκχωρώντας τιμές στις θέσεις μνήμης για τρέξει ένα πρόγραμμα. Ο υπολογιστής αυτός σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της γλώσσας Microsoft Basic, από τον Bill Gates και τον Paul Allen, για τους μικροεπεξεργαστές της Intel, θεωρείται από πολλούς σαν "η ανάφλεξη της έκρηξης των προσωπικών υπολογιστών". Άλλος 8bit μικροεπεξεργαστής της Intel είναι ο 8085, που αποκαλύφθηκε το 1978 και ήταν πρόγονος του 16bit 8086.

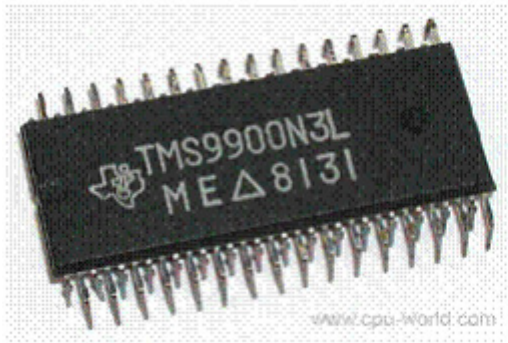
Τον Αύγουστο του 1974, η Motorola παρουσιάζει τον 6800, έναν πρώιμο 8bit μικροεπεξεργαστή που χρησιμοποιήθηκε σε υπολογιστές, σε όλα τα ηλεκτρονικά pinball-παιχνίδια, καθώς και σε βιομηχανικές συσκευές ελέγχου. Είχε 4000 τρανζίστορ, 78 εντολές, σήμα χρονισμού στα 1 ή 2 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων. Ο M6800 ήταν ένας από τους πρώτους μικροεπεξεργαστές με καταχωρητή δείκτη (index register). Παρόλα τα προβλήματα με την παραγωγή, το 6800 ήταν καλοσχεδιασμένο. Έτσι η εταιρία MITS ξεκίνησε την σχεδίαση ενός Altair βασισμένου στον Motorola 6800 και λίγο αργότερα παρουσιάστηκε ο υπολογιστής Sphere I, με επεξεργαστή τον Motorola 6800, 4Kbytes RAM, πρόγραμμα ROM monitor, πληκτρολόγιο και διασύνδεση βίντεο. Το 1978, η Motorola ανέτρεψε ολόκληρο τον 8bit κόσμο με την εισαγωγή του 6809, ένα από τα πιο ισχυρά σχέδια μικροεπεξεργαστή και επίσης ένα από τον πιο σύνθετα σχέδια λογικής που έγιναν ποτέ στην παραγωγή οποιουδήποτε μικροεπεξεργαστή. Το σήμα χρονισμού αρχικά ήταν στο 1 MHz, στο 1.5 MHz (68A09) και στα 2 MHz (68B09). Το 1975, βγήκε στην αγορά ο μικροεπεξεργαστής MOS Technology 6502, ο οποίος ήταν ένα

αντίγραφο του 6800 της Motorola, αλλά αρκετά αλλαγμένος ώστε να μην υπάρχουν νομικά προβλήματα. Στο σύνολο εντολών οι δυο επεξεργαστές είχαν ομοιότητες, αλλά αντί για 16bit καταχωρητή ο 6502 χρησιμοποιούσε δυο 8bit καταχωρητές. Ο 6502 γνώρισε μεγάλη επιτυχία γεγονός που οφείλεται στην απλότητά του αλλά κυρίως στην υψηλή αποδοτικότητά του και στην συγχρόνως χαμηλή του τιμή. Είχε 5000 τρανζίστορ, 56 εντολές, σήμα χρονισμού αρχικά 20 KHz μέχρι 4 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων.

Το 1975, ο Federico Faggin ιδρύει την εταιρία Zilog. Ένα χρόνο μετά την ίδρυση της, η Zilog φτιάχνει τον Z80, έναν 8bit μικροεπεξεργαστή βασισμένο στον 8080, του οποίου η γλώσσα μηχανής είναι υπερσύνολο αυτής του Intel 8080. Είχε σήμα χρονισμού στα 3.5 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων, ενώ μπορούσε να δει 64 Kbytes μνήμης. Ο Z80 είχε μεγάλη δημοτικότητα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 80, καθώς επικεντρώθηκε στο χαμηλό κόστος σε συνδυασμό με τη μικρή συσκευασία, τις απλές απαιτήσεις των διαδρόμων των υπολογιστών, και το συνυπολογισμό των στοιχείων κυκλώματος που θα έπρεπε κανονικά να παρασχεθούν σε ένα χωριστό τσιπ.

Ο μικροεπεξεργαστής RCA(CDP)1802 της RCA χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των δορυφόρων Voyager, Viking και του διαστημοπλοίου Γαλιλαίος. Ο CDP1802 είχε πολύ μικρή κατανάλωση, ενώ η αρχιτεκτονική του ήταν διαφορετική από αυτή των κοινών 8bit μικροεπεξεργαστών. Ο 1802 υποστηρίζεται ότι είναι ο πρώτος ανθεκτικός σε ακτινοβολία μικροεπεξεργαστής, επειδή η διαδικασία παραγωγής του εξασφάλισε πολύ καλύτερη προστασία ενάντια στην κοσμική ακτινοβολία και τις ηλεκτροστατικές αποφορτίσεις από αυτή οποιουδήποτε άλλου επεξεργαστή της εποχής.

Ο πρώτος 16bit μικροεπεξεργαστής multi-chip ήταν ο IMP 16 της National, που εισήχθη στις αρχές του 1973. Δύο χρόνια αργότερα, η National εισήγαγε το πρώτο 16bit single-chip μικροεπεξεργαστή, τον PACE, ο οποίος ακολουθήθηκε αργότερα από μια NMOS έκδοση, το INS8900



Σχήμα 1.2.β: Ο TMS 9900

Το 1976, εμφανίζεται ο TMS 9900 της Texas Instruments, ένας από τους πρώτους καθαρά 16bit μικροεπεξεργαστές. Ο TMS 9900 δεν είχε καθόλου εσωτερικούς καταχωρητές, εκτός από έναν που όριζε την θέση των καταχωρητών του στην RAM, όπου αποθηκεύονται. Η σχεδίαση επέτρεπε την ταχύτατη αλλαγή context, αφού για να αλλάξουν όλοι οι καταχωρητές και να κληθεί μια συνάρτηση, πρέπει να αλλάξει ο μοναδικός εσωτερικός καταχωρητής. Η συγκεκριμένη σχεδίαση είχε νόημα για την εποχή της, διότι η εσωτερική μνήμη ήταν πιο αργή από την εξωτερική.

Η Intel επανέρχεται στο προσκήνιο αναβαθμίζοντας το σχέδιο του 8080 στον 16bit Intel 8086, το πρώτο μέλος της x86 οικογένειας που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι σύγχρονοι υπολογιστές. Ο 8086 είχε 10 φορές καλύτερη απόδοση από τον 8080. Η Intel εισήγαγε τον 8086 ως οικονομικώς αποδοτικό τρόπο μεταφοράς του λογισμικού από τον 8080, και πέτυχε κερδίζοντας την εμπιστοσύνη πολλών επιχειρήσεων με εκείνη την προϋπόθεση. Ο 8086 είχε 29.000 τρανζίστορ, ταχύτητα λειτουργίας στα 10 MHz, ενώ χρησιμοποιούσε καταχωρητές των 16 bit και δίαυλο δεδομένων των 16 bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Τον Ιούνιο του 1979, αποκαλύφθηκε ο μικροεπεξεργαστής 8088, που ήταν μια παραλλαγή του 8086. Πρόκειται για έναν 16bit επεξεργαστή εσωτερικά, του οποίου ο εξωτερικός δίαυλος δεδομένων ήταν των 8 bits. Η σχεδίαση αυτή είχε σκοπό τη χρήση των υπάρχοντων 8bit controller chips για συσκευές. Ο 8088 περιείχε 29000 τρανζίστορς και μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Μετά τον 8088 η Intel απελευθέρωσε τους 16bit μικροεπεξεργαστές 80186 και 80286, παγιώνοντας την κυριαρχία της στην αγορά προσωπικών υπολογιστών. Ο 80286 παρουσιάστηκε το 1982, και είχε συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 6 MHz και έπειτα στα 12 MHz. Ο ιστορικός αυτός μικροεπεξεργαστής ανήκε στην οικογένεια x86 και περιελάμβανε δίαυλο δεδομένων 16 bit, δίαυλο διευθύνσεων 24

bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει μέχρι 16 MBytes μνήμης και περιείχε 130000 τρανζίστορ. Ο 80286 αποτελεί τον πρώτο μικροεπεξεργαστής που είχε τη δυνατότητα να λειτουργεί στην κατάσταση Protected Mode (προστατευμένη κατάσταση λειτουργίας).

Το 1979, η Zilog έστειλε δείγματα του 16bit μικροεπεξεργαστή της, του Z8000. Η αρχιτεκτονική σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τους Bernard Peuto και MasatoshiShima. Ο Z8000 δεν ήταν συμβατός με τον Z80 και παρόλο που ο σχεδιασμός του ήταν πολύ καλός, δε χρησιμοποιήθηκε ευρέως, διότι έφθασε πάρα πολύ αργά στην αγορά για να σταθεί και εξαφανίστηκε γρήγορα.

Τα 16bit σχέδια ήταν στην αγορά μόνο για λίγο, όταν άρχισαν να εμφανίζονται οι πλήρεις 32bit εφαρμογές. Ο παγκόσμιος πρώτος single-chip 32bit μικροεπεξεργαστής ήταν ο BELLMAC 32A της AT&T Bell Labs, ο οποίος παρουσιάστηκε το 1980 και κυκλοφόρησε το 1982. Μετά από την αποστέρηση του AT&T το 1984 και την αλλαγή της επωνυμίας της εταιρίας, ο BELLMAC 32A μετονομάστηκε σε WE 32000 (WE είναι τα αρχικά της Western Electric). Η επόμενη γενιά μικροεπεξεργαστών που στηρίχτηκε στον WE 32000, είναι ο WE 32100 και ο WE 32200. Αυτοί οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιήθηκαν στους μίνι-υπολογιστές AT&T 3B5, 3B15 στο 3B2, τον πρώτο super microcomputer γραφείου. Όλα αυτά τα συστήματα έτρεξαν το αρχικό λειτουργικό σύστημα Unix των Bell Labs.

Ο διασημότερος 32bit μικροεπεξεργαστής είναι ο MC68000. Εισήχθη το 1979 και ήταν το πρώτο μέλος της οικογένειας m68k. Είχε 32bit καταχωρητές αλλά χρησιμοποίησε 16bit διαδρομές δεδομένων, καθώς και έναν 16bit εξωτερικό δίαυλο δεδομένων. Η Motorola το περιέγραψε γενικά ως 16bit επεξεργαστή, αν και είχε 32bit αρχιτεκτονική. Ο 68000 έτρεχε στα 8MHz και είχε 68000 τρανζίστορ. Ο συνδυασμός της υψηλής ταχύτητας, του μεγάλου χώρου αποθήκευσης (16 Mbyte) και του αρκετά χαμηλού κόστους τον έκανε τον δημοφιλέστερο μικροεπεξεργαστή της κατηγορίας του, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί στους υπολογιστές Apple Lisa και η Macintosh. Η επιτυχία της Motorola με τον 68000 οδήγησε στον σχεδιασμό του MC68010, ο οποίος πρόσθεσε την υποστήριξη της εικονικής μνήμης. Ο MC68020, που εισήχθη το 1985, είχε 200000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 16 MHz. Τα 68020 έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή στη super microcomputer Unix αγορά,

ενώ πολλές μικρές επιχειρήσεις, όπως η Altos, παρήγαγαν τα συστήματα desktop. Έπειτα, ακολούθησε ο MC68030, ο οποίος πρόσθεσε τη μονάδα διαχείρισης μνήμης (MMU) στο τσιπ. Η συνεχής επιτυχία οδήγησε στον 68040, ο οποίος περιέλαβε τη μονάδα υπολογισμού κινητής υποδιαστολής (FPU) για καλύτερη απόδοση. Ο 68050 δεν κατάφερε να επιτύχει τους στόχους απόδοσής του και έτσι δεν απελευθερώθηκε. Το ακόλουθο MC68060 απελευθερώθηκε την περίοδο που κυκλοφορούσαν ευρέως στην αγορά τα πολύ γρηγορότερα σχέδια RISC. Η οικογένεια m68k εξασθένησε από την αγορά υπολογιστή γραφείου στις αρχές της δεκαετίας του 90.



