



ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## Μετεωρολογικός σταθμός με ασύρματα αισθητήρια με χρήση μικροελεγκτή PIC



Του φοιτητή:

Λάμπρος Άγγελος

Αριθμός Μητρώου: 2019092

ΔΙ.ΠΑ.Ε

Επιβλέπων:

Γιακουμής Άγγελος,

Αναπληρωτής Καθηγητής

Θεσσαλονίκη Ιανουάριος 2026

Τίτλος Δ.Ε: Μετεωρολογικός σταθμός με ασύρματα αισθητήρια με χρήση μικροελεγκτή PIC

Κωδικός Δ.Ε: 24322

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Λάμπρος Άγγελος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 19/11/2024

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 14/1/2026

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

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

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

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα.....	σελ.3
Περιεχόμενα Σχημάτων.....	σελ.4
Περίληψη Ευχαριστίες.....	σελ.5
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.7
2.ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.....	σελ.7
2.1 Η ιστορία της μετεωρολογίας.....	σελ.8
2.2 Το μέλλον της μετεωρολογίας.....	σελ.10
2.3 Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ).....	σελ.11
2.4 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.....	σελ.11
3. ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.....	σελ.13
3.1 Το Κλίμα της Ελλάδας.....	σελ.13
4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.....	σελ.16
4.1 Θερμοκρασία.....	σελ.16
4.2 Βαρομετρική-Ατμοσφαιρική πίεση.....	σελ.17
4.3 Άνεμος.....	σελ.19
4.4 Υγρασία.....	σελ.20
4.5 Βροχή.....	σελ.21
5. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	σελ.22
5.1 Θερμοκρασία.....	σελ.22
5.2 Υγρασία.....	σελ.24
5.3 Βαρομετρική πίεση.....	σελ.26
5.4 Άνεμος.....	σελ.27
5.5 Βροχή.....	σελ.27
6. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ.....	σελ.28
6.1 Ορισμός μετεωρολογικού σταθμού.....	σελ.28
6.3 Μετεωρολογικός κλωβός.....	σελ.29
6.4 Σύγχρονοι μετεωρολογικοί σταθμοί στη αγορά.....	σελ.30
7. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ.....	σελ.34
7.1 Οι πρώτοι αισθητήρες.....	σελ.34
7.2 Κατηγορίες αισθητηρίων.....	σελ.35

8. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ .....	σελ.41
8.1 Κατηγορίες μικροελεγκτών.....	σελ.43
9. ARDUINO.....	σελ.46
9.1 Ιστορία Arduino.....	σελ.46
9.2 Τι είναι το Arduino.....	σελ.47
9.3 Λογισμικό του Arduino.....	σελ.47
9.4 Πλεονεκτήματα του Arduino.....	σελ.48
10. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	σελ.49
10.1 Τα υλικά της σύνδεσής μας.....	σελ.52
10.2 Το χρονικό διάστημα της συνδεσμολογίας του κυκλώματος και του κώδικα του Arduino και PIC18F4550.....	σελ.62
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ.75

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1 Σχήμα 2.1: Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών(Νοέμβριος 2022).....	σελ.12
2 Σχήμα 3.1: Κλιματικός χάρτης της Ελλάδος.....	σελ.15
3 Σχήμα 3.2: Χάρτης υετού Ελλάδος.....	σελ.16
4 Σχήμα 4.1: Αλλαγή ατμοσφαιρικής πίεσης ανά ύψος.....	σελ.18
5 Σχήμα 4.2: Χάρτης Ευρώπης ηπείρου με τις ισοβαρείς καμπύλες.....	σελ.19
6 Σχήμα 4.3: Θερμικός δείκτης δυσφορίας.....	σελ.20
7 Σχήμα 5.1: Υδραργυρικό θερμόμετρο.....	σελ.24
8 Σχήμα 5.2: Ψυχρόμετρο August.....	σελ.25
9 Σχήμα 5.3: Υγρογράφος.....	σελ.25
10 Σχήμα 5.4: Ένα τυπικό αναλογικό βαρόμετρο.....	σελ.26
11 Σχήμα 5.5: Ένα τυπικό ανεμόμετρο.....	σελ.27
12 Σχήμα 5.6: Ένα τυπικό βροχόμετρο.....	σελ.28
13 Σχήμα 6.1: Μετεωρολογικός κλωβός.....	σελ.30
14 Σχήμα 6.2: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Life WES-300.....	σελ.31
15 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός TFA 351100.....	σελ.32
16 Σχήμα 6.4: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Bresser Beaufort 5-in-1 Weather Centre 7002525.....	σελ.33

17 Σχήμα 7.1: Θερμοσκόπιο του 1585.....	σελ.35
18 Σχήμα 7.2: Μαγνητικό αισθητήριο σε σύστημα ασφαλείας.....	σελ.36
19 Σχήμα 8.1: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Harvard και Von Neumann .....	σελ.45
20 Σχήμα 9.1 : Το λογότυπο του Arduino.....	σελ.46
21 Σχήμα 10.1 : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού σταθμού.....	σελ.50
22 Σχήμα 10. 2: Τα αισθητήρια του μετεωρολογικού σταθμού που βρίσκονται μέσα στον μετεωρολογικό κλωβό .....	σελ.51
23 Σχήμα 10.3 : Μπλοκ Διάγραμμα του κυκλώματός .....	σελ.51
24 Σχήμα 10.4. : Φωτογραφία από μια από τις διαμορφώσεις του PIC18F4550 .....	σελ.53
25 Σχήμα 10.5 : Μοντέλο του PIC18F4550 και οι διαστάσεις του .....	σελ.54
26 Σχήμα 10.6 : Οι καρφίτσες του PIC18F4550 .....	σελ.55
27 Σχήμα 10.7 : Φωτογραφία Arduino Nano .....	σελ.55
28 Σχήμα 10.8 :Υλικά από τα οποία αποτελείται το Arduino Nano .....	σελ.56
29 Σχήμα 10.9 : : Καρφίτσες σύνδεσης Arduino Nano .....	σελ.56
30 Σχήμα 10.10: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας BME680.....	σελ.59
31 Σχήμα 10.11: Το ανεμόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού .....	σελ.60
32 Σχήμα 10.12: Ο Πομπός και Δέκτης FS1000.....	σελ.61
33 Σχήμα 10.13: Η εκτύπωση των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού στην οθόνη LDC .....	σελ.69
34 Σχήμα 10.14: Αποτελέσματα του οικιακού μετεωρολογικού σταθμού που χρησιμοποιήσαμε για την σύγκριση.....	σελ.70

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν προχωρήσω στην παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά των επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γιακουμή Άγγελο, καθώς και όλο το διδακτικό προσωπικό του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, που όλα αυτά τα χρόνια με τις γνώσεις που μας μετέδωσαν συνέβαλαν στη διεκπεραίωση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στα μετεωρολογικά φαινόμενα και στον τομέα του καιρού. Αρχικά προσπάθησα να κάνω μια αναφορά στα καιρικά φαινόμενα και στο κλίμα της χώρας μας, αλλά και στους μετεωρολογικούς οργανισμούς και μεγαλύτερα ινστιτούτα της χώρας. Αναφέρω τις κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις στις κοινωνίες μας ανάλογα με τον καιρό και το κλίμα σε κάθε περιοχή. Επίσης εστιάζω στα μετεωρολογικά φαινόμενα της θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης, βροχής και ανέμου, καθώς και στα όργανα μέτρησης αυτών. Τέλος επικεντρώνομαι στην δημιουργία του δικού μου μετεωρολογικού σταθμού με όλες τις λεπτομέρειες που απαιτούνται να αναφερθούν, και στο πώς τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέγονται στέλνονται εμφανίζονται εν τέλει στην οθόνη.

**Λέξεις κλειδιά:** μικροελεγκτές, καιρός, Arduino, αισθητήρες, Μετεωρολογικός σταθμός

## Abstract

This dissertation is a study on weather and meteorological phenomena. First of all I tried mentioning my country's climate and weather along with the meteorological organizations and major institutions there. I also covered the socioeconomic impacts that the weather and climate of each region has on our societies. From there, I delve into the meteorological phenomena of barometric pressure, wind, temperature, humidity and precipitation and the tools used to measure them. Finally, I focus on building my own weather station with all the information you need to provide and how the meteorological data are collected and are finally displayed on the screen.

**Key words:** microcontrollers, weather, Arduino, sensors, Meteorological station

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού, ο οποίος θα χρησιμοποιεί κατάλληλους αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης. Τα αποτελέσματα θα παρουσιάζονται σε ψηφιακή μορφή σε μια οθόνη LCD.

Από το παρελθόν έως και το μέλλον μπορεί εύκολα κάποιος να παρατηρήσει ότι ο καιρός αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές αιτίες που επηρεάζουν την κοινωνική-οικονομική ζωή του ανθρώπου. Μέσω μιας ιστορικής αναδρομής στο παρελθόν βλέπουμε ότι ο άνθρωπος από τα αρχικά χρόνια της ύπαρξης του προσπαθούσε να βρει μέρη όπου θα δημιουργήσει τους οικισμούς του οι οποίοι έχουν ήπια κλιματολογικά στοιχεία όπως θερμοκρασία χωρίς μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, περιοχές όπου διαθέτουν αξιόλογη αλλά όχι ακραία βροχόπτωση και τέλος περιοχές όπου δεν εντοπίζεται παγετός και χιονοπτώσεις. Γι' αυτό τον λόγο παρατηρούμε ότι οι πιο αναπτυγμένοι οικονομικά και οι πιο αρχαίοι πολιτισμοί βρισκόταν σε τοποθεσίες με ήπια κλιματολογικά χαρακτηριστικά. Ένα παράδειγμα τέτοιου πολιτισμού αποτελεί η Αίγυπτος η Μεσοποταμία ( τοποθεσία σημερινού Ιράν - Ιράκ ) και στον Ελληνικό χώρο εντοπίζουμε την περιοχή των Μυκηνών στην ανατολική Πελοπόννησο αλλά και την περιοχή της Κνωσού-Φαιστού στην Κρήτη.

Ακόμα και σήμερα στην εποχή μετά της πανδημίας του κορωνοϊού τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά και ο καιρός της κάθε γωνιάς του πλανήτη έπαιξαν πρωταγωνιστικό ρόλο στην εξάπλωση του κορωνοϊού αλλά και μελλοντικών ιών καθώς και στις οικονομικές-κοινωνικές προεκτάσεις του στην κοινωνία. Για να είμαι πιο ακριβής σύμφωνα με μια μικρή έρευνα που έκανα στις περιοχές όπου εμφανίζουν σχετικά υψηλή θερμοκρασία όλο το 24ωρο, περιοχές που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό της Γης εντοπίστηκε ότι ο ιός δεν είχε ακραία εξάπλωση. Για παράδειγμα η Ινδία, περιοχές του Αμαζονίου, η νοτιοανατολική Ασία, περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής και η Μέση Ανατολή . Πιο συγκεκριμένα όμως σε περιοχές της Ελλάδας, νοτιότερες περιοχές της χώρας στις οποίες παρατηρούνται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες όπως οι περιοχές της Πελοποννήσου, της Κρήτης και των νοτίων νησιωτικών συμπλεγμάτων δεν επηρεάστηκαν σχεδόν καθόλου από τον ιό. Τα κρούσματα του ιού σε εκείνες τις περιοχές εμφανίστηκαν κυρίως τις πρώτες μέρες του Μαρτίου όπου η θερμοκρασία ήταν ακόμη σχετικά χαμηλή. Όμως στο βορειότερο τμήμα της χώρας μας, όπου παρατηρούνται ψυχρότερα κλίματα όπως στη Θράκη και σε περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας η εξάπλωση του ιού και οι άνθρωποι οι οποίοι απεβίωσαν ήταν πολύ περισσότεροι σε σχέση με τον χαμηλό πληθυσμό των περιοχών αυτών.