Σχήμα 1.2.γ: Ο MC68000

Ο πρώτος 32bit μικροεπεξεργαστής της Intel ήταν το iAPX 432, ο οποίος εισήχθη το 1981 αλλά δεν ήταν μια εμπορική επιτυχία. Παρόλο που είχε μια προηγμένη αντικειμενοστραφή αρχιτεκτονική, η κακή απόδοση της, σε σχέση με άλλες ανταγωνιστικές αρχιτεκτονικές όπως το Motorola 68000, ήταν καταδικαστική. Δούλευε στα 5, 7, και 8 MHz και είχε μέγιστη απόδοση 2000000 εντολές το δευτερόλεπτο. Τον Οκτώβριο του 1985, η Intel παρουσιάζει τον απόγονο του 80286 τον μικροεπεξεργαστή 80386 με συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 16 MHz. Ο συγκεκριμένος επεξεργαστής χρησιμοποιούσε καθαρούς 32bit καταχωρητές και 32bit διαύλους δεδομένων και διευθύνσεων. Δεχόταν μέχρι 4 Gbytes μνήμης, ενώ περιείχε 275000 τρανζίστορ. Τα επιπλέον χαρακτηριστικά του 80386 ήταν η υποστήριξη πολυδιεργασίας (multitasking), το ενσωματωμένο κύκλωμα διαχείρισης και προστασίας της μνήμης (MNU), η υποστήριξη εικονικής μνήμης με δυνατότητα σελιδοποίησης (paging) και ο μεγάλος φυσικός γραμμικός χώρος διευθυνσιοδότησης. Για λόγους συμβατότητας με τους προηγούμενους επεξεργαστές, ο 80386 αναγκάζεται να προσφέρει μια κατάσταση συμβατότητας με τον 8088/8086, ονόματι Real Mode (πραγματική κατάσταση λειτουργίας). Το 1989, εμφανίζεται ο μικροεπεξεργαστής Intel 80486, ο οποίος είχε 1200000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας 50 MHz. Στον 80486, που αποτελεί επίσης απόγονο του 80286, δεν

προστέθηκαν περισσότεροι καταχωρητές, αλλά ορίστηκαν κάποια bits σε ορισμένους καταχωρητές, που δεν είχαν οριστεί στον 80386. Τη δεκαετία του έκαναν την εμφάνισή τους οι μικροεπεξεργαστές Intel Pentium, οι οποίοι αποτελούσαν τη συνέχεια του 80486 ενώ είχαν υπερβαθμωτή (superscalar) αρχιτεκτονική και 32bit δίαυλο δεδομένων. Το 1993 εμφανίζεται ο Intel Pentium της οικογένειας P5, ο οποίος περιείχε 3100000 τρανζίστορ και λειτουργούσε στα 60 και 66 MHz. Το 1995, η Intel παρουσιάζει τον Pentium Pro, τον πρώτο στην οικογένεια των P6. Είχε 5500000 τρανζίστορ και ανήκε στην έκτη γενιά των επεξεργαστών της οικογένειας x86. Ο Pentium Pro είχε διαφορετική αρχιτεκτονική από αυτή του Pentium, ενώ ήταν μόνο κατά 20% ταχύτερος. Δύο χρόνια αργότερα, η Intel εισάγει τον μικροεπεξεργαστή Pentium II, έναν Pentium Pro με τεχνολογία MMX (MMX εντολές) για την υποστήριξη πολυμέσων. Η μικροαρχιτεκτονική του ήταν σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε η εκτέλεση του 32bit κώδικα της αρχιτεκτονικής της Intel να είναι γρήγορη και να μην απαιτεί επιπρόσθετη προσπάθεια του προγραμματιστή. Ο Pentium II είχε 7500000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του βρισκόταν στα 300 MHz. Το 1999, ακολούθησε ο Pentium III με 9500000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 450 MHz (έφτασε και τα 1,13 GHz). Ο συγκεκριμένος μικροεπεξεργαστής ήταν ουσιαστικά ένας Pentium II εφοδιασμένος με SSE (Streaming SIMD Extensions). Οι νέες αυτές επεκτάσεις των SIMD εντολών είχαν ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση της απόδοσης των εφαρμογών σε σχέση με αυτή του Pentium II. Την επόμενη χρονιά, εμφανίστηκε ο Pentium IV. Ο επεξεργαστής αυτός ήταν σχεδιασμένος σύμφωνα με την μικροαρχιτεκτονική NetBurst, η οποία αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί την τεχνολογική καρδιά του Pentium IV και διαφόρων παραλλαγών του. Με την συγκεκριμένη αρχιτεκτονική η Intel άγγιξε την κορυφή των GHz, όχι όμως και της απόδοσης, με την κυκλοφορία του επεξεργαστή Pentium D, που είχε συχνότητα λειτουργίας τα 3,73 GHz. Εκεί ήρθε το τέλος για την NetBurst. Ο Pentium D ήταν και ο τελευταίος μικροεπεξεργαστής της σειράς Pentium, η οποία σταμάτησε να κυκλοφορεί το 2008. Από τις αρχές του 1998 η Intel αντιμετώπιζε δυσκολίες με τον Pentium II, καθώς ήταν πολύ ακριβός. Για αυτό το λόγο, δημιούργησε ένα καινούριο επεξεργαστή, που ονομάστηκε Celeron. Ο Celeron είχε πιο προσιτή τιμή, αλλά δεν μπορούσε να λειτουργήσει σε πολύ υψηλές συχνότητες. Με βάση αυτόν τον επεξεργαστή κατασκευάστηκαν εκδόσεις των Pentium II, Pentium III, Pentium IV και Pentium M. Την ίδια χρονιά με την παρουσίαση του Pentium II Celeron, η Intel παρουσίασε άλλον ένα νέο Pentium

Πεπεξεργαστή που ονομάστηκε Xeon. Έπειτα, ακολούθησαν και άλλες εκδόσεις του επεξεργαστή Xeon.

Η εταιρεία AMD (Advanced Micro Devices) ήταν για καιρό γνωστή ως παροχέας επεξεργαστών χαμηλής απόδοσης για χρήση σε υπολογιστές χαμηλού κόστους. Το 1997, η AMD μπήκε δυναμικά στην αγορά των μικροεπεξεργαστών παρουσιάζοντας τους επεξεργαστές της σειράς K6, οι οποίοι ήταν εφάμιλλοι αυτών της Intel σε τιμή και επιδόσεις. Η RISC86 μικροαρχιτεκτονική προσδιόριζε τα χαρακτηριστικά της οικογένειας K6. Με τον επεξεργαστή K6-III, η AMD πέρασε πρώτη το φράγμα των 600 MHz, διεκδικώντας τον τίτλο του ταχύτερου επεξεργαστή για πρώτη φορά στους προσωπικούς υπολογιστές. Το 1999, η AMD προώθησε την καινούργια οικογένεια μικροεπεξεργαστών, Athlon. Ο Athlon Classic, που αποτελεί τον πρώτο επεξεργαστή της σειράς και μεγάλο ανταγωνιστή των Pentium, εισήγαγε την έβδομη γενιά επεξεργαστών της οικογένειας x86.



Σχήμα 1.2.δ



Σχήμα 1.2.ε: Ο Athlon Classic

Αν και οι πρώτοι 64bit επεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές του 1990, άρχισαν να εφαρμόζονται στους υπολογιστές γραφείου το 2003. Μέχρι το 2003, οι 64bit επεξεργαστές απευθύνονταν αποκλειστικά στην αγορά των ακριβών σταθμών εργασίας και των διακομιστών. Στην ευρεία αγορά, τον Σεπτέμβριο του 2003 πρώτη

η AMD εισήγαγε τον Athlon 64, “την καλύτερη καινοτομία στους επεξεργαστές για το έτος 2003”, όπως χαρακτηρίστηκε. Έπειτα, ακολούθησε η Intel με τον Intel 64. Και οι δύο επεξεργαστές μπορούσαν να τρέξουν την κληρονομιά των 32bit εφαρμογών καθώς επίσης και το νέο λογισμικό 64bit. Ένας 64bit υπολογιστής μπορεί να κάνει μαθηματικές πράξεις με μεγαλύτερους αριθμούς και να είναι πολύ πιο αποτελεσματικός με μικρότερους αριθμούς σε σχέση με έναν 32bit. Για αυτό το λόγο, πολλοί υποστηρίζουν ότι μόνο τα ακαδημαϊκά ιδρύματα και οι ιδιωτικές εταιρίες μπορούν να ωφεληθούν από τις επιδόσεις ενός 64bit επεξεργαστή, καθώς μόνο εκεί απαιτούνται μεγάλοι υπολογισμοί, γρήγορες προσβάσεις σε μεγάλες βάσεις δεδομένων αλλά και επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

Ο Athlon 64 σχεδιάστηκε σύμφωνα με την αρχιτεκτονική AMD64, διαφοροποιήθηκε ωστόσο σε ορισμένα σημεία προκειμένου να μειωθεί το κόστος του. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του Athlon 64 είναι και η τεχνολογία Cool'n'Quiet την οποία ενσωματώνει, με αποτέλεσμα να εξοικονομεί ενέργεια. Το 2005, η AMD ανακοίνωσε τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Opteron για servers και workstations, καθώς και τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Athlon 64 για προσωπικούς υπολογιστές. Στην ουσία, οι διπλοπύρηνι Athlon 64 ήταν δύο Athlon 64 ενωμένοι μεταξύ τους με την αρχιτεκτονική Direct Connect. Τον Φεβρουάριο του 2009, η AMD παρουσίασε τον τετραπύρηνο επεξεργαστή Phenom II με το κωδικό όνομα Deneb. Σύμφωνα με την εταιρία, οι εκπληκτικές ικανότητες του νέου επεξεργαστή όσον αφορά στον υπερχρονισμό, οφείλονται στην ανανεωμένη και αρχιτεκτονικά βελτιωμένη κατασκευή του Phenom II συγκριτικά με την πρώτη έκδοση του επεξεργαστή που κυκλοφόρησε στα τέλη του 2007. Ο νέος αυτός επεξεργαστής αποτελεί ένα από τα τρία βασικά συστατικά της πλατφόρμας Dragon. Οι πιο πρόσφατοι επεξεργαστές της AMD ανακοινώθηκαν τον Ιούλιο. Συγκεκριμένα η εταιρία ενημέρωσε για τη διάθεση πέντε νέων εξαπύρηνων επεξεργαστών Istanbul, με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά στην απόδοση, τα καινούργια μοντέλα δεν καταφέρνουν να φτάσουν τους Xeon E5504 και E5520 της Intel.

Το 2006, η Intel ανακοίνωσε δέκα νέους επεξεργαστές που στηρίζονταν στην τεχνολογία Intel Core 2 Duo και Intel Core 2 Extreme. Οι συγκεκριμένοι επεξεργαστές ήταν ιδανικοί για οικιακούς και επιχειρηματικούς, επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές και για σταθμούς εργασίας. Η νέα αυτή σειρά επεξεργαστών

έθεσε νέα δεδομένα σε θέματα απόδοσης, εμφάνισης και κατανάλωσης των υπολογιστών ενώ παράλληλα, άλλαξε ριζικά τον τρόπο χρήσης τους. Η οικογένεια επεξεργαστών Intel Core 2 Duo στηρίζεται στην μικροαρχιτεκτονική Intel Core, η οποία παρέχει ισχυρή απόδοση με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη χρήση των δυο πυρήνων οι επεξεργαστές Intel Core 2 Duo μπορούν να διαχειριστούν πολλές εργασίες ταχύτερα, καθώς επίσης και να λειτουργήσουν πιο ομαλά όταν τρέχουν πολλαπλές εφαρμογές. Επιπλέον, βελτιώνουν εργασίες όπως η αναπαραγωγή βίντεο υψηλής ευκρίνειας, η προστασία του υπολογιστή και των στοιχείων του και η βελτιωμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας για κομψότερους και ελαφρύτερους φορητούς υπολογιστές. Ο Intel Core 2 Extreme Quad-Core είναι ένας εξαιρετικά γρήγορος τετραπύρηνος επεξεργαστής, η τιμή του οποίου είναι αρκετά υψηλή. Το 2008, κυκλοφόρησε ο Atom, ο μικρότερος σε μέγεθος επεξεργαστής της Intel που υλοποιήθηκε με τα μικρότερα τρανζίστορ του κόσμου. Δημιουργήθηκε ως μία εντελώς νέα σχεδίαση, ειδικά για φθηνές συσκευές, όπως πολύ μικρά notebooks και φορητές συσκευές με πρόσβαση στο Internet. Για τη σχεδίαση του Atom χρησιμοποιήθηκε η μικροαρχιτεκτονική Core, η ίδια δηλαδή τεχνολογία με την οποία η Intel κατασκευάζει τους γνωστούς Core 2 Duo επεξεργαστές για επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές. Την ίδια χρονιά η Intel ανακοίνωσε τη νέα σειρά επεξεργαστών της με το όνομα Core i7. Η νέα αρχιτεκτονική στην οποία βασίζονται οι Core i7 είναι ριζικά διαφορετική από οτιδήποτε έχει επιδείξει η Intel μέχρι σήμερα. Ο Intel Core i7, δεν είναι απλά ένας νέος επεξεργαστής, αλλά μία ολόκληρη νέα πλατφόρμα η οποία επεκτείνεται σε όλα τα μέρη του υπολογιστή. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- η ενσωμάτωση τεσσάρων διακριτών πυρήνων, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει πλήρης έλεγχος σε καθέναν από αυτούς.
- η ενσωμάτωση του ελεγκτή μνήμης εντός του επεξεργαστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πολύ καλύτερη και πιο γρήγορη επικοινωνία επεξεργαστή και μνήμης.
- η υποστήριξη, για πρώτη φορά από την ίδια την Intel, της χρήσης δύο ή περισσότερων καρτών γραφικών στο ίδιο σύστημα.
- Συχνότητες των 2,66 GHz και 2,93 GHz.