## 2. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Ένας από τους κλάδους των Θετικών επιστημών είναι η μετεωρολογία. Σκοπός της επιστήμης αυτής είναι να μελετήσει την ατμόσφαιρα καθώς και τα φαινόμενα που εντοπίζονται σε αυτή. Γενικότερα μπορούμε να δούμε ότι η μετεωρολογία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με την πρόβλεψη του καιρού, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό για το ανθρώπινο είδος. Ένας από τους τομείς στους οποίους παίζει σημαντικό ρόλο η μετεωρολογία είναι ο τομέας της θάλασσας όπως για παράδειγμα στην αλιεία, στην ναυτιλία

αλλά και στις θαλάσσιες συγκοινωνίες. Μέσω της έγκαιρης πρόβλεψης του καθορίζονται οι οικονομικές απολαβές των άμεσα εξαρτωμένων αλλά επίσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο κίνδυνος ατυχήματος. Ακόμα και στην ξηρά η πρόβλεψη του καιρού βοηθά στο περιορισμό και αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών αλλά και στους χειμερινούς μήνες στην αποφυγή ατυχημάτων λόγω του παγετού και του ψύχους.

Όπως βλέπουμε σχεδόν κάθε πράγμα στο κόσμο μας εξαρτάται από τον καιρό και την σωστή πρόβλεψη του, με τα κατάλληλα τεχνολογικά μέσα και με τους πιο έμπειρους μετεωρολόγους-επιστήμονες. Μέσω της σωστής πρόβλεψης του καιρού μπορούμε να απαντήσουμε σε θέματα που αφορούν κάτι πολύ απλό όπως τι ρούχα θα φορέσω αύριο, εάν το επόμενο σαββατοκύριακο ο καιρός θα είναι καλός για εργασίες στον κήπο και για ψήσιμο, αλλά και για θέματα που αφορούν τομείς με μεγάλες σωματικές και οικονομικές συνέπειες για τον άνθρωπο όπως η ναυτιλία, η γεωργία, η αλιεία και η αεροπορία όπου εκεί από τη πρόβλεψη του καιρού εξαρτώνται ανθρώπινες ζωές και τεράστια οικονομικά ποσά μεγάλων εταιριών πολυεθνικού χαρακτήρα αλλά και ολόκληρων κρατών. Εξαιτίας αυτού του λόγου οι μεγάλες εταιρίες προσλαμβάνουν έμπειρους επιστήμονες της μετεωρολογίας με πολύ υψηλές αμοιβές. Ακόμα αρκετά κράτη διαθέτουν οργανισμούς και ανεξάρτητες μετεωρολογικές υπηρεσίες για την έγκαιρη και σωστή πρόβλεψη του καιρού προσφέροντας βοήθεια στη πολιτική προστασία αλλά και στο ευρύτερο γενικό κοινό. Στη χώρα μας η υπηρεσία πρόβλεψης του καιρού από το κράτος ονομάζεται Ε.Μ.Υ(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Εκτός από αυτή την υπηρεσία άλλος ένας αξιόλογος οργανισμός είναι το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών καθώς και πολλές άλλες μικρές και μεγάλες ιστοσελίδες πρόβλεψης καιρού που προσφέρουν πρόβλεψη για διάστημα από 1 έως και 30 μέρες. Επιπλέον τα Μ.Μ.Ε όπως ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, εφημερίδες ψηφιακού αλλά και έντυπου τύπου ενημερώνουν σε καθημερινή βάση για την πρόβλεψη του καιρού. Συγκεκριμένα στα τηλεοπτικά κανάλια μετά το τέλος του δελτίου ειδήσεων αφιερώνουν 5 λεπτά για την πρόγνωση του καιρού με αποτέλεσμα να βλέπουμε τη σημαντικότητα της πρόβλεψης για τον άνθρωπο.

Η λίστα των φαινομένων τα οποία εξετάζει η μετεωρολογία είναι οι μεταβολές της θερμοκρασίας, της ατμοσφαιρικής πίεσης της ατμόσφαιρας, της υγρασίας, τα υδατώδη μετέωρα (χιόνι, βροχή, χαλάζι), η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, οι υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου και το ποσοστό ηλιοφάνειας και συννεφιάς μιας τοποθεσίας. Ακόμα μελετά και τα φαινόμενα που συμπεριλαμβάνουν ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό όπως καταιγίδες αλλά και εκείνα που οφείλονται στην ίδια την ατμόσφαιρα όπως ανάκλαση, διάθλαση κλπ. Κατά την μελέτη αυτών των φαινομένων η μετεωρολογία αναζητά τα αίτια που τα προκαλούν αλλά και τους παράγοντες που παίρνουν μέρος καθώς και τα όργανα που χρησιμοποιούνται από τον μετεωρολόγο. Η μετεωρολογία έχει σαν τελικό στόχο την πρόγνωση του καιρού.

## 2.1 Η ιστορία της μετεωρολογίας

Στην αρχαία εποχή όλοι οι διαφορετικοί λαοί δικαιολογούσαν όλα τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα σαν να ήταν πράξεις των θεών. Μέσω της Ελληνικής μυθολογίας μπορούμε να αιτιολογήσουμε την ύπαρξη αυτής της θεωρίας καθώς στον αρχαίο Ελληνικό χώρο τέτοια φαινόμενα αποδίδονταν στους θεούς, με τον πιο γνωστό θεό να είναι ο Δίας. Σημαντικές εκφράσεις τις οποίες τις συναντάμε στη αρχαία μυθολογία είναι οι “ Αλκωνίδες μέρες” και “Σημεία των Καιρών”. Οι Έλληνες ονόμασαν Αλκωνίδες μέρες τις αίθριες ημέρες που

εμφανίζονται από τη 15η Δεκεμβρίου έως και την 15η Φεβρουαρίου, τις οποίες ο Αριστοτέλης της χαρακτήρισε ως ημέρες 'ευδίας'. Έτσι οι μέρες αυτές πήραν το όνομα "αλκυόνια" από το μύθο της ελληνικής μυθολογίας με την Αλκυόνη, κόρη του Αιόλου που κυβερνούσε τους ανέμους. Λόγω των πράξεων της Αλκυόνης, ο Δίας για να την τιμωρήσει αποφάσισε να την μετατρέψει σε πουλί, όμως επειδή την λυπήθηκε ζήτησε από τον Αίολο να σταματήσει τους ανέμους για 14 μέρες και να έχει καλοκαιρία για να μπορέσει να γεννήσει τα αυγά της και να μην σπάσουν από τους αέρες του χειμώνα.

Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι και αστρονόμοι κατά τον 5<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. μετά από συνεχή παρατήρηση των καιρικών φαινομένων δημιούργησαν αρχές για ακριβότερα αποτελέσματα σχετικά με τον καιρό. Έγινε προσπάθεια να φτάσουν μέχρι τη στατική πρόγνωση του καιρού σημειώνοντας στοιχεία για τα καιρικά φαινόμενα σε ένα ημερολόγιο το οποίο ονομάζονταν 'παράπηγμα'. Με την εποχή του Αριστοτέλη ξεκινά η σημαντική περίοδος της μετεωρολογίας, καθώς με τις θεωρίες του και τις παρατηρήσεις του και των μαθητών του στο σύγγραμμά του για τη μετεωρολογία της έδωσε την απαιτούμενη σημασία που χρειαζόταν. Γι' αυτό και ο ίδιος ονομάζεται Πατέρας της Μετεωρολογίας.

Έως την εφεύρεση του θερμομέτρου (1503) και του βαρομέτρου (1643) δεν είχε γίνει καμία αξιοσημείωτη πρόοδος στην επιστήμη της μετεωρολογίας. Η χρησιμοποίηση των οργάνων αυτών ήταν ιδιαίτερα σημαντική καθώς για πρώτη φορά τα μετεωρολογικά στοιχεία μπορούσαν να εκφραστούν με αριθμητικά μεγέθη. Αμέσως μετά υπήρξε η εφεύρεση άλλων οργάνων όπως των υγρόμετρων, των ανεμόμετρων και των βροχόμετρων. Επιπλέον, οι καιρικές παρατηρήσεις που κατέγραφαν οι καπετάνιοι των ιστιοφόρων πλοίων, τα οποία άρχισαν να πραγματοποιούν μεγαλύτερα ταξίδια, οδήγησαν πολλές έρευνες κατά τους 17ο, 18ο και 19ο αιώνα. Με βάση αυτών των παρατηρήσεων από τα καράβια και από διάφορους σταθμούς στη ξηρά, οδήγησε σε σημαντική μελέτη των φαινομένων της ατμόσφαιρας καθώς και των αιτιών που τα προκαλούν. Με την πάροδο του χρόνου, άρχισαν σταδιακά να καταγράφονται οι αρχές και οι νόμοι της Φυσικής Μετεωρολογίας..

Οι πρώτες μετεωρολογικές παρατηρήσεις στην Ελλάδα ξεκινούν το 1839 από το Αστεροσκοπείο Αθηνών και το 1890 ξεκινά να λειτουργεί σε όλη τη χώρα ένα μικρό δίκτυο από 7 μετεωρολογικούς σταθμούς. Κατά τις αρχικές περιόδους η πρόγνωση του καιρού γινόταν κατά προσέγγιση με βάση συνοπτικών χαρτών και τη προσωπική κρίση και πείρα των μετεωρολόγων. Οι φυσικοί και μαθηματικοί της εποχής προσπάθησαν να βελτιώσουν την ακρίβεια της διάγνωσης του καιρού με τη διερεύνηση της δυναμικής των υφέσεων(χαμηλά βαρομετρικά) και άλλων διαταραχών καθώς και τη θερμοδυναμική λειτουργία της ατμόσφαιρας. Μετά από πολλά χρόνια στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα μέσω των θεωρητικών ερευνών γίνεται η διατύπωση της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας από τον V. Bjerknes ο οποίος αποτελεί σημαντικό πρόσωπο της θεωρητικής μετεωρολογίας. Επίσης οι μετεωρολόγοι επισημαίνουν την ανάγκη για μελέτη της ατμόσφαιρας σε διάφορα ύψη, και γίνονται προσπάθειες μέσω μετεωρολογικών αετών και αεροστάτων.

Μια περίοδος πολλών εξελίξεων και μεγάλης προόδου στη Μετεωρολογία ήταν κατά την διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου πολέμου. Τον 1<sup>ο</sup> Παγκόσμιο πόλεμο οι επιχειρήσεις στη ξηρά, θάλασσα και στον αέρα ήταν πολύ λιγότερες σε σχέση με τον 2<sup>ο</sup> γι' αυτό ο ρόλος της μετεωρολογίας καθώς και οι πληροφορίες που προσέφερε ήταν πολύ σημαντικός. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο έπαιξε και η Αγγλική Μετεωρολογική Υπηρεσία στη χρονική στιγμή για την επιχείρηση στη Νορμανδία. Μέσω της ανάπτυξης των δικτύων σταθμών, συγκεκριμένα των σταθμών ραδιοβολίσεων και ανώτερης ατμόσφαιρας, οδήγησε σε μια νέα μελέτη της ατμόσφαιρας κατά ύψος, αλλά και σε μια ανανεωμένη προσέγγιση για την ανάλυση και πρόγνωση των καιρικών φαινομένων.