Ο Core i7 βελτιώθηκε ακόμα περισσότερο, αφού η Intel είχε προγραμματίσει στα τέλη του 2009 την κυκλοφορία ενός νέου επεξεργαστή, τον 960, ο οποίος θα έχει συχνότητα 3,2 GHz. [6]

1.3 Εισαγωγή στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές

Τα τελευταία χρόνια οι μικροεπεξεργαστές είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία μερικών από τις μεγαλύτερες καινοτομίες στα συστήματα υπολογιστών. Οι καινοτομίες περιλαμβάνουν τους embedded μικροελεγκτές, τις συσκευές χειρός και τις κινητές συσκευές, τους προσωπικούς υπολογιστές, τους σύγχρονους σταθμούς εργασίας, τους υπερυπολογιστές χαμηλού κόστους, εξυπηρετητές εφαρμογών και αρχείων, web servers για το Internet και ευρείας κλίμακας δίκτυα υπολογιστών. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι στη σχετικά σύντομη διάρκεια ζωής του, ο μικροεπεξεργαστής έχει κάνει τεράστιες προόδους και έχει περάσει από πολλά στάδια. Αρχικά, ο σχεδιασμός των μικροεπεξεργαστών είχε στόχο τη δημιουργία απλών συστημάτων αυτόματου ελέγχου και τη χρήση τους σε διάφορες συσκευές. Στη συνέχεια, οι σχεδιαστές μικροεπεξεργαστών ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, γενικού σκοπού. Τα συγκεκριμένα κυκλώματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές με τη βοήθεια συμπληρωματικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που κατασκευάζονταν ειδικά για κάθε εφαρμογή. Στα επόμενα χρόνια, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έδωσε τη δυνατότητα ενσωμάτωσης εκατομμυρίων τρανζίστορ μέσα σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Σε συνδυασμό με τις αυξημένες απαιτήσεις των χρηστών για σύγχρονες εφαρμογές ή για δικτυακές εφαρμογές με μετάδοση εικόνας και video, οι κατασκευαστές οδηγήθηκαν στην ανάπτυξη νέων και ισχυρών μικροεπεξεργαστών. Οι νέοι αυτοί μικροεπεξεργαστές έπρεπε να είναι ακόμα πιο γρήγοροι σε ταχύτητα, να μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις των σύγχρονων εφαρμογών, να έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες επεξεργασίας και μικρότερη κατανάλωση από τους προγενέστερούς τους. Μέσα σε λίγα χρόνια, η απόδοσή των μικροεπεξεργαστών βελτιώθηκε αισθητά, αφού σύμφωνα με τον Νόμο του Μουρ κάθε 18 μήνες ο αριθμός των τρανζίστορ πάνω σε ένα chip διπλασιαζόταν. Τα στοιχεία τα οποία είναι ενδεικτικά της εξέλιξής των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών είναι τα εξής:

- Το μήκος λέξης του μικροεπεξεργαστή μεγάλωσε από τα 16 δυαδικά ψηφία στα 32 και έπειτα στα 64 δυαδικά ψηφία, με αποτέλεσμα οι σύγχρονοι

μικροεπεξεργαστές να υλοποιούν άμεσα και γρήγορα μεγάλους αριθμητικούς υπολογισμούς.

- Αυξήθηκε το πλήθος των θέσεων μνήμης που μπορεί να προσπελάσει ο μικροεπεξεργαστής. Έτσι σήμερα, κυκλοφορούν μικροεπεξεργαστές με διάυλο διευθύνσεων μεγέθους 64 δυαδικών και δυνατότητα διευθυνσιοδότησης πολλών GB θέσεων μνήμης.
- Οι μικροεπεξεργαστές άρχισαν να υποστηρίζουν συστήματα ιεραρχίας μνήμης με κρυφές μνήμες, ενώ πολλοί από αυτούς ενσωμάτωναν κάποια από τα επίπεδα αυτά, συνήθως το πρώτο επίπεδο, στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του μικροεπεξεργαστή.
- Οι ταχύτητες χρονισμού των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μεγάλωσαν, με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας της εκτέλεσης των προγραμμάτων του μικροεπεξεργαστή.
- Η αύξηση στην ταχύτητα εκτέλεσης δεν ήταν αποτέλεσμα μόνο της αύξησης της ταχύτητας χρονισμού. Οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές διαθέτουν στο εσωτερικό τους πολύπλοκα κυκλώματα που διευκολύνουν τις λειτουργίες τους, όπως μονάδες αριθμητικής κινητής υποδιαστολής (FPU) για πράξεις κινητής υποδιαστολής ή μονάδες διαχείρισης της μνήμης (MMU) για τη γρήγορη προσπέλαση σε αυτήν.
- Άλλο ένα χαρακτηριστικό των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών είναι ότι προσπαθούν να παραλληλίσουν την εκτέλεση των εντολών των προγραμμάτων (Instruction Level Parallelism) έτσι ώστε να πετύχουν την πιο γρήγορη εκτέλεσή τους. Για το σκοπό αυτό πολλοί μικροεπεξεργαστές εφαρμόζουν διοχέτευση (pipeline) ή διαθέτουν πολλαπλούς καταχωρητές και αριθμητικές και λογικές μονάδες (multiple execution units) για να μπορούν να εκτελέσουν περισσότερες από μία εντολές ταυτόχρονα.
- Επίσης τα σύνολα εντολών και οι τρόποι διευθυνσιοδότησης έχουν υποστεί πολλές αλλαγές. Οι σύγχρονες εφαρμογές, όπως οι εφαρμογές πολυμέσων,

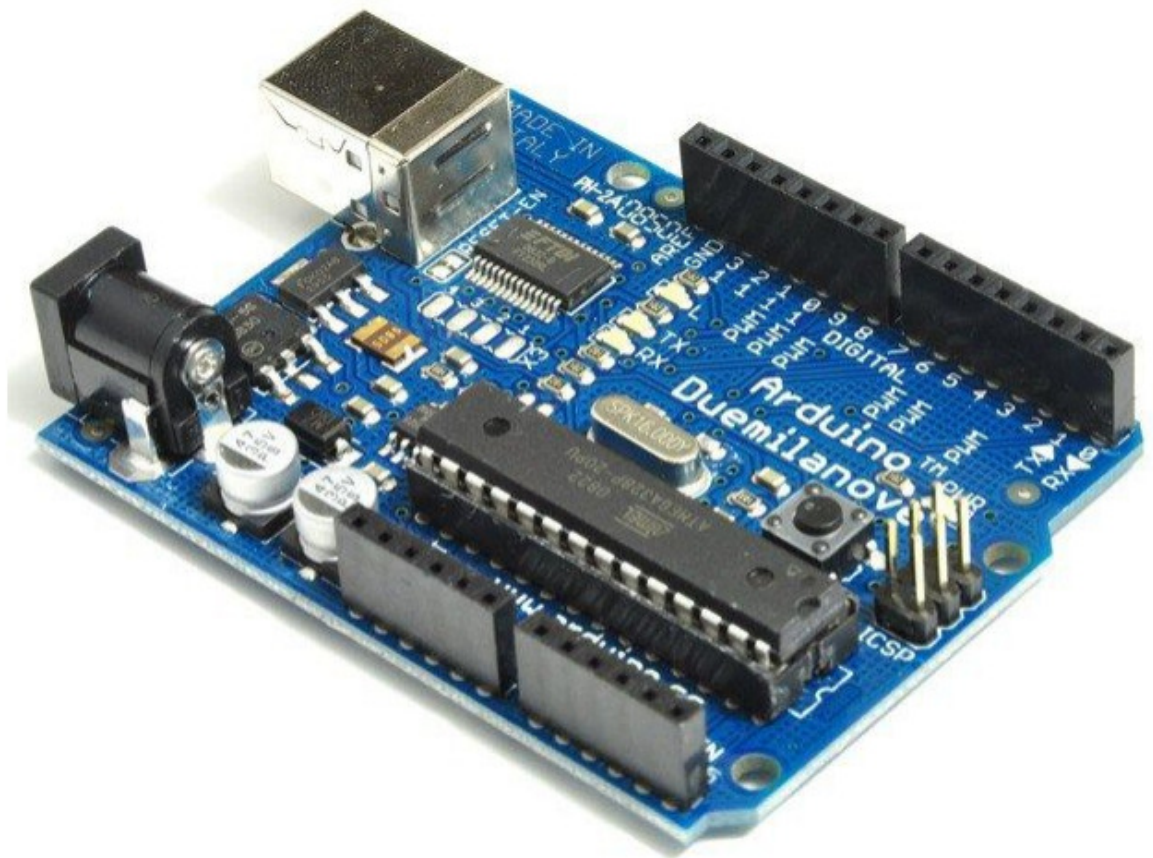
είχαν μεγάλες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, καθώς ασχολούνταν ταυτόχρονα με ήχο, εικόνα και video. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των συνόλων εντολών με εντολές που να μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τη νέα αυτή μορφή πληροφορίας.

Οι μικροεπεξεργαστές συνεχίζουν να εξελίσσονται με αμείωτους ρυθμούς, καθώς οι κατασκευαστές των μικροεπεξεργαστών εργάζονται πυρετωδώς, ώστε να κερδίσουν έδαφος έναντι του μεγάλου ανταγωνισμού που υπάρχει. Η Intel και η AMD, που έχουν κυριαρχήσει στην αγορά, συνεχώς ανακοινώνουν καινούργια προϊόντα με αποτέλεσμα να αναμένουμε την κυκλοφορία εξαπύρηνων και οχταπύρηνων επεξεργαστών. Η συνεχής βελτίωση των επιδόσεων έχει οδηγήσει στην μαζική κυκλοφορία νέων εκδόσεων μικροεπεξεργαστών. Έτσι στα επόμενα χρόνια περιμένουμε να δούμε νέες τεχνολογικές ανακαλύψεις να ενσωματώνονται σε αυτούς και να αποκτούν ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες επεξεργασίας. Ταυτόχρονα η χρήση τους θα επεκτείνεται σε όλο και περισσότερες εφαρμογές, κάνοντας τη ζωή μας πιο εύκολη. [6]

Κεφάλαιο 2

2.1 Εισαγωγή στον arduino

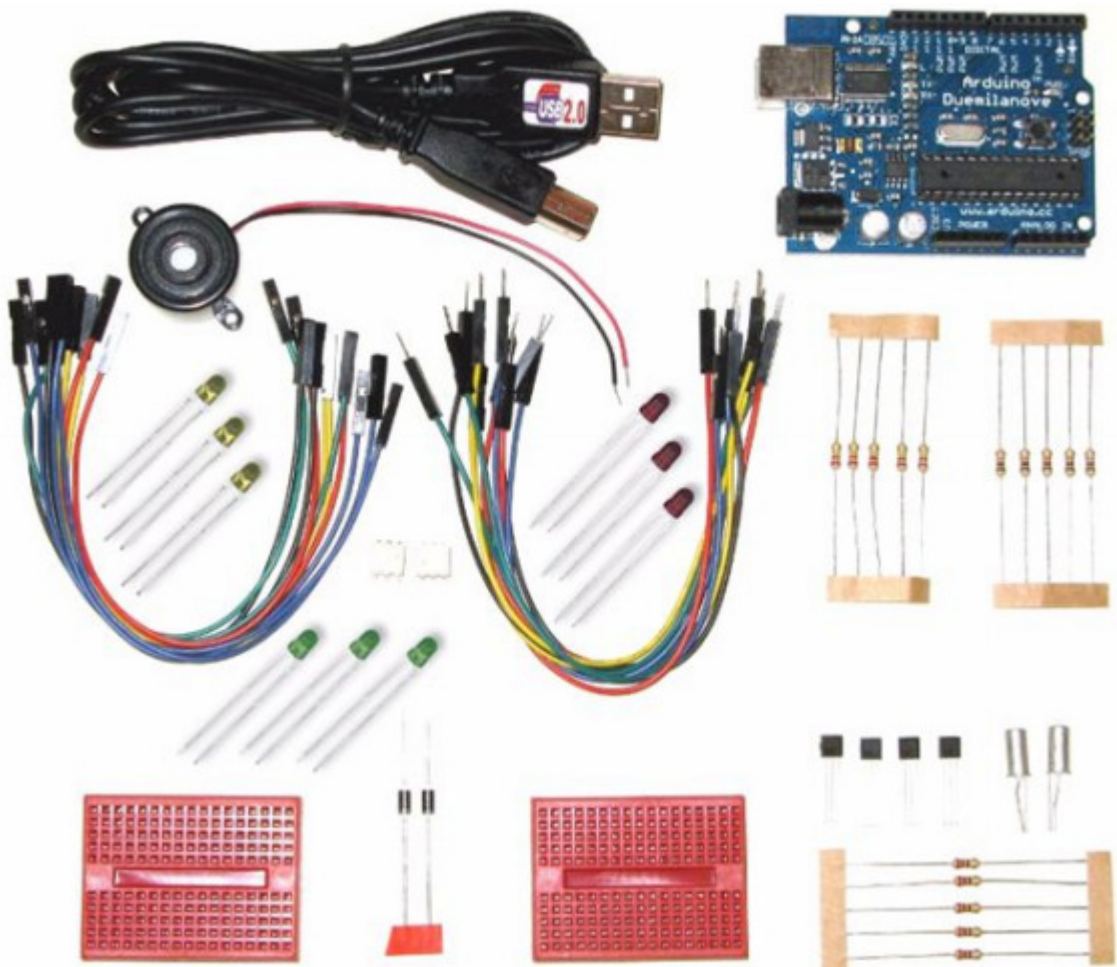
Όπως το περιγράφει ο δημιουργός του, το Arduino είναι μια «ανοικτού κώδικα» πλατφόρμα «πρωτοτυποποίησης» ηλεκτρονικών βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και software που προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα.



Στην ουσία, πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel και του οποίου όλα τα σχέδια, καθώς και το software που χρειάζεται για την λειτουργία του, διανέμονται ελεύθερα και δωρεάν ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί από τον καθένα (απ' όπου και ο περίεργος -για hardware- χαρακτηρισμός «ανοικτού κώδικα»). Αφού κατασκευαστεί, μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον

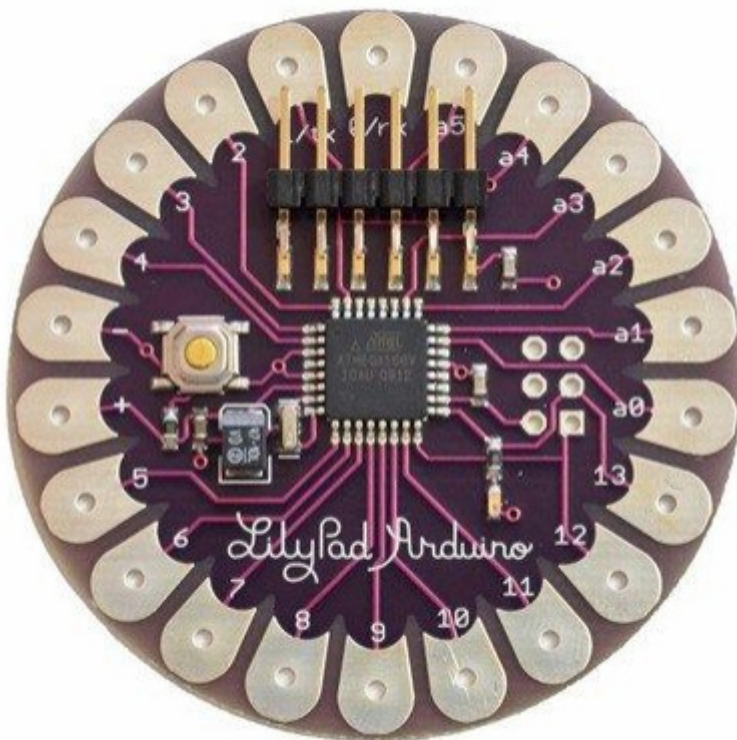
μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να στέλνει κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου. Μάλιστα κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί – και θα ήταν ένας αρκετά πετυχημένος παραλληλισμός – ότι λειτουργικά το Arduino μοιάζει πολύ με το NXT Brick των Lego Mindstorms NXT. Άλλωστε η ρομποτική είναι μια από τις πολλές εφαρμογές στις οποίες το Arduino διαπρέπει.