Σημαντικό ρόλο είχαν και οι ηλεκτρικές συσκευές που εφευρέθηκαν κατά την διάρκεια του πολέμου και συγκεκριμένα το ‘radar’, το οποίο χρησιμοποιήθηκε άμεσα στη καθημερινή πρόγνωση του καιρού.

Στη πρόοδο της Μετεωρολογίας έπαιξε σημαντικό ρόλο τα πειράματα και οι παρατηρήσεις στη διάρκεια του Διεθνούς Γεωφυσικού Έτους( 1 Ιουλίου 1957 – 31 Δεκεμβρίου 1958) το οποίο αποτελούσε τη μεγαλύτερη επιστημονική εκστρατεία στην ανθρωπότητα. Εκείνη την περίοδο λειτούργησαν για πρώτη φορά οι πρώτοι τεχνητοί δορυφόροι γύρω από την τροχιά της γης για την έρευνα της περιοχής και της ατμόσφαιρας κοντά στα όρια του διαστήματος.

Η χρήση των τεχνητών δορυφόρων στη μετεωρολογία ήταν σημαντική επιτυχία όπου τόσο οι Αμερικάνοι όσο και οι Ρώσοι δημιούργησαν τους δικούς τους ειδικούς μετεωρολογικούς δορυφόρους. Ο πρώτος από τους δορυφόρους που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη γη ήταν στις 1 Απριλίου 1960 και ονομάζονταν TIROS 1 και ακολούθησε ο Ρωσικός COSMOS. Στον 21<sup>ο</sup> αιώνα οι δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά και καλύπτουν την Ευρώπη είναι οι Ευρωπαϊκοί METEOSAT IV, οι Ρωσικοί METEOR I και II και οι Αμερικανικοί NOAA ( σειρά TIROS).

Στην συγκέντρωση των μετεωρολογικών δεδομένων της ατμόσφαιρας έχουν παίξει σημαντικό ρόλο και τα αεροσκάφη όπου κατά τη διάρκεια της πτήσης των μεγάλων πολιτικών αεροσκαφών τα οποία είναι εξοπλισμένα με αυτόματους αισθητήρες, με αποτέλεσμα να αναμεταδίδουν εν πτήση δεδομένα θερμοκρασίας, ανέμου και πιέσεως. Ο συνολικός αριθμός αναφορών από αεροσκάφη την ημέρα είναι πάνω από 2000, επειδή είναι προσβάσιμα σε περιοχές με περιορισμένα άλλα δεδομένα, για παράδειγμα οι ωκεανοί. Παρ’ όλα αυτά οι μετρήσεις του ανέμου και της θερμοκρασίας δεν είναι πολύ αξιόπιστες , και είναι συγκεντρωμένες στα ύψη των 9 με 10 km (χιλιομέτρων) σε μήκος μεγάλων αεροδιαδρόμων, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να διαθέσουν μια τρισδιάστατη εικόνα της ατμόσφαιρας.

## 2.2 Το μέλλον της μετεωρολογίας

Το μέλλον της Μετεωρολογίας στον 21ο αιώνα φαίνεται αρκετά αισιόδοξο. Με τη συνεχή ανάπτυξη των μαθηματικών εφαρμογών, των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλά και των μεθόδων της φυσικής έρευνας θα βοηθήσουν στην εξέλιξη της μετεωρολογίας και στην επίλυση μεγάλου αριθμού προβλημάτων τα οποία εντοπίζονται την επιστήμη του κλίματος και του καιρού και θα μας βοηθήσουν ώστε να έχουμε πιο έμπιστες προγνώσεις, με μεγαλύτερο βάθος χρόνου και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

## 2.3 Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ)

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία στη χώρα μας που είναι γνωστή επίσης και με τα αρχικά ΕΜΥ και ΗΝΜΣ ( Hellenic National Meteorological Services ), είναι ελληνική κρατική υπηρεσία που εξυπηρετεί τις Ένοπλες δυνάμεις και ειδικότερα το Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας και στόχος της είναι η πρόβλεψη και ο προσδιορισμός των μετεωρολογικών φαινομένων, δηλαδή η πρόβλεψη του καιρού. Μέσα από ένα μεγάλο δίκτυο ειδικών μετεωρολογικών σταθμών που διαθέτει η υπηρεσία, συγκεντρώνει δεδομένα ώστε να εκδώσει μετεωρολογικά δελτία και να ενημερώσει τους μετεωρολογικούς χάρτες σε τακτά χρονικά διαστήματα αλλά και σε έκτακτες περιπτώσεις βοηθώντας αρκετά τις θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές. Το έτος ίδρυσης της υπηρεσίας αυτής είναι το 1931 και σήμερα είναι εγκατεστημένη στα κτήρια του πρώην ανατολικού αεροδρομίου Αθηνών στο Ελληνικό Αττική. Τα άτομα που εργάζονται σε αυτή την υπηρεσία κατάγονται από τον στρατιωτικό τομέα αλλά και από τον πολιτικό όπως μαθηματικοί, ειδικοί πληροφορικής, φυσικοί. Υπάρχουν και άλλες ειδικότητες που εργάζονται εκεί τόσο από πολιτικό όσο και στρατιωτικό τομέα. Ο τελικός αριθμός εργαζομένων που απασχολεί η υπηρεσία αυτή είναι 565 άτομα και δεν βρίσκονται μόνο στο κεντρικό κτήριο αλλά σε παραρτήματα σε όλη τη χώρα καθώς το δίκτυο της καλύπτει όλη την Ελλάδα. Σε συγκεκριμένους χρόνους το 24ώρου η ΕΜΥ συνεργάζεται και με αντίστοιχες υπηρεσίες άλλων χωρών ώστε να ανταλλάξουν δεδομένα μεταξύ τους και να είναι πιο ακριβείς οι τιμές των μετρήσεων. Η ΕΜΥ εκτός από την πρόγνωση του καιρού δίνει απαραίτητες πληροφορίες στις συκοινωνίες, στις Κρατικές υπηρεσίες, στον αθλητισμό και στη γεωργία σχετικά με το κλίμα και τον καιρό.[1]

## 2.4 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Έχουν περάσει πλέον 170 χρόνια από την ίδρυση του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Έχει παίξει σημαντικό ρόλο στις μετεωρολογικές προβλέψεις τόσο για την Ελλάδα όσο και για τη περιοχή των Βαλκανίων. Μέσω το μεγάλο δικτύου αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών που είναι τοποθετημένοι σε όλη τη χώρα και τους έμπειρους επιστήμονες, ο οργανισμός αυτός είναι ο πιο αξιόπιστος στις μετεωρολογικές προβλέψεις και έχει το μεγαλύτερο αρχείο μετεωρολογικών συνθηκών για τη Ελλάδα.

Οι ρίζες της Μετεωρολογίας εμφανίζονται στην Αρχαία Ελλάδα (η λέξη μετέωρα όπου παίρνει το όνομα της). Το ρόλο της σύγχρονης ιστορίας της Μετεωρολογίας το διαθέτει το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Η συλλογή μετεωρολογικών παρατηρήσεων και μετρήσεων ξεκινά μόνο μετά την ίδρυση του και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα, δίνοντας στους επιστήμονες συνεχείς και πλήρεις χρονοσειρές των σημαντικότερων κλιματικών μεγεθών, εδώ και ενάμιση αιώνα. Αυτές οι κλιματικές χρονοσειρές είναι οι μεγαλύτερες σε διάρκεια και σε όγκο σε όλη την Ελλάδα και τα Βαλκάνια και αποτελούν τη μοναδική ιστορική πηγή για πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές που παρουσιάζονται στο κλίμα στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι παρατηρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών δεν διακόπηκαν ποτέ, ακόμα και στις πιο δύσκολες περιόδους όπως της Κατοχής με μοναδική εξαίρεση τη περίοδο των Δεκεμβριανών στην οποία το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ήταν πεδίο μάχης.

Το δίκτυο με τους αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς που διαθέτει το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών φτάνει τους 513 σταθμούς που χρησιμοποιούνται και την καταγραφή βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία, κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου και πίεση και μερικοί από αυτούς τους σταθμούς καταγράφουν την υπεριώδη και ηλιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις τους μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο ενώ τα δεδομένα τους αποστέλλονται ανά 10 λεπτά. Αφού ελεγχθούν τα δεδομένα αυτά σχετικά με τη ποιότητα τους αποθηκεύονται έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικούς σκοπούς . Τα δεδομένα από κάθε χρονική περίοδο παρέχονται δωρεάν και μπορούν να βρεθούν στην ιστοσελίδα: [www.meteo.gr/meteosearch](http://www.meteo.gr/meteosearch), ενώ τα δεδομένα που δίνονται σε πραγματικό χρόνο μπορούν να βρεθούν στην ιστοσελίδα [2]: <https://www.meteo.gr/observations.cfm>



- Σχήμα 2.1: Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών(Νοέμβριος 2022).

Οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων είναι τύπου Davis Vantage Pro 2 οι οποίοι μπορούν να καταγράψουν: θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου και ατμοσφαιρική πίεση. Μερικοί από αυτούς καταγράφουν υπεριώδη και ηλιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις στους περισσότερους από τους σταθμούς αυτούς γίνεται κάθε 10 λεπτά και με τον ίδιο τρόπο καταγράφονται οι μετρήσεις στη βάση δεδομένων.

### **3. ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.**

Όπως ανέφερα και προηγουμένως το κλίμα και ο καιρός έχουν σημαντικό ρόλο ακόμα και από την αρχαιότητα και μέχρι και σήμερα επηρεάζουν την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών σε όλο τον κόσμο. Λόγω όμως της κλιματικής αλλαγής που παρατηρείται εδώ και πολλά χρόνια σε ολόκληρο τον κόσμο θέτει απαραίτητη την ύπαρξη μετεωρολογικών σταθμών κατά τόπους. Γι' αυτό τον λόγο οι κυβερνήσεις και όλα τα κράτη είναι υποχρεωμένα να χρηματοδοτούν την έρευνα και την δημιουργία νέων τεχνολογιών που βοηθά στην πρόβλεψη των ακραίων καιρικών φαινομένων και να αποφεύγονται οι τεράστιες οικονομικές ζημιές και να χάνονται ανθρώπινες ζωές.

#### **3.1 Το Κλίμα της Ελλάδος**

Εξαιτίας του μεγάλου ανάγλυφου με μεγάλες κορυφές άνω των 2000 μέτρων που διαθέτει η χώρα μας και της εγγύτητας με τη μεσόγειο θάλασσα, εμφανίζονται πολλές διαφορές στο κλίμα από περιοχή σε περιοχή κάτι που καθιστά τη χώρα μας από τις λίγες χώρες παγκοσμίως με τέτοια μεγάλη ποικιλομορφία μικροκλίματος ανάμεσα στις διαφορετικές περιοχές.

Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από μεσογειακά στοιχεία: οι χειμώνες είναι ήπιοι και υγροί, ενώ τα καλοκαίρια είναι σχετικά θερμά και ξηρά. Γενικά, η χώρα απολαμβάνει μακρές περιόδους ηλιοφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 34° και 42° του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της χαρακτηρίζεται γενικά από τα στοιχεία του Μεσογειακού κλίματος, με ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικά ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, καθώς και μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα και στις διαφορετικές περιοχές της εντοπίζονται πολλοί διαφορετικοί τύποι κλιμάτων αλλά πάντα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Ο κύριος λόγος που εντοπίζεται αυτή η διαφορετικότητα είναι η τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας μας η οποία αποτελείται από μεγάλες διαφορές υψομέτρου (μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και πολλά άλλα βουνά) και η εναλλαγή θάλασσας και ξηράς. Με αυτό τον τρόπο πάμε από το ξηρό κλίμα της Ανατολικής Ελλάδας και συγκεκριμένα της Αττικής στο υγρό κλίμα της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Σε τόπους με μικρή απόσταση μεταξύ τους μπορούμε να εντοπίσουμε αυτές τις ακραίες διαφορές στο κλίμα τους, κάτι που συμβαίνει σε πολύ λίγες χώρες σε όλο τον κόσμο.

Από κλιματολογική άποψη, το έτος μπορεί να διακριθεί σε δύο κύριες εποχές: την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο, η οποία κρατάει από τα μέσα Οκτωβρίου έως το τέλος Μαρτίου, και την θερμή και ξηρή εποχή, που διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο.

Στην αρχή της χρονιάς, οι πιο ψυχροί μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Κατά μέσο όρο, η ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5 έως 10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 έως 5 °C στις ηπειρωτικές περιοχές, ενώ στις βόρειες περιοχές οι θερμοκρασίες είναι συχνά κάτω από το μηδέν.

Οι βροχές στη χώρα μας, ακόμη και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δεν διαρκούν πολλές ημέρες, και ο ουρανός της Ελλάδας δεν παραμένει συννεφιασμένος για πολλές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές του κόσμου. Οι χειμερινές κακοκαιρίες συχνά διακόπτονται τον Ιανουάριο και το πρώτο μισό του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, γνωστές από την αρχαία εποχή ως "Αλκυονίδες ημέρες".

Η χειμερινή περίοδος είναι πιο ήπια στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου σε σύγκριση με τη Ανατολική και Βόρεια Ελλάδα.

Κατά την ζεστή και ξηρή περίοδο, ο καιρός παραμένει σταθερός, ο ουρανός είναι σχεδόν καθαρός, ο ήλιος λάμπει και οι βροχές είναι σπάνιες, περιοριζόμενες σε σύντομα διαλείμματα με έντονες βροχοπτώσεις ή καταιγίδες.

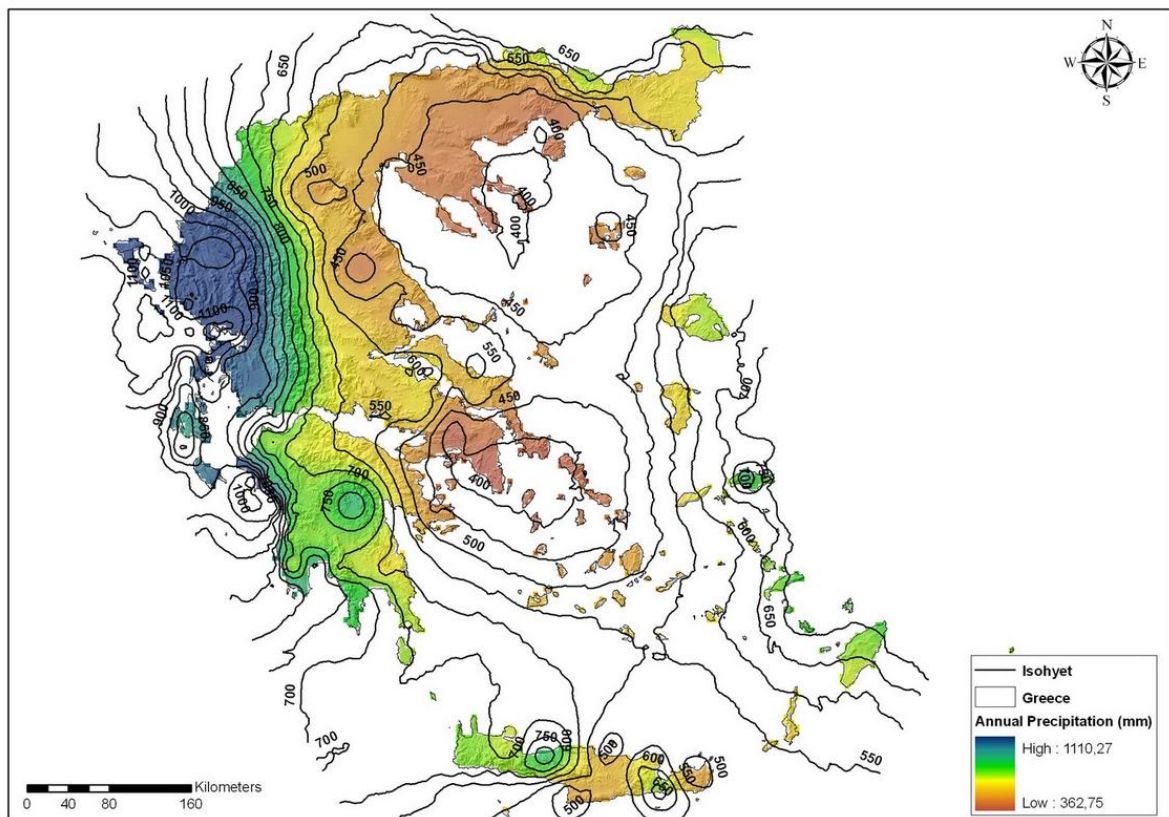
Η πιο ζεστή περίοδος του χρόνου είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου, όταν η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 °C έως 35 °C. Κατά τη διάρκεια της θερμής εποχής, οι υψηλές θερμοκρασίες ανακουφίζονται από τη δροσερή θαλασσινή αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας, καθώς και από τους βόρειους ανέμους που πνέουν κυρίως στο Αιγαίο.

Η Άνοιξη διαρκεί λίγο, καθώς ο Χειμώνας είναι αργοπορημένος και το Καλοκαίρι ξεκινά νωρίς. Αντίθετα, το Φθινόπωρο είναι μακρύ και ζεστό, συχνά παρατείνοντας τη διάρκεια του στη Νότια Ελλάδα μέχρι τα μέσα Δεκεμβρίου.

Köppen-Geiger Climate  
Map of Greece



• Σχήμα 3.1: Κλιματικός χάρτης της Ελλάδος.



• Σχήμα 3.2: Χάρτης υετού Ελλάδος.

## 4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Τα κύρια μετεωρολογικά φαινόμενα που παίζουν ρόλο την οικονομική και κοινωνική ζωή είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος, η βροχή, η υγρασία και η ατμοσφαιρική πίεση. Εστιάζω κυρίως σε αυτά, αν και υπάρχουν πολλά άλλα, καθώς θα τα εξετάσω και στο πρακτικό μέρος της διπλωματικής μου εργασίας.

### 4.1 Θερμοκρασία

Το κύριο χαρακτηριστικό της ατμόσφαιρας είναι η θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αποτελεί τον κύριο συντελεστή, από τον οποίο καθορίζονται η βλάστηση, το κλίμα και η ζωή σε έναν τόπο.

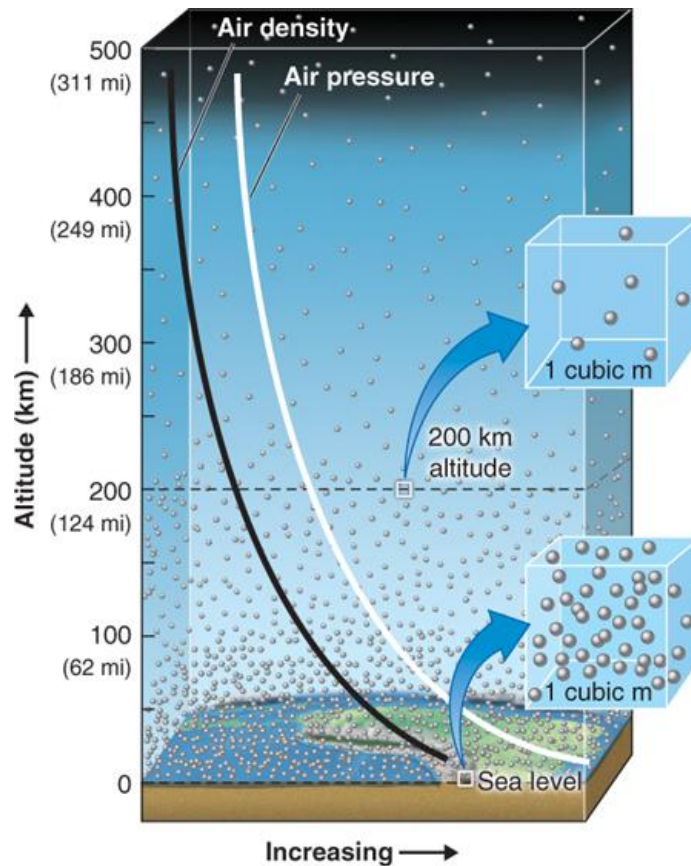
Η θερμοκρασία που έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από μια περιοχή ονομάζεται ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Για να γίνει η πρόγνωση του καιρού για μια περιοχή βασιζόμαστε κυρίως στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και της ατμοσφαιρικής πίεσης που επικρατούν στην περιοχή εκείνη αλλά και στις γύρω περιοχές. Οπότε όταν αναφερόμαστε στη θερμοκρασία αναφερόμαστε πάντα σε μια περιοχή είτε μικρή είτε μεγάλη αλλά στην περίπτωση μου θα αναφέρομαι μέχρι την εμβέλεια του μετεωρολογικού μου σταθμού. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μετράτε με τη χρήση θερμομέτρων και υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης. Οι πιο κοινές κλίμακες είναι οι Κελσίου (Celsius, σύμβολο C°), Κέλβιν (Kelvin, σύμβολο K°) και Φαρενάιτ (Fahrenheit, σύμβολο F°). Στην Ελλάδα, η κλίμακα που χρησιμοποιείται είναι η Κελσίου, η οποία ορίζεται ως εξής: «Το σημείο βρασμού του νερού είναι στους 100 C° και το σημείο πήξης του στους 0 C°». Η σχέση μεταξύ βαθμών Κελσίου και Φαρενάιτ εκφράζεται με τον παρακάτω τύπο:  $[^{\circ}\text{C}] \times 1,8 + 32 = [^{\circ}\text{F}]$ .

Η θερμοκρασία στα βουνά είναι, όπως είναι γνωστό, χαμηλότερη σε σύγκριση με τις πεδιάδες την ίδια στιγμή. Η μείωση της θερμοκρασίας σε σχέση με το ύψος συμβαίνει περίπου κατά 0,6 °C ανά 100 μέτρα. Αυτή η πτώση της θερμοκρασίας συνεχίζεται μέχρι περίπου τα 10.000 μέτρα, όπου φτάνει στους -50 °C. Πάνω από αυτό το ύψος, η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αρχίζει να αυξάνεται.

## 4.2 Ατμοσφαιρική-Βαρομετρική πίεση

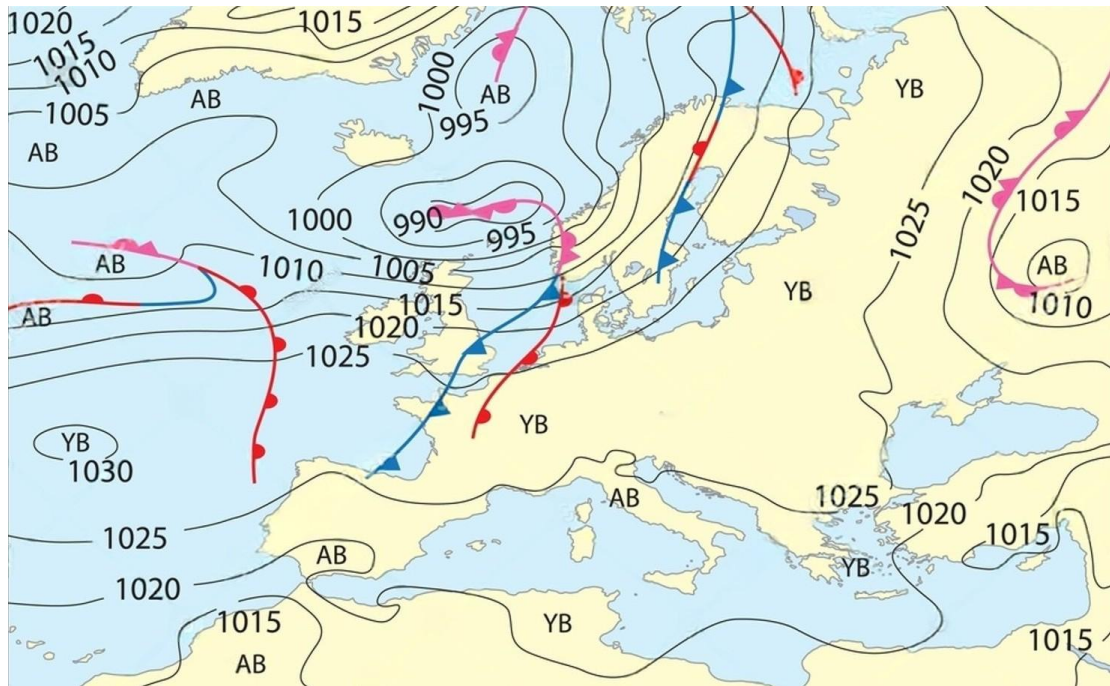
Το νερό και τα αέρια παραμένουν στην επιφάνεια της γης και δεν διαφεύγουν στο διάστημα λόγω της βαρύτητας. Ατμόσφαιρα ονομάζεται ένα πολύ λεπτό στρώμα αερίων που περιβάλλει την γη. Όλα τα σώματα που βρίσκονται μέσα στην ατμόσφαιρα πιέζονται από ένα βάρος το οποίο διαθέτει η ίδια η ατμόσφαιρα. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση υπολογίζεται σε χιλιοστόμετρα στήλης υδραργύρου, με την πίεση στη θάλασσα να είναι περίπου 760 χιλ. Hg. Στη μετεωρολογία, χρησιμοποιούμε επίσης τη μονάδα μιλλιμπάρ (mb), όπου 1000 mb ισούνται με 750 χιλ. Hg. Η τυπική πίεση στη στάθμη της θάλασσας εκφράζεται σε mb και είναι 1013.25. Στη φυσική, η πίεση μετράται σε Pascal (Pa), προς τιμήν του Blaise Pascal (1623-1662), όπου 1 Pascal ισούται με 0.01 μιλλιμπάρ ή 0.00001 μπαρ. Η χρήση του μιλλιμπάρ ως μονάδα ατμοσφαιρικής πίεσης καθιερώθηκε το 1929 και παρέμεινε σε χρήση και μετά το 1960, παρά την απόφαση για αλλαγή μονάδων και την εφαρμογή του συστήματος S.I. Ορισμένοι μετεωρολόγοι υιοθέτησαν τη μονάδα hectopascal (hPa), όπου το «hecto» (h) αντιστοιχεί σε 100. Έτσι, 1 hectopascal (hPa) ισούται με 100 Pa, που είναι ισοδύναμο με 1 mb. Επίσης, 100,000 Pa ισούνται με 1000 hPa, που ισούνται με 1000 mb. Με αυτή την τεχνική, οι δύο κυρίαρχες μονάδες μπορεί να έχουν διαφορετική ονομασία, αλλά η τιμή που αντιπροσωπεύουν είναι η ίδια. Για παράδειγμα, η τυπική ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 1013.25 mb ή 1013.25 hPa.

Καθώς ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερα υψόμετρα, η ποσότητα του αέρα που βρίσκεται από πάνω μας μειώνεται, με αποτέλεσμα να μειώνεται και η ατμοσφαιρική πίεση. Για παράδειγμα, σε ύψος 5.000-6.000 μέτρων, έχουμε ήδη το μισό της συνολικής ποσότητας αέρα της ατμόσφαιρας από κάτω μας, με την πίεση να φτάνει τα 500 mb. Σε ύψος 16.000 μέτρων, η πίεση μειώνεται στα 100 mb, γεγονός που σημαίνει ότι έχουμε ήδη το 90% της μάζας της ατμόσφαιρας από κάτω μας.



• Σχήμα 4.1: Αλλαγή ατμοσφαιρικής πίεσης ανά ύψος.

Η πίεση όπως και η θερμοκρασία διαφέρει από τόπο σε τόπο και αλλάζει κάθε μέρα και για τον ίδιο τόπο. Όταν ο αέρας που βρίσκεται από πάνω είναι θερμός τότε η πίεση είναι μικρή ενώ όταν είναι ψυχρός τότε η πίεση είναι μεγάλη. Όταν έχουμε κίνηση του αέρα προς τα κάτω τότε τα αντικείμενα πιέζονται προς το έδαφος και η πίεση αυξάνεται ενώ όταν ο αέρας κινείται προς τα πάνω υπάρχει αναρρόφηση και έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η πίεση. Αν πάρουμε όλα τα σημεία της επιφάνειας της γης που έχουν ίδια πίεση και τα ενώσουμε θα προκύψουν κάποιες καμπύλες γραμμές που ονομάζονται ισοβαρείς. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται ένας χάρτης που δείχνει την κατανομή των ισοβαρών γραμμών στην ευρωπαϊκή ήπειρο. Η ένδειξη L (LOW) υποδηλώνει περιοχές με χαμηλή βαρομετρική πίεση, συνήθως κάτω από 1015 mb. Σε αυτές τις περιοχές, είναι πιθανό να παρατηρηθούν φαινόμενα όπως βροχή, χαλάζι ή ακόμα και χιόνι, ειδικά όταν συνδυάζονται με χαμηλές θερμοκρασίες. Όσο πιο "βαθύ" είναι το βαρομετρικό χαμηλό (δηλαδή όσο χαμηλότερη είναι η πίεση στο κέντρο του), τόσο πιο εκτεταμένα θα είναι τα καιρικά φαινόμενα και οι πιθανές ζημιές. Αντίθετα, η ένδειξη H (HIGH) υποδεικνύει περιοχές με υψηλές βαρομετρικές πιέσεις, συνήθως πάνω από 1018 mb. Σε αυτές τις περιπτώσεις, επικρατούν αντικυκλωνικές συνθήκες, με αποτέλεσμα καλές καιρικές συνθήκες, ηλιοφάνεια και σχεδόν καθόλου άνεμο. [4]



• Σχήμα 4.2: Χάρτης Ευρώπης με τις ισοβαρείς καμπύλες.

### 4.3 Άνεμος

Αποτέλεσμα της οριζόντιας μετακίνησης του αέρα που δημιουργείται από τη διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης από περιοχή σε περιοχή είναι ο άνεμος. Η σημασία του ανέμου για τον άνθρωπο είναι ιδιαίτερα σημαντική και έχει μελετηθεί από τα αρχαία χρόνια κυρίως για τη ναυσιπλοΐα. Τα βασικά χαρακτηριστικά του ανέμου είναι η ένταση και η διεύθυνση. Εκτός από τη ναυσιπλοΐα στη σημερινή εποχή ο άνεμος είναι χρήσιμος για τον άνθρωπο και στη αεροπορική συγκοινωνία αλλά και στη παραγωγή ενέργειας με τη δημιουργία αιολικών πάρκων.

Ο άνεμος προσδιορίζεται ως προς τη διεύθυνση του όχι από το σημείο του ορίζοντα προς το οποίο κατευθύνεται, αλλά από το σημείο από το οποίο προέρχεται. Ο ορίζοντας χωρίζεται σε 16 διευθύνσεις, με κάθε μία να καλύπτει 22,5 μοίρες, και αυτή η διαίρεση ονομάζεται ανεμολόγιο. Οι κύριοι άνεμοι είναι οι Βόρειος, Ανατολικός, Νότιος και Δυτικός, που αντιστοιχούν σε γωνίες 0, 90, 180 και 270 μοιρών αντίστοιχα. Οι δευτερεύοντες άνεμοι περιλαμβάνουν τον Βορειοανατολικό, Νοτιοανατολικό, Νοτιοδυτικό και Βορειοδυτικό, με γωνίες 45, 135, 225 και 315 μοιρών αντίστοιχα. Η ένταση του ανέμου καθορίζεται από την ταχύτητά του, η οποία μετράται σε χιλιόμετρα ανά ώρα ή σε κόμβους (ναυτικά μίλια ανά ώρα). Στην πράξη, καθώς οι ναυτικοί δεν είχαν στη διάθεσή τους ανεμόμετρα, χρησιμοποιούσαν μια εμπειρική κλίμακα που επινόησε ο Άγγλος Ναύαρχος Μποφόρ, η οποία βασίζεται σε οπτικές παρατηρήσεις. Αυτή η κλίμακα, προς τιμήν του, είναι γνωστή παγκοσμίως ως κλίμακα Μποφόρ (Beaufort) μέχρι σήμερα.

## 4.4 Υγρασία

Η ποσότητα των υδρατμών που περιέχει ο ατμοσφαιρικός αέρας διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από ώρα σε ώρα. Στον αέρα δεν γίνεται να υπάρχει απεριόριστη ποσότητα υδρατμών αλλά σε κάθε θερμοκρασία υπάρχει μια μέγιστη περιεκτικότητα υδρατμών. Κορεσμένος λέγεται ο αέρας που περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα. Η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας μειώνεται ανάλογα με το πόσο ψυχρός είναι. Έτσι αν μια μάζα θερμού και υγρού αέρα ψυχθεί κάποια στιγμή θα φτάσει μια θερμοκρασία που δεν μπορεί να κρατήσει τους υδρατμούς που έχει. Το νέφος δημιουργείται από τους υδρατμούς οι οποίοι περισσεύουν και συμπυκνώνονται σαν σταγονίδια πάνω στα αιωρούμενα σωματίδια. Η δρόσος δημιουργείται όταν δεν συμπυκνωθούν πάνω σε ψυχρά αντικείμενα. Στο σημείο δρόσου φτάνουμε όταν η θερμοκρασία του ακόρεστου αέρα καθώς ψήχεται φθάσει τον κορεσμό.