Το Arduino βέβαια, δεν είναι ούτε ο μοναδικός, ούτε και ο καλύτερος δυνατός τρόπος για την δημιουργία μιας οποιασδήποτε διαδραστικής ηλεκτρονικής συσκευής. Όμως το κύριο πλεονέκτημά του είναι η τεράστια κοινότητα που το υποστηρίζει και η οποία έχει δημιουργήσει, συντηρεί και επεκτείνει μια ανάλογου μεγέθους online γνωσιακή βάση. Έτσι, παρότι ένας έμπειρος ηλεκτρονικός μπορεί να προτιμήσει διαφορετική πλατφόρμα ή εξαρτήματα ανάλογα με την εφαρμογή που έχει στον νου του, το Arduino, με το εκτενές documentation, καταφέρνει να κερδίσει όλους αυτούς των οποίων οι γνώσεις στα ηλεκτρονικά περιορίζονται στα όσα λίγα έμαθαν στο σχολείο.



Ακριβώς επειδή απευθύνεται κυρίως σε αρχάριους των ηλεκτρονικών και επειδή, παρά τις αναλυτικότερες οδηγίες που υπάρχουν, δεν έχουν όλοι τις γνώσεις και τα μέσα να κατασκευάσουν μια ηλεκτρονική πλακέτα, κυκλοφορούν έτοιμες, προκατασκευασμένες πλακέτες Arduino που μπορείτε να προμηθευτείτε. Με λίγα χρήματα παραπάνω μάλιστα, οι περισσότεροι προμηθευτές διαθέτουν Arduino Starter Kit, τα οποία, εκτός από το ίδιο το Arduino, περιέχουν διάφορα άλλα εξαρτήματα και εργαλεία που μπορεί να χρειαστείτε για τις πρώτες σας εφαρμογές (όπως το απαραίτητο καλώδιο USB για την σύνδεση με τον υπολογιστή, ράστερ, καλώδια, LED, διακόπτες, ποτενσιόμετρα, αντιστάσεις, διόδους, τρανζίστορ κ.λπ.).

Μπορείτε να βρείτε μια λίστα με προμηθευτές του Arduino σε όλο τον κόσμο κάνοντας κλικ στον σύνδεσμο Buy στον επίσημο ιστοτόπο του Arduino



Αυτό που μπορεί να σας μπερδέψει ψάχνοντας να αγοράσετε το Arduino σε αυτά τα καταστήματα είναι οι διαφορετικές εκδόσεις στις οποίες κυκλοφορεί, επίσημες και ανεπίσημες. Από τις επίσημες εκδόσεις (Duemilanove, Diecimila, Nano, Mega, Bluetooth, LilyPad, Mini, Mini USB, Pro, Pro Mini, Serial και Serial SS) συνιστάται κυρίως η αγορά του Arduino Duemilanove ή τουλάχιστον των Diecimila ή Mega επειδή διαθέτουν υποδοχή USB και είναι συμβατές με τα shield. Για τους ίδιους λόγους, από τις ανεπίσημες εκδόσεις (Freeduino, Boarduino, Sanguino, Seeduino,

BBB, RBBB κ.α.) συνιστάται μόνο το Freeduino v1.16 και το Seeduino. Δείτε το σχετικό πλαίσιο με τις κυριότερες διαφορές ανάμεσα στις εκδόσεις που προτείνονται εδώ. Εκτός και αν επισημανθεί διαφορετικά, όσα θα αναφερθούν παρακάτω αφορούν την πλέον πρόσφατη βασική έκδοση του Arduino, δηλαδή το Arduino Duemilanove. [7]

2.1.1 Μικροελεγκτής – η καρδιά του Arduino

Το Arduino βασίζεται στον ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz. Ο ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:

- 2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματά σας για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. κατά το runtime. Όπως και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.
- 1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ωμή» εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων (χωρίς datatype) ανά byte από τα προγράμματά σας κατά το runtime. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.

32Kb μνήμης Flash, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των δικών σας προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή σας. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματά σας, λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μια βιβλιοθήκη

που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματός σας σε μεταγλωττισμένη μορφή). [7]

2.2 Η οικογένεια μικροεπεξεργαστών Arduino

Arduino UNO

Arduino Mega 2560

Το **Arduino Mega** είναι η πιο εξελιγμένη έκδοση με τον μικροελεγκτή ATmega1280 και αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος. Οι διαφορές του από το Duemilanove είναι:

- Τετραπλάσια μνήμη (8Kb SRAM, 4Kb EEPROM, 128Kb Flash).
- 40 επιπλέον ψηφιακά pin εισόδου/εξόδου (σύνολο 54)
- 10 επιπλέον pin αναλογικής εισόδου (σύνολο 16)
- Υποστήριξη ψευδοαναλογικής εξόδου PWM σε 8 ακόμα ψηφιακά pin (σύνολο 14 PWM pin)
- Υποστήριξη εξωτερικού interrupt σε 4 ακόμα ψηφιακά pin (σύνολο 6 interrupt)
- 3 επιπλέον σειριακά interface (σύνολο 4) από τα οποία το ένα προωθείται στον ελεγκτή Serial-Over-USB όπως στο Duemilanove για σύνδεση με τον υπολογιστή.

Σημειώστε ότι το Arduino Mega είναι συμβατό με τα περισσότερα shield που έχουν κυκλοφορήσει για το Arduino αλλά όχι με το Ethernet Shield, το οποίο είναι ένα αρκετά σημαντικό μειονέκτημα για όσους θέλουν να φτιάξουν εφαρμογές με πρόσβαση στο internet ή σε κάποιο άλλο δίκτυο.

Από τις ανεπίσημες εκδόσεις, το Freeduino 1.16 και το Seeeduino βασίζονται στο Diecimila οπότε ισχύουν οι ίδιες διαφορές που έχει αυτό με το Duemilanove. Το

Freeduino είναι ακριβής κλώνος του Diecimila, ενώ το Seeeduino είναι μια βελτιωμένη έκδοση του Diecimila με κύρια διαφορά την προσθήκη 2 επιπλέον pin αναλογικής εισόδου. [7]

Arduino LilyPad

Arduino Mega ADK

Arduino Fio








2.3 Περιβάλλον ανάπτυξης Arduino

Το περιβάλλον ανάπτυξης Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία πολυπλατφορμική εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασίζεται στο περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Processing (<http://processing.org/>).



Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino

Βασικές λειτουργίες του IDE:

	Έλεγχος του κώδικα για λάθη.
	Τερματισμός της σειριακής κονσόλας.
	Δημιουργία νέου έργου (sketch).
	Παρουσίαση μενού με όλα τα αποθηκευμένα έργα. Πατώντας σε ένα από αυτά ανοίγει για επεξεργασία.
	Αποθήκευση του έργου.
	Μεταγλώττιση του κώδικα και ανέβασμα του στο Arduino.
	Εμφάνιση της σειριακής κονσόλας. Αποστολή και λήψη δεδομένων που στάλθηκαν μέσω της σειριακής θύρας.

Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino Βασικές λειτουργίες του IDE:

Ρυθμίσεις του περιβάλλοντος ανάπτυξης

Η βασικές ρυθμίσεις που πρέπει να κάνουμε από την στιγμή που ενώσουμε το Arduino στο σύστημα μας είναι:

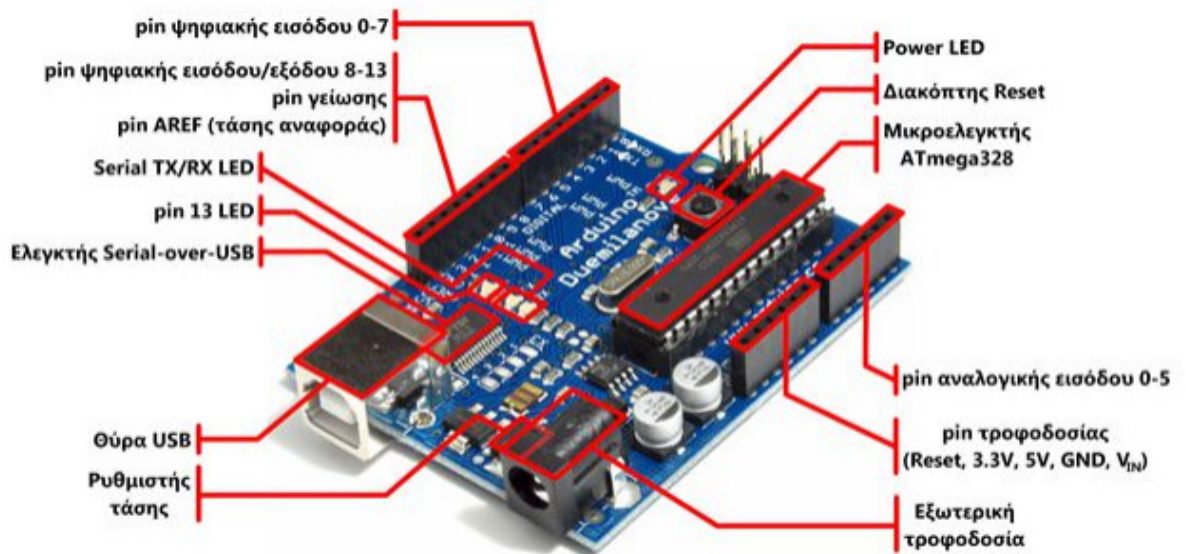
1. Επιλογή πλακέτας. Από το μενού Tools -> Board επιλέγουμε την πλακέτα που έχουμε. Στο συγκεκριμένο οδηγό θα χρησιμοποιήσουμε το Arduino Diecimila, οπότε επιλέγουμε το “Arduino Diecimila, Duemilanove or Nano w/ Atmega168”.
2. Επιλογή σειριακής θύρας. Από το μενού Tools -> Serial Port επιλέγουμε την σειριακή θύρα ή θύρα USB που έχουμε συνδεδεμένο το Arduino (πχ. /dev/ttyUSB0 σε ΛΣ Linux).

Ρυθμίσεις που αφορούν το μέγεθος του κειμένου, τον φάκελλο αποθήκευσης, χρήση εξωτερικού κειμενογράφου βρίσκονται στη καρτέλα Preferences (File -> Preferences). Για περισσότερες ρυθμίσεις μπορούμε να κάνουμε αλλαγές το αρχείο preferences.txt (βρίσκεται στον φάκελο του χρήστη ~/.arduino/preferences.txt στο ΛΣ Linux). [7][8]

2.3.1 Είσοδοι – Έξοδοι

Καταρχήν το Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-overUSB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία

του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.



Επιπλέον, στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το πολύ 40mA.

Ως ψηφιακή έξοδος, ένα από αυτά τα pin μπορεί να τεθεί από το πρόγραμμά σας σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε λόγω χάρη να ανάψετε και να σβήσετε ένα LED που έχετε συνδέσει στο συγκεκριμένο pin. Αν πάλι ρυθμίσετε ένα από αυτά τα pin ως ψηφιακή είσοδο μέσα από το πρόγραμμά σας, μπορείτε με την κατάλληλη εντολή να διαβάσετε την κατάστασή του (HIGH ή LOW) ανάλογα με το αν η εξωτερική συσκευή που έχετε συνδέσει σε αυτό το pin διοχετεύει ή όχι ρεύμα στο pin (με αυτόν τον τρόπο λόγω χάρη μπορείτε να «διαβάζετε» την κατάσταση ενός διακόπτη).

Μερικά από αυτά τα 14 pin, εκτός από ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία. Συγκεκριμένα:

- Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμά σας ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Έτσι, όταν λόγω χάρη το πρόγραμμά σας στέλνει δεδομένα στην σειριακή, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB αλλά και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή (π.χ. ένα δεύτερο Arduino στο δικό του pin

1). Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμά σας ενεργοποιήσετε το σειριακό interface, χάνετε 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους.