Η υγρασία είναι καθοριστική για τη βλάστηση, το κλίμα και τη ζωή σε μια περιοχή. Σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες, η υγρασία επηρεάζει σημαντικά την αίσθηση άνεσης ή δυσφορίας που βιώνουμε. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι νιώθουμε άνετα σε έναν κλιματιζόμενο χώρο με θερμοκρασία 26°C και υγρασία 50%. Ωστόσο, αυξημένα επίπεδα υγρασίας μπορεί να προκαλέσουν δυσφορία. Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε τη σχετική θερμοκρασία που αισθάνεται το ανθρώπινο σώμα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, καθώς και οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τον συνδυασμό υψηλής υγρασίας και θερμοκρασίας για την υγεία μας.

ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
ΒΑΘΜΟΙ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΔΕΙΚΤΗ																
21						22	23	23	24	24	26	26	27	27	28	29	29
22						23	23	24	24	26	26	27	28	28	29	29	31
23					23	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	32	33
24				25	26	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
25				26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37
26				27	28	28	29	31	31	32	33	34	35	36	37	38	39
27			28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
28			28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	41	42	43
29			30	31	32	33	34	36	37	38	39	41	42	43	44	45	46
30		31	31	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	46	47	48
31		31	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	46	48	49	50
32		33	34	36	37	38	39	41	42	43	45	46	47	49	50	51	52
33		34	36	37	38	40	42	43	44	46	47	48	50	51	52	54	55
34		36	37	39	41	42	43	45	47	48	49	51	52	53	55	57	58
35		37	38	41	42	43	45	47	48	49	51	52	54	56	57	58	
36		38	40	42	43	45	47	48	50	51	53	54	56	57	58		
37		40	42	43	45	47	49	50	51	53	55	57	58				
38	40	42	43	46	47	49	51	52	54	56	57						
39	41	43	45	47	49	51	53	54	56								
40	43	44	47	49	51	52	54	57									
41	44	46	48	50	52	54	56										
42	46	48	50	52	54	56											

• Σχήμα 4.3: Θερμικός δείκτης δυσφορίας.

## 4.5 Βροχή

Η βροχή θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά μετεωρολογικά φαινόμενα που συμβαίνουν στη Γη. Μπορεί κάποιος να καταλάβει τη σημασία της από το γεγονός ότι χωρίς την βροχή δεν θα υπήρχε καθόλου ζωή στον πλανήτη μας. Έτσι θα πρέπει να αναφερθούμε αρκετά σε αυτή.

Η Βροχή ή βροχόπτωση θεωρείται ως μια υγρή κατακρήμνιση η οποία ανήκει στα υδρόμετέωρα ή υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα όπως λέγονται οι διαφορετικές μορφές του νετού, του οποίου άλλα είδη είναι το χιόνι, το χαλάζι και το χιονόνερο.

Το φαινόμενο της βροχής παρατηρείται στη Γη μόνο όταν ένα πυκνό στρώμα της ατμόσφαιρας το οποίο έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από το σημείο τήξης του νερού (άνω των 0 °C) βρεθεί κοντά στην επιφάνεια της Γης. Όταν η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών υδρατμών είναι σχετικά υψηλή τότε αυτοί μπορούν να υγροποιηθούν και να δημιουργηθούν σταγόνες νερού σε υγρή μορφή οι οποίες πρέπει να είναι αρκετά βαριές ώστε να πέσουν μέχρι την επιφάνεια. Μέσω τον συνδυασμό τριών δυνατοτήτων μπορεί να δημιουργηθεί βροχή:

- Ο αέρας να ψυχθεί, επομένως να μειωθεί η θερμοκρασία του, με αποτέλεσμα να χάνει την δυνατότητα να κρατάει τους υδρατμούς σε αέρια μορφή ή σε μικρά σταγονίδια σε κολλοειδή διασπορά δηλαδή τα νέφη.
- Με την αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, ελαττώνεται η ικανότητα να κρατάει τους υδρατμούς σε αέρια μορφή ή σε σταγονίδια σε κολλοειδή διασπορά.
- Η αύξηση της συγκέντρωσης της υγρασίας οδηγεί στο να χάνει η ίδια την δυνατότητα συγκράτησής της στη πίεση και θερμοκρασία που αναφερόμαστε.

Καθώς οι υδρατμοί υγροποιούνται μέσα σε ένα νέφος, σχηματίζονται μεγαλύτερα υδροσταγονίδια. Σε μεγαλύτερα ύψη, όπου οι θερμοκρασίες είναι πολύ κάτω από το μηδέν, τα υδροσταγονίδια μετατρέπονται σε παγοκρυσταλλίδια, τα οποία συνεχώς αυξάνονται σε μέγεθος. Όταν οι σταγόνες γίνουν τόσο βαριές ώστε η ταχύτητα πτώσης τους να ξεπεράσει την ανοδική ταχύτητα του ρεύματος, αρχίζουν να πέφτουν προς τη γη με τη μορφή βροχής. Καθώς οι σταγόνες κατευθύνονται προς το έδαφος, περνούν μέσα από στρώματα αέρα τα οποία είναι θερμότερα, με αποτέλεσμα ένα μέρος τους να εξατμίζεται. Έτσι, είναι πιθανό μια βροχή που σχηματίζεται στα ανώτερα στρώματα να μην καταφέρει ποτέ να φτάσει στο έδαφος. Όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε θερμοκρασίες λίγο κάτω από το μηδέν, σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι, οι οποίοι έχουν τη μορφή χιονιού. Η Ελλάδα η οποία βρίσκεται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, το χιόνι εκεί είναι συχνό σε μεγάλα υψόμετρα, ενώ στη στάθμη της θάλασσας είναι σπάνιο. Αυτό συμβαίνει διότι, κατά την αργή πτώση του μέσω θερμότερου αέρα, το χιόνι τήκεται και φτάνει στα χαμηλότερα υψόμετρα ως νερό. Το χιλιοστόμετρο (mm) είναι η μονάδα με την οποία μετράμε τη βροχή. Στην πράξη, όταν αναφερόμαστε σε βροχή ύψους 1 mm, εννοούμε ότι η ποσότητα νερού που έχει πέσει ισοδυναμεί με 1 κιλό ανά τετραγωνικό μέτρο (1 kg/m<sup>2</sup>) ή 1 κυβικό μέτρο νερού ανά στρέμμα.

Με βάση τη ποσότητα του νερού που θα πέσει στη Γη ορίζονται η καλή καρποφορία της Γης και η ποικιλία της ζωής. Το νερό της βροχής όμως δεν είναι τελείως καθαρό και αυτό ισχύει κυρίως για τις βιομηχανικές περιοχές. Εξαιτίας του μεγάλου ποσού διαλυτικών ιδιοτήτων που έχει το νερό, έχει τη δυνατότητα να διαλύσει και τα αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και να έχει όξινη γεύση εξ ου και ο όρος «όξινη βροχή».

Με την πτώση του μεταφέρει και άλλες ουσίες τις οποίες δεν πρόλαβε να διαλύσει ή δεν διαλύονται στο νερό. Γι' αυτό όταν πέφτει η βροχή παρασύρει καπνιές, κονιορτό και άλλες ρυπογόνες ουσίες οι οποίες βλάπτουν την ατμόσφαιρα. Αυτό μπορεί να το εντοπίσει κάποιος από τα λασπώδη αντικείμενα τα οποία λερώνουν οτιδήποτε βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο.

Κάποιες φορές, η βροχή έχει κοκκινωπή απόχρωση. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται στην Ελλάδα, καθώς και σε άλλες Μεσογειακές χώρες, και είναι γνωστό ως «αιματοειδής βροχή». Οφείλεται σε ανέμους που πνέουν από νότιες κατευθύνσεις, οι οποίοι μεταφέρουν από τη Βόρεια Αφρική πολύ λεπτή κοκκινωπή άμμο, η οποία παρασύρεται από τη βροχή κατά την πτώση της.

Στη περίπτωση που τα μόρια των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα δημιουργήσουν σύννεφα ή νέφη τότε σχηματίζεται η βροχή. Τα μόρια αυτά μαζεύονται σε ένα κέντρο συμπύκνωσης το οποίο είναι όσο ένας κόκκος σκόνης και αρχίζουν έτσι να σχηματίζουν σταγόνες. Εξαιτίας της βαρύτητας όταν η σταγόνα φτάσει ένα συγκεκριμένο βάρος τότε έλκεται και πέφτει στη γη. Στη περίπτωση που η βροχή δεν φτάνει το έδαφος είναι όταν ο αέρας ανάμεσα στο έδαφος και στα σύννεφα είναι πολύ ξηρός.

Όταν φτάσουν στην επιφάνεια της γης τα σταγονίδια της βροχής έχουν διάμετρο από 0,05 - 0,06 εκατοστά. Αν έρθουν σε επαφή όμως με ψυχρή επιφάνεια τότε όμως υπάρχει και η πιθανότητα να παγώσουν.

Τα νέφη που προκαλούν βροχές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Από τις στρωματοσωρείτες, οι οποίες προσφέρουν βροχή ψεκάδων ή βροχή μεγάλης διάρκειας και τα στρωματομόρφα νέφη προέρχονται οι σωρειτομελανίες. Αντίθετα, από τα σωρειτόμορφα νέφη, όπως τα υψιστρώματα και τα μελανοστρώματα, παρατηρείται ραγδαία βροχή ή όμβροι, οι οποίοι όμως διαρκούν για μικρό χρονικό διάστημα. [3]

## 5. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα μιλήσουμε για τα όργανα μετρήσεων των μετεωρολογικών φαινομένων που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

### 5.1 Θερμοκρασία

Μέσω κοινών υδραργυρικών θερμομέτρων γίνεται η καταμέτρηση των τιμών της θερμοκρασίας ενώ η καταγραφή της πραγματοποιείται με τους θερμογράφους. Για να είναι πιο ακριβής η μέτρηση της θερμοκρασίας θα πρέπει και τα θερμομέτρα αλλά και οι θερμογράφοι να είναι τοποθετημένα σε ένα μετεωρολογικό κλωβό και η μέτρηση να γίνεται πάντα υπό σκιά.

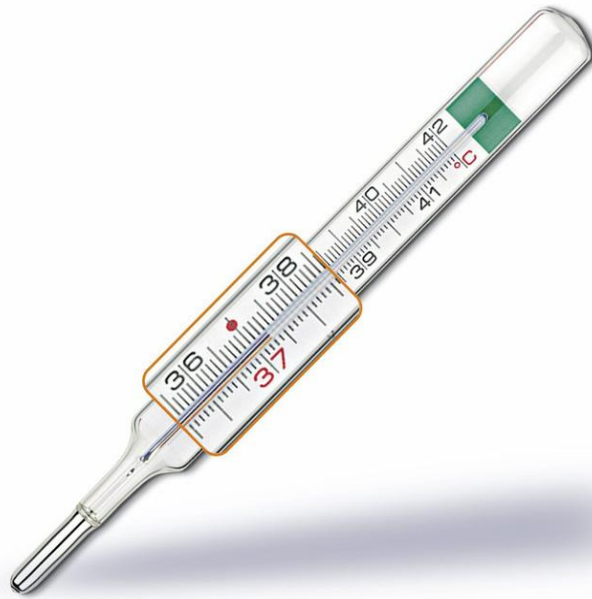
Το υδραργυρικό θερμοόμετρο καταφέρνει να δώσει τη θερμοκρασία του αέρα με βαθμό ακρίβειας ενός δέκατου βαθμού Κέλσιου. Είναι απαραίτητη η προσαρμογή του ματιού από

τον μετεωρολόγο στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου ώστε να μπορέσει να διαβάσει τη τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου στην κλίμακα που έχει πάνω του τοποθετημένο το θερμόμετρο.

Άλλη μια κατηγορία οργάνων μέτρησης της θερμοκρασίας αποτελούν τα ακροβάθμια θερμόμετρα, τα οποία τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη και αποτελούνται από το ελαχιστοβάθμιο και από το μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο. Ο υδράργυρος βρίσκεται στον εσωτερικό σωλήνα του μεγιστοβάθμιου θερμόμετρου, ο οποίος διαθέτει μία στένωση για να μπορεί να αποκλείεται η επιστροφή του υδραργύρου, ύστερα από συστολή εξαιτίας της ψύξης. Όταν 'τινάζουμε' το θερμόμετρο τότε το θερμόμετρο επανέρχεται στη αρχική του τιμή. Η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα μπορεί να φανεί στη ελεύθερη άκρη της στήλης του υδραργύρου.

Το ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο διαφέρει από τα υπόλοιπα θερμόμετρα καθώς περιέχει οινόπνευμα αντί για υδράργυρο. Μέσα στο οινόπνευμα κινείται ένας μικρός μεταλλικός δείκτης, που έχει σχήμα λεπτού αλτήρα και μήκος περίπου 2 εκ. Εξαιτίας της ψύξης το οινόπνευμα συστέλλεται και ο δείκτης παρασύρεται από την ελεύθερη άκρη της στήλης του οινόπνευματος προς τη λεκάνη του θερμομέτρου. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και το οινόπνευμα διαστέλλεται, ο δείκτης παραμένει ακίνητος και δεν ακολουθεί τη διαστελλόμενη στήλη. Έτσι, η ένδειξη της κλίμακας που αντιστοιχεί στο άκρο του δείκτη, που βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από τη λεκάνη, δείχνει την απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα, π.χ. κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Είναι γνωστό ότι αυτή η ελάχιστη τιμή καταγράφεται λίγο μετά την ανατολή του ηλίου. Η συνεχής καταγραφή Η αδιάκοπη καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα πραγματοποιείται μέσω του θερμογράφου. Στη συσκευή αυτή, ένα τμήμα της λειτουργεί ως υδρογράφος, ενώ ένα άλλο ως θερμογράφος.

Η γραφίδα του θερμογράφου ακουμπάει συνεχώς σε μια ταινία που είναι βαθμονομημένη σε βαθμούς Κελσίου (οριζόντιες γραμμές), ενώ οι κατακόρυφες γραμμές αναπαριστούν το χρόνο (χαραγμένες ανά 2 ώρες). Αυτή η γραφίδα συνοδεύεται με έναν μεταλλικό κύλινδρο, ο οποίος διαθέτει ωρολογιακό μηχανισμό που περιστρέφει τον κύλινδρο με σταθερή συχνότητα (μία πλήρη περιστροφή ανά εβδομάδα ή ανά 24 ώρες). Με αυτόν τον τρόπο, η γραφίδα καταγράφει στην ταινία μια συνεχή καμπύλη, από την οποία μπορεί κανείς να αντλήσει τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα σε τακτά χρονικά διαστήματα, όπως ανά ώρα.



- Σχήμα 5.1: Υδραργυρικό θερμόμετρο.

## 5.2 Υγρασία

Τα όργανα που μετράμε την υγρασία είναι τα εξής: τα υγρόμετρα, τα ψυχρόμετρα, συμπυκνωτικά, τα χημικά, τα ηλεκτρικά και τα απορροφήσεως. Τα πιο γνωστά στη μετεωρολογία είναι: ο υγρογράφος δια τριχών και τα ψυχρόμετρα August.

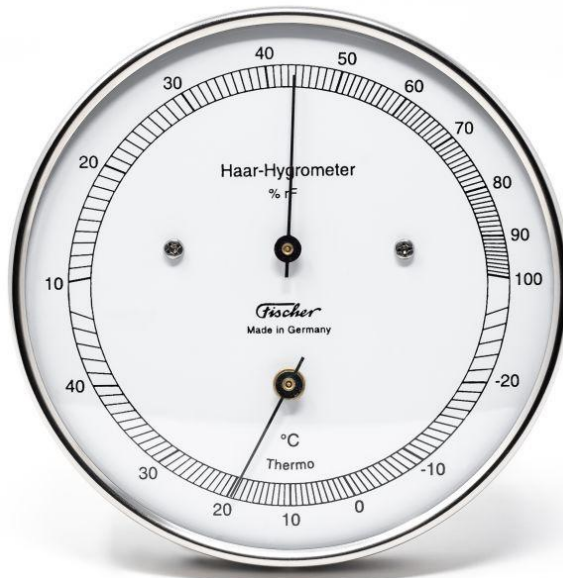
Το ψυχρόμετρο August διαθέτει δυο όμοια θερμόμετρα τα οποία είναι τοποθετημένα κατακόρυφα και βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους 10 cm το ένα από το άλλο. Το ένα θερμόμετρο βρίσκεται σε κατάσταση γυμνού και ξηρού και μας δείχνει την θερμοκρασία αέρος όταν το ελέγξουμε. Το άλλο θερμόμετρο διαθέτει ένα λεπτό ύφασμα το οποίο το καλύπτει και λέγεται υγρό. Με μια ειδική σύνδεση με ένα δοχείο το οποίο είναι γεμάτο νερό, το ύφασμα καταφέρνει να παραμένει πάντα υγρό.

Το υγρόμετρο δείχνει θερμοκρασία πιο χαμηλή σε σχέση με αυτή του ξηρού σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες ενώ σε ειδικές συνθήκες δείχνει ίδια προς αυτή. Όταν γίνεται αυτό λέμε ότι η σχετική υγρασία είναι 100 %. Ο έλεγχος των δύο θερμομέτρων (υγρό – ξηρό) είναι περιοδικός και γίνεται κάθε 24ωρο.



• Σχήμα 5.2: Ψυχρόμετρο August

Ο υγρογράφος δια τριχών είναι ένα όργανο που περιλαμβάνει ένα ειδικό σύστημα ανθρώπινων τριχών, οι οποίες αλλάζουν μήκος ανάλογα με την σχετική υγρασία. Αυτή η μεταβολή οδηγεί στην κάθετη κίνηση μιας γραφίδας πάνω σε μια χάρτινη ταινία, η οποία είναι τυλιγμένη γύρω από έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο. Η ταινία καταγράφει εβδομαδιαία τη σχετική υγρασία, η οποία κυμαίνεται από 0 έως 100%.



• Σχήμα 5.3: Υγρογράφος

### 5.3 Βαρομετρική πίεση

Η τιμή της μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσα σε διάστημα τριών ωρών σε σχέση με την αρχική ώρα μέτρησης λέγεται βαρομετρική πίεση. Το βαρόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε τη βαρομετρική πίεση. Οι κατηγορίες του οργάνου αυτού είναι τα μεταλλικά, τα αυτογραφικά και τα υδραργυρικά. Η βαρομετρική πίεση είναι ένα πολύ σημαντικό μετεωρολογικό στοιχείο και είναι αυτό που μπορεί να μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Οι προβλέψεις μετεωρολογικών φαινομένων που θα γίνουν στο άμεσο μέλλον δηλαδή εντός ενός 24ώρου είναι η κύρια χρήση του βαρόμετρου. Μια χαμηλή βαρομετρική πίεση σημαίνει ότι μια καταιγίδα πλησιάζει ενώ μια υψηλή βαρομετρική πίεση σημαίνει αίθριο καιρό, αλλά αυτά ισχύουν μόνο για μεταβολές τοπικού επιπέδου. Για τη σωστή μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης είναι αναγκαία η μέτρηση του υψόμετρου και της θερμοκρασίας όπου είναι τοποθετημένο το βαρόμετρο. Η τιμή της βαρομετρικής πίεσης μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από μια μικρή μεταβολή αυτών των μεγεθών.



- Σχήμα 5.4: Ένα τυπικό αναλογικό βαρόμετρο

## 5.4 Άνεμος

Τα όργανα με τα οποία καταγράφεται η διεύθυνση του ανέμου που πνέει αλλά και την ταχύτητα του λέγονται ανεμομετρικά. Οι ανεμοδείκτες και τα ανεμόμετρα είναι όργανα τα οποία ανήκουν σε εκείνη τη κατηγορία. Συνήθως τα όργανα αυτά τοποθετούνται όλα μαζί σε μια τοποθεσία. Γι' αυτό όταν λέμε για ανεμόμετρα τότε κάνουμε αναφορά και στους ανεμοδείκτες. Οι τύποι των ανεμομετρικών οργάνων είναι πάρα πολλοί και διακρίνονται σε αυτογραφικά ή σε άμεσης ανάγνωσης.

Οι αρκετά συνηθισμένο τα πλοία να είναι εξοπλισμένα με τέτοια ανεμομετρικά όργανα και κυρίως σε κρουαζιερόπλοια, επιβατηγά, σε όλα σχεδόν τα πολεμικά πλοία, σε ερευνητικά και στα «πλοία καιρού» τα όποια χαρακτηρίζονται σαν πλωτοί μετεωρολογικοί σταθμοί. Ο πιο γνωστός τρόπος στη πρόβλεψη των στοιχείων του ανέμου είναι με εκτίμηση από το ίδιο το άτομο καθώς με την εμπειρία του δεν διαφέρει η εκτίμηση από τις πραγματικές συνθήκες. Όμως για πιο ακριβή μέτρηση και για περισσότερη ασφάλεια σχετικά με την πραγματική κατάσταση του ανέμου χρησιμοποιούμε την κλίμακα Μποφόρ. Για τον εντοπισμό της κατεύθυνσης του ανέμου στη θάλασσα παίρνουμε πάντα υπόψιν τη διεύθυνση των κυμάτων. Ο άνεμος πνέει σχεδόν πάντα κάθετα ως προς τη γραμμή των κυμάτων και ακολουθεί την κατεύθυνση αυτή την οποία έχουν τα κύματα.



- Σχήμα 5.5: Ένα τυπικό ανεμόμετρο

## 5.5 Βροχή

Μια από τις πιο βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους η οποία έχει ιδιαίτερη σημασία και με την οποία το νερό σε μορφή σταγόνων φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι η βροχή. ο όρος "ύψος βροχής" είναι ο τρόπος με τον οποίο μετράμε την βροχή και έχει μονάδα μέτρησης τα εκατοστά (cm) ή τα χιλιοστά (mm). Τη ποσότητα του νερού που έχει πέσει πάνω

σε μία επιφάνεια παίρνοντας υπόψιν ότι η επιφάνεια είναι οριζόντια, το νερό συγκεντρώνεται όλο μαζί σε αυτή την επιφάνεια χωρίς να απορροφάτε ή να εξατμίζεται ή να απορρέει να εξατμίζεται την δείχνει το ύψος βροχής.