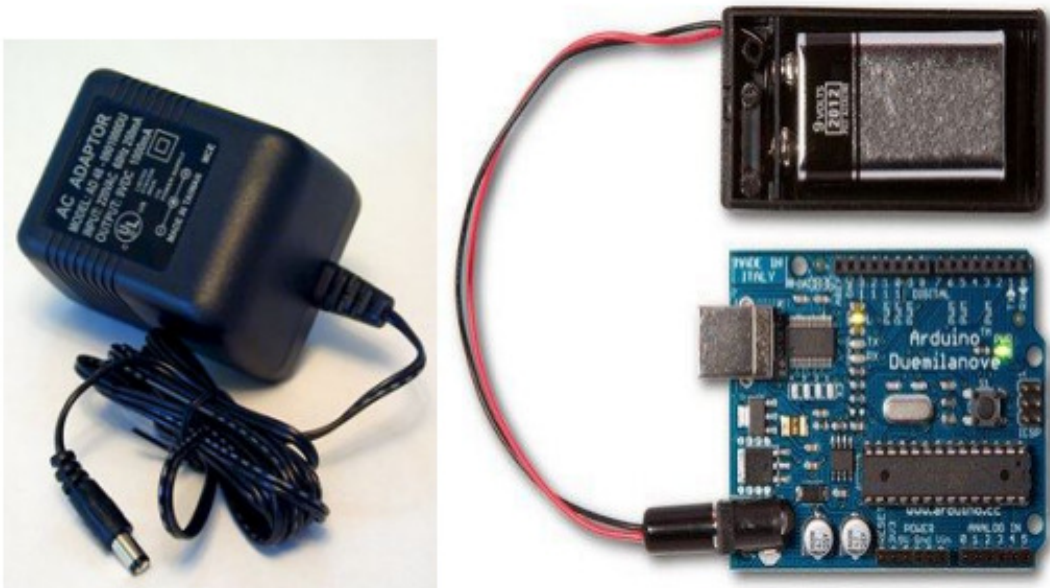
- Τα pin 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Με άλλα λόγια, μπορείτε να τα ρυθμίσετε μέσα από το πρόγραμμά σας ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει *άμεσα* και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
- Τα pin 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Έτσι, μπορείτε να συνδέσετε λόγω χάρη ένα LED σε κάποιο από αυτά τα pin και να ελέγξετε πλήρως την φωτεινότητά του με ανάλυση 8bit (256 καταστάσεις από 0-σβηστό ως 255-πλήρως αναμμένο) αντί να έχετε απλά την δυνατότητα αναμμένο-σβηστό που παρέχουν οι υπόλοιπες ψηφιακές έξοδοι. Είναι σημαντικό να καταλάβετε ότι το PWM δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα και ότι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα δίνει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα δίνει ένα παλμό που θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσους χρόνους μεταξύ των τιμών 0 και 5V.

Στην κάτω πλευρά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN, θα βρείτε μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Για παράδειγμα, μπορείτε να τροφοδοτήσετε ένα από αυτά με μια τάση την οποία μπορείτε να κυμάνετε με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μια τάση αναφοράς V_{ref} η οποία, αν δεν κάνετε κάποια αλλαγή είναι προρυθμισμένη στα 5V. Τότε, μέσα από το πρόγραμμά σας μπορείτε να «διαβάσετε» την τιμή του pin ως ένα ακέραιο αριθμό ανάλυσης 10-bit, από 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V). Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μια εντολή στο 1.1V, ή σε όποια τάση επιθυμείτε (μεταξύ 2 και 5V) τροφοδοτώντας εξωτερικά με αυτή την τάση το pin με την σήμανση AREF που

βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, αν τροφοδοτήσετε το pin AREF με 3.3V και στην συνέχεια δοκιμάσετε να διαβάσετε κάποιο pin αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζετε τάση 1.65V, το Arduino θα σας επιστρέψει την τιμή 512. Τέλος, καθένα από τα 6 αυτά pin, με κατάλληλη εντολή μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό pin εισόδου/εξόδου όπως τα 14 που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά και τα οποία περιγράφηκαν πριν. Σε αυτή την περίπτωση τα pin μετονομάζονται από 0~5 σε 14~19 αντίστοιχα.

2.3.1 Τροφοδοσία

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φισ των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτω-αριστερή γωνία του Arduino.



Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC.

Δίπλα από τα pin αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής:

- Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (σε οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο Arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του Arduino.
- Το δεύτερο, με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.
- Το τρίτο, με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «φέρει» στα 5V.
- Το τέταρτο και το πέμπτο pin, με την ένδειξη GND, είναι φυσικά γειώσεις.
- Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, στην περίπτωση που δεν σας βολεύει να χρησιμοποιήσετε την υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως έχετε ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτό το pin για να τροφοδοτήσετε εξαρτήματα με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V. [7][8]

2.3.2 Ενσωματωμένα κουμπιά και LED

Πάνω στην πλακέτα του Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης.

Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και του ενός LED με την σήμανση POWER είναι μάλλον προφανής.

Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει

(αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB. Σημειώστε ότι τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1.

Τέλος, υπάρχει το LED με την σήμανση L. Η βασική δοκιμή λειτουργίας του Arduino είναι να του αναθέσετε να αναβοσβήνει ένα LED (θα το δείτε αυτό στην συνέχεια όταν θα φτιάξετε την πρώτη εφαρμογή σας). Για να μπορείτε να το κάνετε αυτό από την πρώτη στιγμή, χωρίς να συνδέσετε τίποτα πάνω στο Arduino, οι κατασκευαστές του σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα, το οποίο σύνδεσαν στο ψηφιακό pin 13. Έτσι, ακόμα και αν δεν έχετε συνδέσει τίποτα πάνω στο φυσικό pin 13, αναθέτοντάς του την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμά σας, θα ανάψει αυτό το ενσωματωμένο LED.

3.1. Αισθητήρες

Με τον όρο αισθητήρες περιγράφονται όλες εκείνες οι συσκευές που μετρούν μια φυσική ποσότητα και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό -συνήθως- σήμα. Στη βιβλιογραφία εμφανίζονται πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των αισθητήρων, τρεις από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια. Ο πρώτος αφορά το τι μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας με πιο σημαντική διάκριση αυτή μεταξύ των φυσικών και χημικών αισθητήρων. Οι φυσικοί αισθητήρες ελέγχουν φυσικά μεγέθη όπως θέση, μάζα, ρεύμα, χρόνο και σχετικά τους μεγέθη ενώ οι χημικοί ελέγχουν την παρουσία διαφορετικών αερίων σε συγκεκριμένη ατμόσφαιρα.

Η δεύτερος τρόπος σχετίζεται με τα υλικά στις φυσικές ιδιότητες των οποίων βασίζεται η λειτουργία του αισθητήρα, με κύριες κατηγορίες τους αισθητήρες με αγωγή, ημιαγωγή, διηλεκτρικά, μαγνητικά και υπεραγωγή υλικά. Τέλος η τρίτος τρόπος κατηγοριοποίησης αναφέρεται στη χρήση του αισθητήρα με σημαντικότερες κατηγορίες τους βιομηχανικούς, τους ιατρικούς, στρατιωτικούς, περιβαλλοντικούς αισθητήρες καθώς και τους αισθητήρες μεταφοράς και αυτοματισμού. [7][8]

3.1.1 Χαρακτηριστικά των αισθητήρων

Αυτές οι διατάξεις που περιγράφηκαν αποτελούν τις πιο ευρέως διαδεδομένες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της μετατόπισης. Το φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η λειτουργία κάθε αισθητήρα καθορίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που εμφανίζει αυτός απέναντι στις υπόλοιπες αισθητήριες διατάξεις. Για την επιλογή του κατάλληλου οργάνου για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, σημασία έχει η γνώση των χαρακτηριστικών του αισθητήρα που αποτυπώνουν την απόδοση και την συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τα σημαντικότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά για τα γεωτεχνικά όργανα περιγράφονται στη συνέχεια.

Συμβατότητα

Εύρος λειτουργίας

Αβεβαιότητα

Ακρίβεια

Επαναληψιμότητα

Διακριτότητα

Εναισθησία

Υστέρηση

Θόρυβος

Διαστάσεις

Γραμμικότητα

Η συμβατότητα είναι ένα μέγεθος που περιγράφει κατά πόσον η εγκατάσταση του οργάνου θα επηρεάσει την τιμή της παραμέτρου που πρόκειται να μετρήσει. Ιδανικό από άποψη συμβατότητας θεωρείται ένα όργανο που δεν την επηρεάζει καθόλου. Το

εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα ορίζεται από τα όρια, εντός των οποίων μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα. Συνήθως, εκφράζεται με την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρήσει. Επιπλέον, ως εύρος λειτουργίας αναφέρεται το θερμοκρασιακό εύρος, το εύρος τιμών πίεσης ή το εύρος τιμών υγρασίας, εννοώντας την περιοχή τιμών θερμοκρασίας, πίεσης ή υγρασίας αντίστοιχα, στην οποία είναι δυνατή η χρήση του αισθητήρα.

Η ακρίβεια ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να περιέχεται στην ένδειξή του. Στην πράξη όλες οι συσκευές παράγουν σφάλμα στις μετρήσεις τους και το ζητούμενο είναι αυτό το σφάλμα να είναι το μικρότερο δυνατό. Επαναληψιμότητα ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο μια συσκευή παρέχει το ίδιο αποτέλεσμα τροφοδοτούμενος με την ίδια είσοδο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η διακριτότητα ή διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μικρότερο διάστημα που μπορεί να μετρηθεί από αυτόν. Όσο μεγαλύτερη διακριτότητα διαθέτει μία αισθητήρια διάταξη, τόσο μικρότερο βήμα μετράει.

Η ευαισθησία ενός οργάνου είναι η ελάχιστη μεταβολή της εισόδου του που είναι σε θέση να δώσει μεταβολή στην έξοδό του.

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο ενός αισθητήρα όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Έτσι παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής.

Θόρυβος δημιουργείται κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης από εξωτερικούς παράγοντες, όπως γειννίαση με πηγές τάσης υψηλής συχνότητας, πηγές εκπομπής ήχου κ.α.. Η βάση λειτουργίας κάθε αισθητήρα καθορίζει κατά πόσον επηρεάζεται η ακρίβειά του και η διακριτότητά του λόγω θορύβου.

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα αναφέρονται στο μέγεθός του.

Γραμμικότητα ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μια ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός για μια περιοχή τιμών.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται δεν μπορούν συνήθως να συνδυάσουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε ικανοποιητικά επίπεδα για το χρήστη. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να διαθέτει μεγάλη ακρίβεια και ευαισθησία, αλλά να έχει υψηλό κόστος. Για αυτό το λόγο προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η κατασκευή ενός μαγνητικού αισθητήρα μετατόπισης, που βασίζεται στη μαγνητοσυστολική γραμμή καθυστέρησης και τις ιδιότητες που έχει. Ένας τέτοιος αισθητήρας επιδεικνύει ικανοποιητικές επιδόσεις στα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν και μάλιστα δεν έχει υψηλό κόστος λόγω των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή του. [7][8]

3.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας

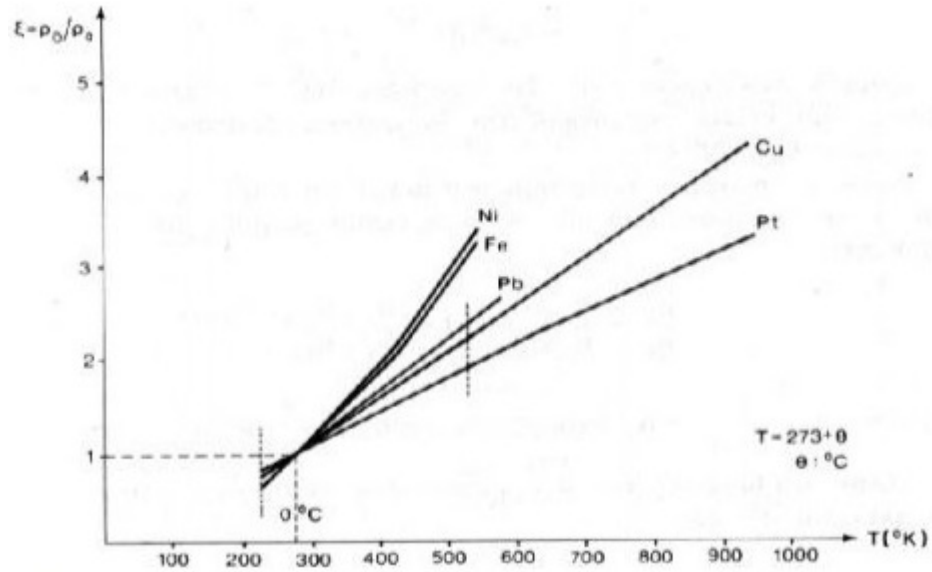
Επίδραση της θερμοκρασίας

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, η ελεύθερη μέση διαδρομή μειώνεται, η ευκινησία των ηλεκτρονίων μειώνεται και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται (Σχήμα 3.2.α), σύμφωνα με τη σχέση:

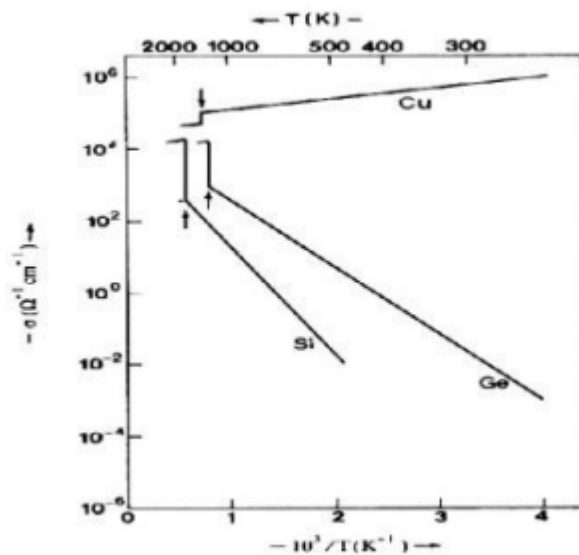
$$\rho = \rho_{20^{\circ}\text{C}} (1 + a \Delta T) \quad (1)$$

όπου $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση στους 20°C , ΔT η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας που ζητείται η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και της θερμοκρασίας των 20°C και a ο θερμικός συντελεστής διαστολής.

Σε ορισμένα μέταλλα, όπως το βηρύλιο, ο χαλκός (Σχήμα 2) και το αλουμίνιο,



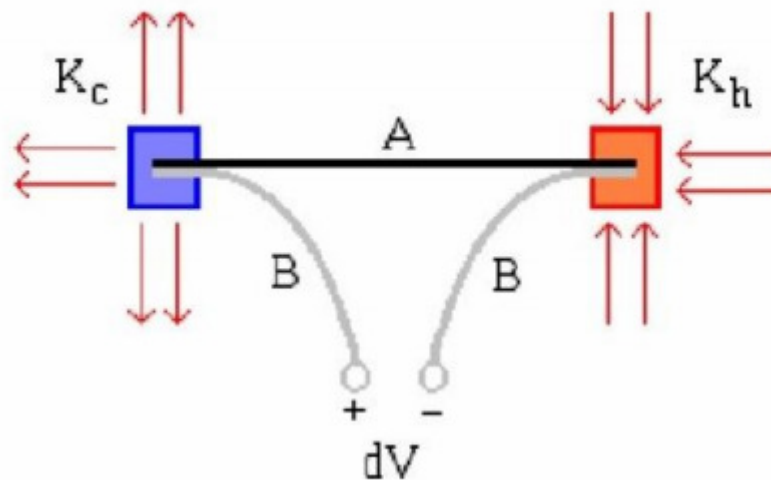
όταν βρίσκονται σε πολύ καθαρή κατάσταση, η αγωγιμότητα αυξάνει με ιδιαίτερα έντονο Σχήμα 1. Η ειδική αντίσταση συναρτήσκει της θερμοκρασίας διαφόρων μετάλλων. ρυθμό με τη μείωση της θερμοκρασίας (κρυοαγωγοί). Κάποια άλλα σε ακόμη χαμηλότερες θερμοκρασίες έχουν την ιδιότητα να αποκτούν απεριόριστη αγωγιμότητα (υπεραγωγοί). Τέτοια μέταλλα ή διμεταλλικές ενώσεις είναι ο μόλυβδος, το νιόβιο και κράματά του όπως το Nb3Sn. Στους ημιαγωγούς, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αγωγιμότητας.[10]



3.2.2 Το Φαινόμενο Seebeck

Ένα άλλο φαινόμενο πάνω στο οποίο μπορεί να βασιστεί η κατασκευή ενός αισθητήρα μετατόπισης - και όχι μόνο - είναι το φαινόμενο Seebeck. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έκανε ο Thomas J. Seebeck το 1821, στα άκρα ενός ανοικτού κυκλώματος από ζεύγος δύο ανόμοιων μετάλλων A και B, των οποίων τα σημεία σύνδεσης διατηρούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό δυναμικό. Στο Σχήμα 3 φαίνεται μια σχηματική αναπαράσταση του φαινομένου. Η διαφορά δυναμικού που παράγεται είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασιών $K_h - K_c$ στα προαναφερόμενα σημεία σύνδεσης και δεν εξαρτάται καθόλου από την κατανομή θερμοκρασίας κατά μήκος της σύνδεσης μεταξύ των μετάλλων. Αυτό φαίνεται και στη σχέση (2).

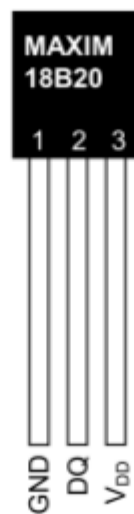
$$dV = SAB (K_h - K_c) \quad (2)$$



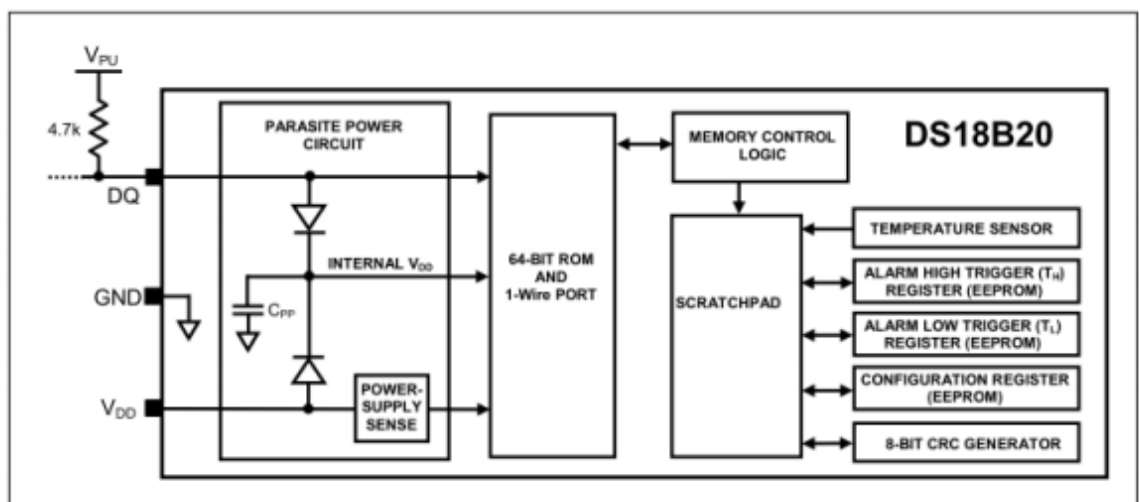
Ο συντελεστής SAB ονομάζεται σχετικός συντελεστής Seebeck, θερμοηλεκτρική ισχύς ή απλά θερμοϊσχύς του ζεύγους μετάλλων. Ο συντελεστής Seebeck μεταβάλλεται με την θερμοκρασία στην οποία λαμβάνει χώρα το φαινόμενο. Αν το κύκλωμα είναι κλειστό, τα μέταλλα διαρρέονται από ρεύμα που μπορεί να ανιχνευθεί από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται γύρω από το σύρμα, από τη θέρμανση του σύρματος λόγω αντίστασης ή με ένα γαλβανόμετρο ή αμπερόμετρο τοποθετημένο στο κύκλωμα.[10]

3.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ DS18B20

Το DS18B20 είναι ένας αισθητήρας θερμοκρασίας[11] που παρέχει 9-bit έως 12-bit μετρήσεις στην κλίμακα Κελσίου και επικοινωνεί μέσω του 1-Wire διαύλου, ο οποίος εξ' ορισμού απαιτεί μόνο μια γραμμή, με ένα κεντρικό μικροελεγκτή. Έχει εύρος τιμών από τους - 55 έως +125 °C και ακρίβεια ± 0.5 °C όταν βρίσκεται ανάμεσα στους -10 έως +85 °C. Μπορεί, επιπλέον, να λειτουργήσει παρασιτικά στο κύκλωμα, τροφοδοτούμενο από την γραμμή δεδομένων, με αποτέλεσμα να μην χρειαστεί εξωτερική τροφοδοσία.



Pin layout του DS18B20



Block diagram του DS18B20

Η κύρια λειτουργία του DS18B20 είναι ο ψηφιακός αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας. Η ανάλυση του ρυθμίζεται από τον χρήστη σε 9, 10, 11, 12 bit και βήμα που αντιστοιχεί σε μεταβολές 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, 0.0625°C. Η προκαθορισμένη ανάλυση είναι 12 bit. Όταν τροφοδοτηθεί ο αισθητήρας, βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής. Για να ξεκινήσει μια μέτρηση θερμοκρασίας και να γίνει η μετατροπή της σε ψηφιακή τιμή, χρειάζεται να του σταλθεί το 44h (44 HEX) το οποίο είναι η Convert T εντολή. Μετά την μετατροπή, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε έναν καταχωρητή 2 byte και το DS18B20 επιστρέφει στην κατάσταση αναμονής.

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴

S = SIGN

Καταχωρητής θερμοκρασίας

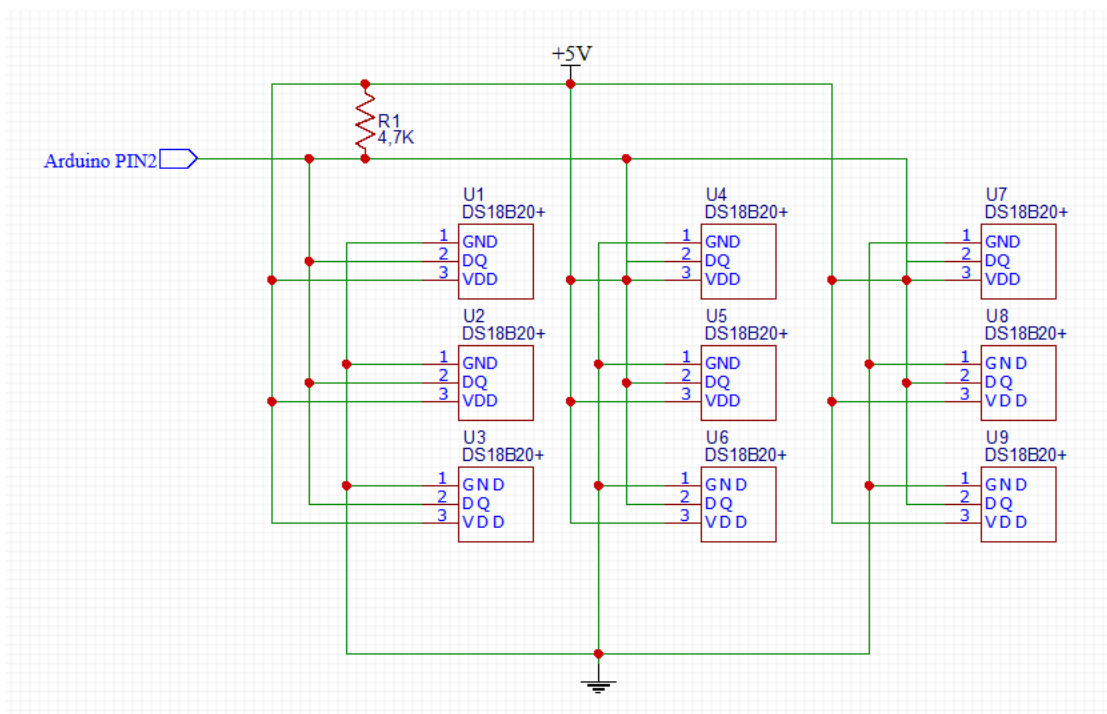
Τα sign bits (S) υποδηλώνουν αν η θερμοκρασία είναι θετική ή αρνητική. Για θετικούς αριθμούς S=0 και για αρνητικούς S=1. Εάν το DS18B20 έχει ρυθμιστεί για 12 bit ανάλυση τότε όλα τα bit στον καταχωρητή θερμοκρασίας θα περιέχουν έγκυρα δεδομένα. Για 11 bit ανάλυση το bit 0 μένει απροσδιόριστο. Για 10 bit ανάλυση, τα bit 0 και 1 είναι απροσδιόριστα και για 9 bit ανάλυση απροσδιόριστα θα μείνουν τα bit 0, 1 και 2. Η μνήμη του DS18B20 είναι οργανωμένη όπως στην εικόνα. Αποτελείται από ένα SRAM sketchpad (Static Ram) με μη πτητική (nonvolatile) EEPROM μνήμη, η οποία περιέχει τους TH και TL καταχωρητές που λειτουργούν σαν καταχωρητές γενικού σκοπού στην περίπτωση μας, όπως και τον καταχωρητή ρύθμισης (configuration register). Τα byte 0 και 1 περιέχουν το LSB και το MSB του καταχωρητή θερμοκρασίας και είναι για ανάγνωση μόνο. Τα byte 2 και 3 παρέχουν πρόσβαση στους TH και TL καταχωρητές. Το byte 4 περιέχει τα δεδομένα του configuration register. Τα bytes 5,6 και 7 είναι για εσωτερική χρήση και δεν μπορούν να αντικατασταθούν. Τέλος το byte 8 είναι μόνο για ανάγνωση και περιέχει τον CRC κωδικό, έναν κωδικό που δίνει μοναδική ταυτότητα στην συγκεκριμένη συσκευή που

χρησιμοποιείται, μια λειτουργία που εμείς δεν θα χρησιμοποιήσουμε και δεν θα αναλύσουμε.[11]

Κεφάλαιο 4

4.1 Hardware - Υλισμικό κατασκευής

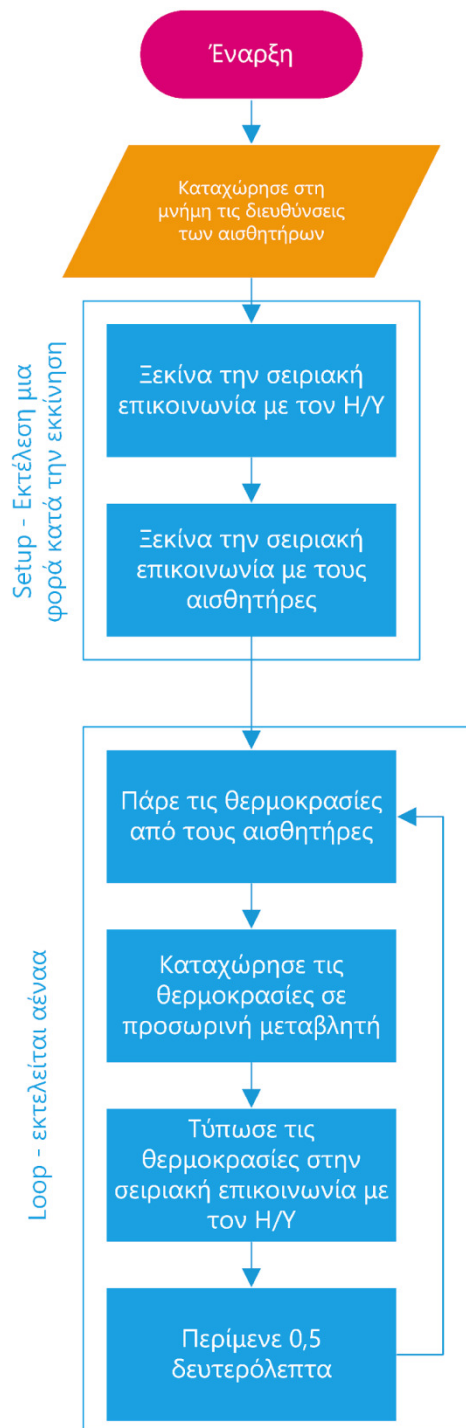
Το υλισμικό της κατασκευής αποτελείται από έναν μικροελεγκτή (μΕ) Arduino και εννέα (9) ψηφιακούς αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου DS18B20 (φύλλο δεδομένων αισθητήρα <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>). Οι αισθητήρες κάνουν χρήση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας 1-Wire. Το πρωτόκολλο αυτό τους καθιστά ιδανικούς για τέτοιου είδους κατασκευές καθότι χρειάζεται μόνο ένα καλώδιο επικοινωνίας με τον μΕ από τον κάθε αισθητήρα. Έτσι, όλα τα καλώδια επικοινωνίας δεδομένων καθώς και τροφοδοσίας είναι συνδεδεμένα παράλληλα και υπάρχουν μόνο τρεις γραμμές επικοινωνίας στην κατασκευή όπως φαίνεται και από το ηλεκτρολογικό σχέδιο παρακάτω. Στο ηλεκτρολογικό σχέδιο φαίνεται και η αντίσταση R1, η οποία λειτουργεί σαν PullUp αντίσταση στην γραμμή μεταφοράς δεδομένων όπως περιγράφεται και στο φύλλο δεδομένων του αισθητήρα.



Για την κατασκευή της μακέτας, έγινε χρήση ενός breadboard όπου συνδέει τα καλώδια από τους αισθητήρες, εκτός του αισθητήρα με αριθμό 9, ο οποίος είναι στο κέντρο της κατασκευής. Τέλος η όλη κατασκευή έγινε με μακετόχαρτο που είναι εύκολο στην κατεργασία.

4.2 Software - Λογισμικό

Το λογισμικό είναι χωρισμένο σε δύο μέρη. Το πρώτο είναι αυτό που υπάρχει μέσα στον μE Arduino. Το λογισμικό που περιέχεται στον μE, λειτουργεί σαν διεπαφή των αισθητήρων με τον Η/Υ. Είναι γραμμένο σε γλώσσα C-Wiring με τη βοήθεια του λογισμικού (IDE) που παρέχει δωρεάν το Arduino (έκδοση 1.8.7). Συλλέγει τα δεδομένα θερμοκρασίας από κάθε αισθητήρα, δημιουργεί μια μεταβλητή και τα δίνει προς την θύρα επικοινωνίας. Μέσα στο λογισμικό γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης για την επικοινωνία με τους αισθητήρες (OneWire Library) και του DallasTemperature που αποκωδικοποιεί τα δεδομένα των αισθητήρων και τα μετατρέπει σε θερμοκρασίες. Οι αισθητήρες, λόγω του ότι βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία, διαχωρίζονται ανάλογα με την διεύθυνσή τους (μεταβλητή «SensAddr» στον κώδικα).

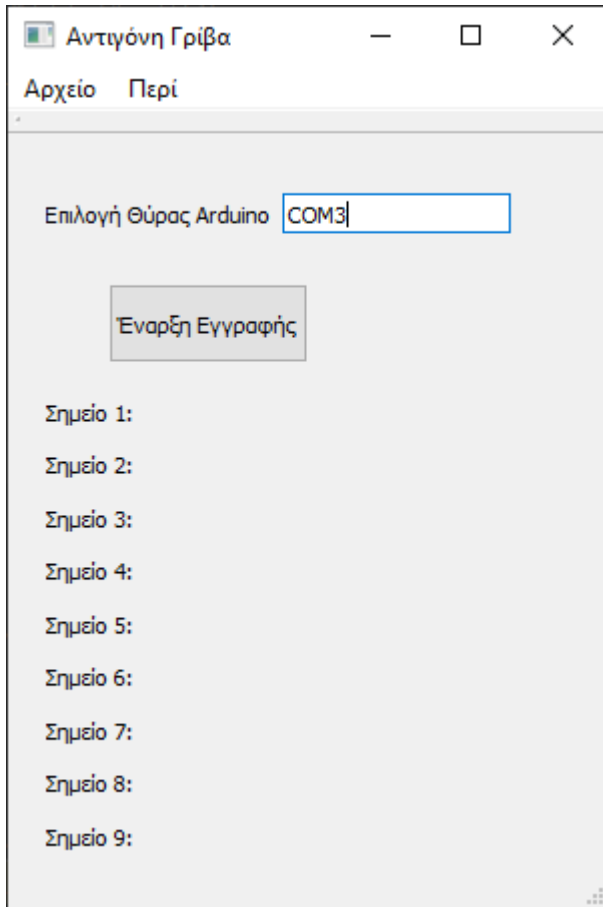


Διάγραμμα ροής κώδικα Arduino

Το δεύτερο μέρος λογισμικού είναι αυτό που βρίσκεται στον Η/Υ. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε με την γλώσσα προγραμματισμού Python. Ο λόγος είναι, ότι μπορεί να μεταφερθεί σε οποιαδήποτε συσκευή που μπορεί να υποστηρίξει Python, ανεξαρτήτου λειτουργικού συστήματος ή τεχνολογίας επεξεργαστή (π.χ. ακόμα και στο Raspberry Pi). Η ανάπτυξη του λογισμικού στον Η/Υ έγινε με το PyCharm και την έκδοση 3 της Python. Για το γραφικό περιβάλλον χρησιμοποιήθηκε η έκδοση για

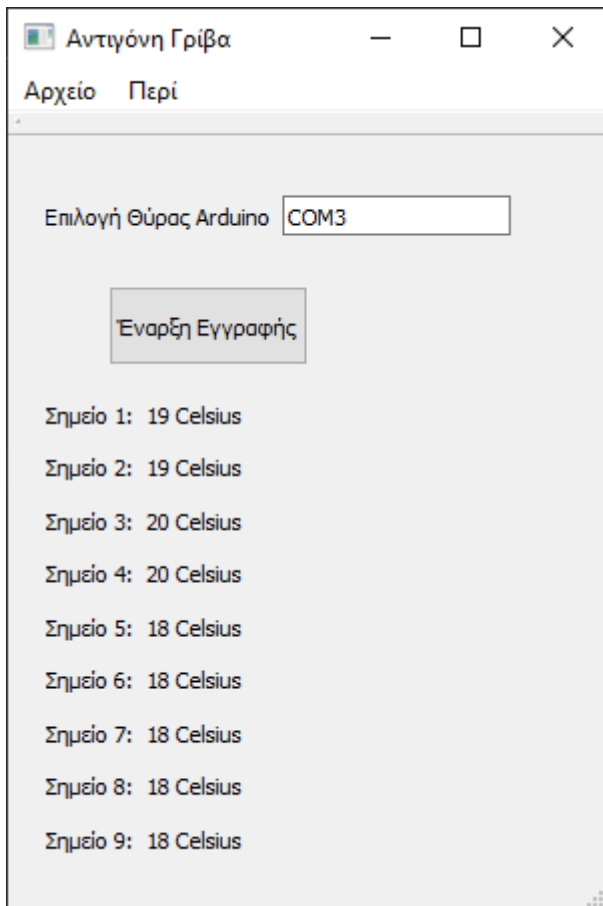
Python του QT με όνομα PySide2. Για την γραφική παράσταση των δεδομένων έγινε χρήση της βιβλιοθήκης matplotlib.

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος η παρακάτω διεπαφή εμφανίζεται:

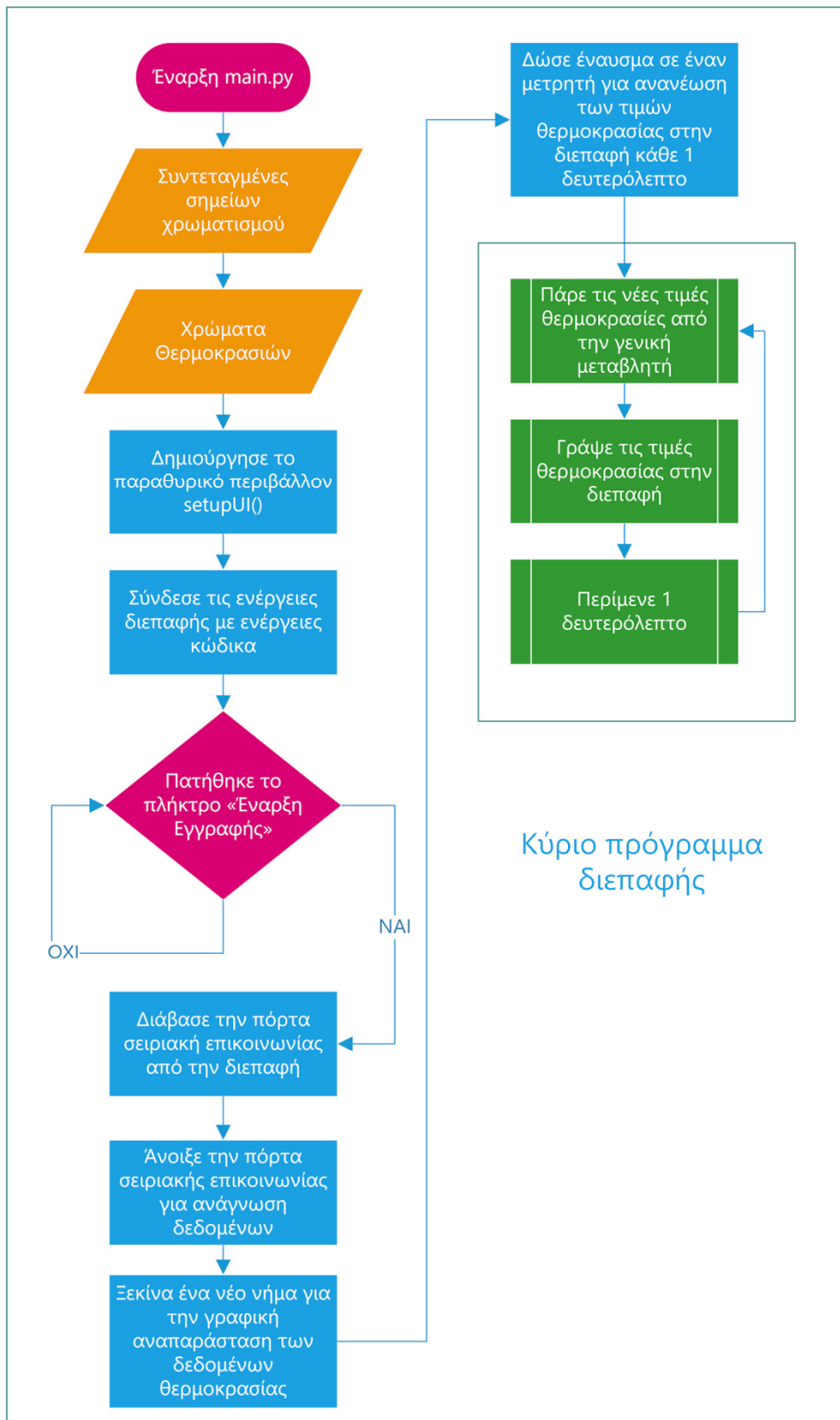


Στο επάνω μέρος της διεπαφής, γίνεται επιλογή της θύρας σειριακών δεδομένων του Arduino. Καθότι το πρόγραμμα μπορεί να εκτελεστεί σε διάφορα λειτουργικά συστήματα, η θύρα μπορεί να πληκτρολογηθεί από τον χρήστη (π.χ. στο Linux αντί για COM3 μπορεί να βρίσκεται στο /dev/tty/USB3).

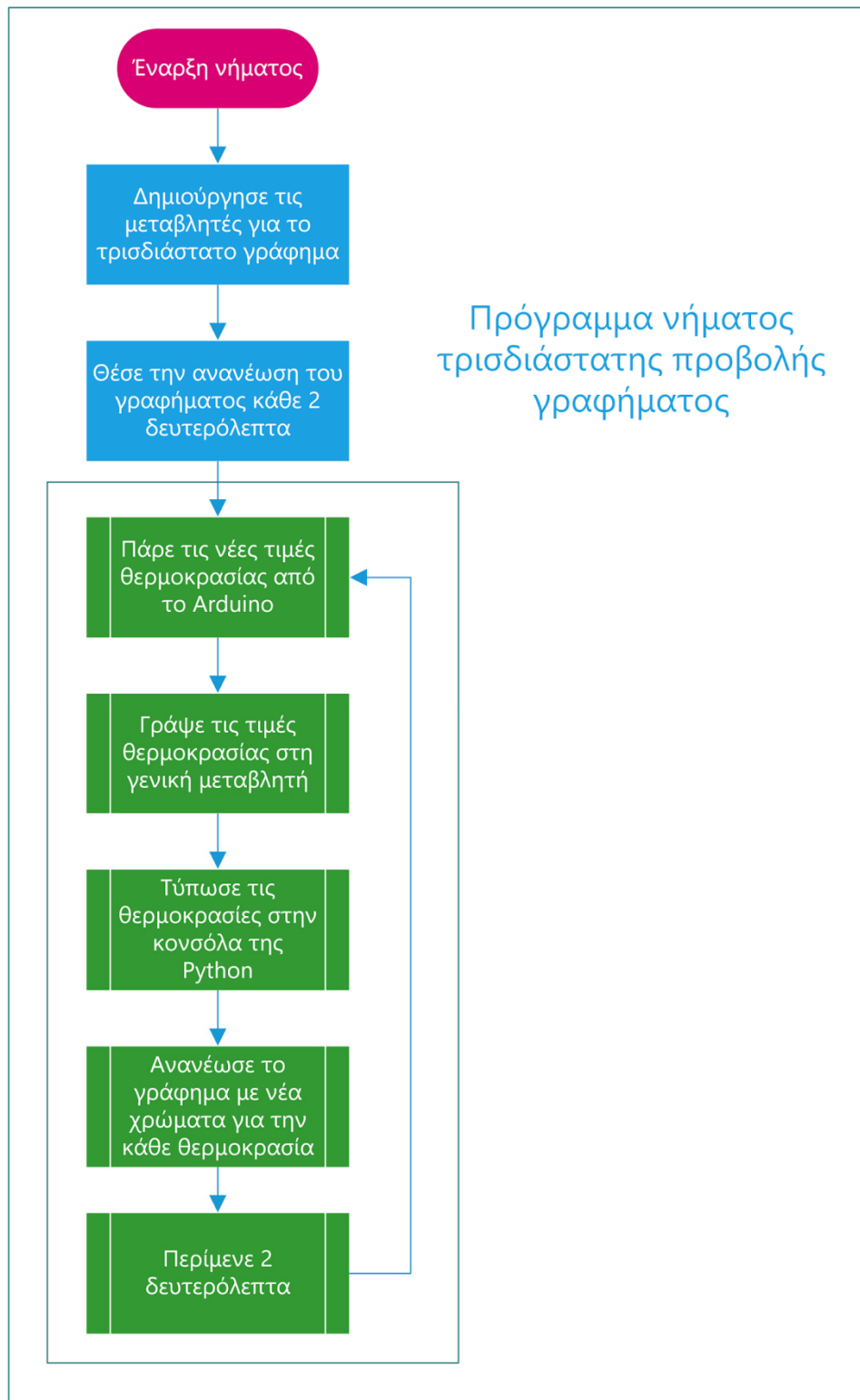
Ακριβώς από κάτω, βρίσκεται το πλήκτρο με την ένδειξη «Έναρξη Εγγραφής», όπου ανοίγει σε νέο νήμα (thread) το παράθυρο με την αναπαράσταση των σημείων θερμοκρασίας όπως φαίνεται παρακάτω:



Στην παραπάνω εικόνα, φαίνεται το παράθυρο που παράλληλα με τον 3D χάρτη, δείχνει τις θερμοκρασίες στα σημεία. Οι θερμοκρασίες ανανεώνονται κάθε ένα δευτερόλεπτο.



διάγραμμα ροής του προγράμματος της Python



Διάγραμμα ροής κώδικα παράλληλου νήματος Python

Στη συνέχεια επισυνάπτεται ο κώδικας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε

κώδικας στην πλατφόρμα του Arduino:

```

#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire ds(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&ds);

// Sensors me ti seira
uint8_t sensAddr[72] = {0x28, 0x0F, 0xDB, 0x22, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x09,
                        0x28, 0x82, 0xAA, 0x22, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x09,
                        0x28, 0x8B, 0xC7, 0x22, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x62,
                        0x28, 0x84, 0x65, 0x42, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x66,
                        0x28, 0x10, 0x1A, 0x22, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x99,
                        0x28, 0xBD, 0x91, 0x42, 0x0A, 0x00, 0x00, 0xA4,
                        0x28, 0x28, 0x9A, 0x22, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x1E,
                        0x28, 0x27, 0xE2, 0x21, 0x0A, 0x00, 0x00, 0xE1,
                        0x28, 0x82, 0x12, 0x43, 0x0A, 0x00, 0x00, 0x67};

void setup(void)
{
  // start serial port
  Serial.begin(9600);
  // Start up the library
  sensors.begin();
}

void loop(void)
{
  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature readings
}

```

```

for(int i=0;i<9;i++) // Counter for all 9 sensors
{
    uint8_t sens[8];
    for(int j=0;j<8;j++) // Copy address bytes
    {
        sens[j] = sensAddr[i*8+j];
    }
    Serial.print(sensors.getTempC(sens));
    Serial.print(" ");
}
Serial.print("\n");
delay(500);
}

```

κώδικας στην Python:

```

# -*- coding: utf-8 -*-

# Form implementation generated from reading ui file '\main.ui',
# licensing of '\main.ui' applies.
#
# Created: Sun Oct 28 17:01:52 2018
# by: pyside2-uic running on PySide2 5.11.2
#
# WARNING! All changes made in this file will be lost!

from PySide2 import QtCore, QtGui, QtWidgets
import serial
import matplotlib.pyplot as plt

```

```

import numpy as np
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
import matplotlib.markers as marker
import matplotlib.animation as pltanm
from color_pallet import colors
import threading
import time

x, y, z = np.array([[0,8,8,0,0,8,8,0,4], [8,8,0,0,8,8,0,0,4], [8,8,8,8,0,0,0,0,4]])
temps = np.array([24,25,25,27,30,21,22,25,20]) # Dump temperatures
temp_colors = np.asarray(colors, dtype=object)
thrd = None
arduinoSer = None

class graphThread(threading.Thread):
    def __init__(self, args=(), kwargs=None):
        threading.Thread.__init__(self, args=(), kwargs=None)
        self.daemon = True

    def run(self):
        self.markers = marker.MarkerStyle('o', fillstyle="full")
        self.fig = plt.figure()
        self.ax = self.fig.add_subplot(111, projection='3d')
        ani = pltanm.FuncAnimation(self.fig, self.updateGraph, interval=2000,
repeat=True)
        self.fig.canvas.set_window_title("Antigoni Griva - 3D Heatmap")
        plt.show()

    def updateGraph(self, i):
        global x, y, z, temps, temp_colors
        self.ax.clear()

```

```

self.ax.set_xlabel("Front Face")

self.parseArdData()

self.ax.scatter(x, y, z, s=2000, facecolors=list(temp_colors[temps]),
edgecolors=list(temp_colors[temps]), marker=self.markers, alpha=0.7)

```

```

def parseArdData(self):
    global arduinoSer, temps
    if arduinoSer.is_open:
        arduinoSer.flushInput()
        line = arduinoSer.readline()
        line = line.split()
        while len(line) != 9:
            line = arduinoSer.readline()
            line = line.split()
        tempsT = np.asarray(line, dtype=float)
        for i in range(len(tempsT)):
            if tempsT[i] < 0. or tempsT[i] > 59.:
                tempsT[i] = 0. # Default temp in error case
        temps = np.asarray(tempsT, dtype=int)
        print(temps)
    else:
        print("Arduino Port not Open")

```

```

class Ui_MainWindow(QQtCore.QObject):
    def setupUi(self, MainWindow):
        MainWindow.setObjectName("MainWindow")
        MainWindow.resize(300, 420)
        self.centralWidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
        self.centralWidget.setObjectName("centralWidget")

```

```
self.widget = QtWidgets.QWidget(self.centralWidget)
self.widget.setGeometry(QtCore.QRect(10, 20, 250, 40))
self.widget.setObjectName("widget")
```

```
self.widget2 = QtWidgets.QWidget(self.centralWidget)
self.widget2.setGeometry(QtCore.QRect(10, 120, 250, 250))
self.widget2.setObjectName("widget2")
```

```
self.menuBar = QtWidgets.QMenuBar(MainWindow)
self.menuBar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 400, 21))
self.menuBar.setObjectName("menuBar")
```

```
self.menuFile = QtWidgets.QMenu(self.menuBar)
self.menuFile.setObjectName("menuFile")
```

```
self.menuAbout = QtWidgets.QMenu(self.menuBar)
self.menuAbout.setObjectName("menuAbout")
```

```
MainWindow.setMenuBar(self.menuBar)
```

```
self.mainToolBar = QtWidgets.QToolBar(MainWindow)
self.mainToolBar.setObjectName("mainToolBar")
MainWindow.addToolBar(QtCore.Qt.TopToolBarArea, self.mainToolBar)
```

```
self.statusBar = QtWidgets.QStatusBar(MainWindow)
self.statusBar.setObjectName("statusBar")
MainWindow.setStatusBar(self.statusBar)
```

```
self.actionExit = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionExit.setObjectName("actionExit")
```

```
self.menuFile.addAction(self.actionExit)

self.actionAbt = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionAbt.setObjectName("actionAbt")
self.menuAbout.addAction(self.actionAbt)

self.menuBar.addAction(self.menuFile.menuAction())
self.menuBar.addAction(self.menuAbout.menuAction())

ui.actionExit.triggered.connect(sys.exit)
ui.actionAbt.triggered.connect(self.aboutDial)

self.qhboxcomport = QtWidgets.QHBoxLayout(self.widget)
self.qhboxcomport.setObjectName("qhboxcomport")

self.comPortLbl = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.comPortLbl.setObjectName("comPortLbl")

self.comPort = QtWidgets.QLineEdit(self.centralWidget)
self.comPort.setObjectName("comPort")
self.comPort.setText("COM3")

QtCore.QObject.connect(self.comPort,
QtCore.SIGNAL("textChanged(QString)"), self.printComPort)

self.qhboxcomport.addWidget(self.comPortLbl)
self.qhboxcomport.addWidget(self.comPort)

self.points_vbox = QtWidgets.QVBoxLayout(self.widget2)
self.points_vbox.setObjectName("points_vbox")
```

```
self.point1 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point1.setObjectName("point1")
self.points_vbox.addWidget(self.point1)
self.point2 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point2.setObjectName("point2")
self.points_vbox.addWidget(self.point2)
self.point3 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point3.setObjectName("point3")
self.points_vbox.addWidget(self.point3)
self.point4 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point4.setObjectName("point4")
self.points_vbox.addWidget(self.point4)
self.point5 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point5.setObjectName("point5")
self.points_vbox.addWidget(self.point5)
self.point6 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point6.setObjectName("point6")
self.points_vbox.addWidget(self.point6)
self.point7 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point7.setObjectName("point7")
self.points_vbox.addWidget(self.point7)
self.point8 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point8.setObjectName("point8")
self.points_vbox.addWidget(self.point8)
self.point9 = QtWidgets.QLabel(self.centralWidget)
self.point9.setObjectName("point9")
self.points_vbox.addWidget(self.point9)

self.startcaptBtn = QtWidgets.QPushButton(self.centralWidget)
self.startcaptBtn.setObjectName("startcaptBtn")
```



```

self.startcaptBtn.setGeometry(QRect(50,75,100,40))
self.startcaptBtn.setText("Έναρξη Εγγραφής")

QtCore.QObject.connect(self.startcaptBtn, QtCore.SIGNAL("clicked()"),
self.startCapture)

MainWindow.setCentralWidget(self.centralWidget)

self.retranslateUi(MainWindow)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow)

self.uptLabels = QtCore.QTimer()
self.uptLabels.setSingleShot(False)
QtCore.QObject.connect(self.uptLabels, QtCore.SIGNAL("timeout()"),
self.updateLabels)

def startCapture(self):
    print("Starting to Capture")
    global thrd
    global arduinoSer
    try:
        arduinoSer = serial.Serial(self.comPort.text(), 9600)
        thrd = graphThread()
        if arduinoSer.is_open:
            thrd.start()
            self.uptLabels.start(1000)
        else:
            raise("Arduino Port not open")
    except Exception as e:
        print(str(e))
        msg = QtWidgets.QMessageBox()

```

```
msg.setWindowTitle("Πρόβλημα θύρας επικοινωνίας με Arduino")
msg.setText("Δεν κατέστη δυνατή η επικοινωνία με το Arduino.
Δοκιμάστε άλλη θύρα επικοινωνίας")
```

```
msg.exec_()
```

```
return
```

```
def printComPort(self):
```

```
    print(self.comPort.text())
```

```
return
```

```
def updateLabels(self):
```

```
    global temps
```

```
    self.point1.setText("Σημείο 1: " + str(temps[0]) + " Celsius")
```

```
    self.point2.setText("Σημείο 2: " + str(temps[1]) + " Celsius")
```

```
    self.point3.setText("Σημείο 3: " + str(temps[2]) + " Celsius")
```

```
    self.point4.setText("Σημείο 4: " + str(temps[3]) + " Celsius")
```

```
    self.point5.setText("Σημείο 5: " + str(temps[4]) + " Celsius")
```

```
    self.point6.setText("Σημείο 6: " + str(temps[5]) + " Celsius")
```

```
    self.point7.setText("Σημείο 7: " + str(temps[6]) + " Celsius")
```

```
    self.point8.setText("Σημείο 8: " + str(temps[7]) + " Celsius")
```

```
    self.point9.setText("Σημείο 9: " + str(temps[8]) + " Celsius")
```

```
return
```

```
def retranslateUi(self, MainWindow):
```

```
MainWindow.setWindowTitle(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Αντιγόνη Γρίβα", None, -1))
```

```
    self.menuFile.setTitle(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Αρχείο", None, -1))
```

```
    self.menuAbout.setTitle(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Περί", None, -1))
```

```

self.actionAbt.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Περί", None, -1))

self.actionExit.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Εξοδος", None, -1))

self.comPortLbl.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow",
"Επιλογή Θύρας Arduino", None, -1))

self.point1.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
1: ", None, -1))

self.point2.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
2: ", None, -1))

self.point3.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
3: ", None, -1))

self.point4.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
4: ", None, -1))

self.point5.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
5: ", None, -1))

self.point6.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
6: ", None, -1))

self.point7.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
7: ", None, -1))

self.point8.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
8: ", None, -1))

self.point9.setText(QtWidgets.QApplication.translate("MainWindow", "Σημείο
9: ", None, -1))

```

```

def aboutDial(self, QObject):

```

```

    msg = QtWidgets.QMessageBox()

```

```

    msg.setWindowTitle("Περί")

```

```

    msg.setText("Πτυχιακή Εργασία της Αντιγόνης Γρίβα")

```

```

    msg.exec_()

```

```

    return

```

```

if __name__ == "__main__":

```

```

    import sys

```

```

    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)

```

```
MainWindow = QtWidgets.QMainWindow()
ui = Ui_MainWindow()
ui.setupUi(MainWindow)
MainWindow.show()
sys.exit(app.exec_())
```

Βιβλιογραφία Αναφορές

[1] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF>

[2] <https://docplayer.gr/83690267-Aisthithires-18-selida.html>

[3] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82

[4] http://meleththrio.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/26/Kef2_Sensors_Petal_Kalom.pdf?sequence=2

[5] <https://slideplayer.gr/slide/12708498/>

[6] http://www.wikiwand.com/el/%CE%9A%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B1_%CE%95%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82

[7] <https://slideplayer.gr/slide/12073095/>

[8] <https://www.arduino.cc/>

[9] <https://4dimkal-robot.weebly.com/tiota-epsilon943nualphaiota-tauomicron-arduino.html>

[10] <http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/4701/1180/chap7.pdf>

[11] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