Τα βροχόμετρα είναι τα ειδικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της βροχόπτωσης. Το δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο θεωρείται ο πιο συνηθισμένος τύπος βροχόμετρου και χρησιμοποιείται για ημερήσιες μετρήσεις του ύψους της βροχής και ο βροχογράφος ο οποίος εκτός από το ύψος της βροχής μπορεί να μετρήσει και την ένταση της.



• Σχήμα 5.6: Ένα τυπικό βροχόμετρο

## 6. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε τον ορισμό του μετεωρολογικού σταθμού καθώς και μερικούς σύγχρονους μετεωρολογικούς σταθμούς που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά.

### 6.1 Ορισμός μετεωρολογικού σταθμού

Ένα συγκεκριμένο σημείο το οποίο βρίσκεται πάνω στο έδαφος και καταγράφει συνεχώς μετεωρολογικές παρατηρήσεις λέγεται μετεωρολογικός σταθμός. Πρόκειται για μια μόνιμη πλήρως εξοπλισμένη εγκατάσταση η οποία διαθέτει πολλά μετεωρολογικά όργανα εσωτερικά σε ένα μετεωρολογικό κλωβό ή έξω από αυτόν όπως σε ένα χώρο ή σε εξωτερικό χώρο όπως για παράδειγμα επαναλήπτες μετεωρολογικών οργάνων. Την τοποθεσία των σταθμών αυτών την ορίζει η κάθε χώρα έτσι ώστε συνολικά να μπορούν να δημιουργούν ένα ενιαίο δίκτυο μετεωρολογικής πρόβλεψης.

Κάθε μετεωρολογικός σταθμός διαθέτει έναν διεθνή αριθμό ταυτότητας ο οποίος είναι σημαντικός για τον εντοπισμό του σταθμού στο μετεωρολογικό χάρτη. Το προσωπικό των μετεωρολογικών σταθμών αποτελείται από επιστήμονες ή από άτομα ειδικά εκπαιδευμένα για την παρατήρηση μετεωρολογικών φαινομένων. Μετεωρολογικούς σταθμούς στη χώρα μας

μπορεί να βρει κάποιος στις μεγαλύτερες πόλεις, σε όλα τα αεροδρόμια της χώρας και στους μεγάλους λιμένες. Σε σύντομα χρονικά διαστήματα μέσω αυτών των σταθμών στέλνονται οι ενδείξεις των οργάνων με τη βοήθεια ειδικά κωδικοποιημένου σήματος. Οι παρατηρήσεις των μετεωρολογικών αυτών σταθμών καταχωρούνται σε μετεωρολογικούς χάρτες της συσκευασμένης περιοχής και με την μελέτη τους μπορούμε να κάνουμε τη πρόβλεψη του καιρού.

Σαν μετεωρολογικός σταθμός μπορεί να θεωρηθεί επίσης εκτός από τα ειδικής έρευνας επιστημονικά πλοία οτιδήποτε διαθέτει μετεωρολογικό κλωβό και παρατηρεί μετεωρολογικά φαινόμενα. Τα μηχανήματα αυτά διαθέτουν ειδικούς κωδικούς αριθμούς με τα οποία εκπέμπουν "μέτεο-σήματα" στη κεντρική μετεωρολογική υπηρεσία της χώρας στην οποία βρίσκεται ο σταθμός ή στη διεθνή μετεωρολογική υπηρεσία αν ο σταθμός βρίσκεται σε ωκεανό.[7]

## 6.2 Μετεωρολογικός κλωβός

Ο μετεωρολογικός κλωβός είναι μια ξύλινη κατασκευή, παρόμοια με κιβώτιο, που διαθέτει κιγκλιδωτό σκέπαστρο και διπλές ξύλινες περσίδες στις πλευρές. Χρησιμοποιείται για την καταγραφή διαφόρων μετεωρολογικών στοιχείων.

Οι μετεωρολογικοί κλωβοί περιλαμβάνουν διάφορα μετεωρολογικά όργανα, όπως ψυχρόμετρα, υγρόμετρα, και θερμόμετρα, καθώς και αυτογραφικά όργανα (όπως υδρογράφους, βαρογράφους, και θερμογράφους) που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των μεταβολών της θερμοκρασίας, της υγρασίας και πίεσης της ατμόσφαιρας. Οι μετεωρολόγοι ή άλλοι υπάλληλοι που έχουν αναλάβει αυτή την ευθύνη, καθώς και στρατευμένοι, καταγράφουν τις ενδείξεις αυτών των οργάνων σε τακτά χρονικά διαστήματα και τις διαβιβάζουν κωδικοποιημένα στην κεντρική μετεωρολογική υπηρεσία της χώρας όπου είναι εγκατεστημένοι. Συχνά, κοντά στους κλωβούς τοποθετούνται επίσης βροχόμετρα και εξατμισόμετρα.

Η κατασκευή του έχει σχεδιαστεί ώστε να προστατεύει τα μετεωρολογικά όργανα που περιέχει κυρίως από τις ακτίνες του Ήλιου, τη βροχή και άλλους ετερογενείς παράγοντες. Για αυτόν τον λόγο, τοποθετείται μακριά από κτίρια και δέντρα. Ο κλωβός τοποθετείται πάντα σε ξύλινη ή μεταλλική βάση και σε ύψος τουλάχιστον 1,20 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους. Τα διπλά, κιγκλιδωτά τοιχώματά του επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό, ενώ ταυτόχρονα προστατεύουν τα όργανα από την άμεση έκθεση σε ρεύματα αέρα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις. Συνήθως, η πόρτα του κλωβού είναι στραμμένη προς Βορρά, ώστε να αποφεύγεται η ηλιακή ακτινοβολία στα όργανα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όταν οι πόρτες είναι ανοιχτές.

Όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί διαθέτουν μετεωρολογικό κλωβό. Σε πόλεις που είναι μεγάλες σε έκταση συνηθίζεται η εγκατάσταση περισσότερων από ένα κλωβό ώστε οι ενδείξεις να είναι πιο ακριβείς και όχι με βάση μόνο μια γειτονία. Οι πιο συχνές τοποθεσίες εγκατάστασης είναι τα αεροδρόμια αλλά μπορούν να εγκατασταθούν σε κτήρια σχολών ή πανεπιστημιούπολεων.

Πολλά πλοία είναι εξοπλισμένα επίσης με μετεωρολογικό κλωβό όπως πολεμικά πλοία, κρουαζιερόπλοια και οπωσδήποτε σε ερευνητικά επιστημονικά πλοία. Τα πλοία δεν έχουν τους μετεωρολογικούς κλωβούς τους σε μόνιμη εξωτερική εγκατάσταση. Πριν από τη μέτρηση, οι συσκευές μεταφέρονται έξω από τον στεγασμένο χώρο και κρεμούνται σε ύψος 2 μέτρων πάνω από το κατάστρωμα, πάντα στην πλευρά όπου φυσάει ο άνεμος. Με αυτόν τον τρόπο, διασφαλίζεται ότι διατηρούν μια σταθερή κάθετη θέση, χωρίς να επηρεάζονται από κλυδωνισμούς.



Σχήμα 6.1: Μετεωρολογικός κλωβός

### 6.3 Σύγχρονοι μετεωρολογικοί σταθμοί στην αγορά

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μετεωρολογικών σταθμών στο εμπόριο. Οι κατηγορίες των μετεωρολογικών σταθμών που υπάρχουν αφορούν άτομα τα οποία θέλουν έναν μετεωρολογικό σταθμό για διακόσμηση του σπιτιού του μέχρι και άτομα τα οποία θέλουν να ασχοληθούν με περισσότερη εξειδίκευση με το καιρό.[5]

#### Life Wes-300 Μετεωρολογικός Σταθμός

- \* Ψηφιακό θερμόμετρο εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας.
- \* Δυνατότητα επιλογής μονάδας μέτρησης θερμοκρασίας °C ή °F.
- \* Εύρος μετρήσιμης εσωτερικής θερμοκρασίας: 0°C - +50°C.
- \* Εύρος μετρήσιμης εξωτερικής θερμοκρασίας: -20°C - +60°C.
- \* Εμφάνιση ημερήσιας κατώτατης/ μέγιστης θερμοκρασίας και υγρασίας (Lo/Hi).
- \* Υγρόμετρο εσωτερικού και εξωτερικού χώρου: εύρος μετρήσιμης υγρασίας 20% - 95% RH.
- \* Ένδειξη τάσης της βαρομετρικής πίεσης.
- \* Δυνατότητα επιλογής μονάδας μέτρησης βαρομετρικής πίεσης hPa/mb ή mmHg ή inHg.
- \* Εύρος μετρήσιμης βαρομετρικής πίεσης: 600 hPa / mb - 1100 hPa / mb.
- \* Ένδειξη μετρήσεων της βαρομετρικής πίεσης των τελευταίων 12 ωρών.
- \* Έγχρωμη ψηφιακή οθόνη LCD 5.7" εντυπωσιακών χρωμάτων.
- \* Πρόγνωση καιρού και ένδειξη με 7 διαφορετικά εικονίδια.
- \* Ειδοποίηση σε περίπτωση παγετού.
- \* Ένδειξη σεληνιακής φάσης.
- \* Ένδειξη ημερομηνίας και ημέρας της εβδομάδας.

- \* Ψηφιακό ρολόι (12/24h).
- \* Λειτουργία αφύπνισης και snooze.
- \* Έγχρωμη οθόνη LCD με οπίσθιο LED φωτισμό.
- \* Ενσωματωμένο stand για επιτραπέζια τοποθέτηση.
- \* Διαστάσεις μονάδας: 164.5 x 124 x 53mm.
- \* Διαστάσεις οθόνης: 120 x 82 mm.
- \* Λειτουργεί με το συμπεριλαμβανόμενο τροφοδοτικό DC 4.5V 200 mAh ή με μπαταρίες 2 x AA (δεν συμπεριλαμβάνονται).
- \* Ασύρματος εξωτερικός αισθητήρας (πομπός).
- \* Συχνότητα μετάδοσης: 433.92MHz.
- \* Εμβέλεια μετάδοσης πομπού: max. 60m.
- \* Δυνατότητα επιτραπέζιας ή επιτοίχιας τοποθέτησης.
- \* Διαστάσεις: 97 x 50 x 32mm.
- \* Λειτουργεί με μπαταρίες: 2 x AA (δεν συμπεριλαμβάνονται).



• Σχήμα 6.2: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Life WES-300.

### **TFA 35.1100**

- Ασύρματη μετάδοση εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω πομπού
- Ένδειξη εσωτερικής θερμοκρασίας
- Εύρος θερμοκρασίας: -40...+60°C (εξωτερική), -10...+50°C (εσωτερική)
- Εύρος υγρασίας: 1...99%

- Μέγιστο εύρος: 100 / 30 μ
- Συχνότητα μετάδοσης: 433MHz
- Πλαστικό
- Ραδιοελεγχόμενο ρολόι
- Επιτοίχιο ή Επιτραπέζιο
- Μπαταρία: 4 x AA 1.5 V, 2 x AA 1.5 V (πομπός), 2 x AA 1.5 V (βροχόμετρο), 2 x AA 1.5 V (μετρητής ανέμου) περιλαμβάνονται
- Διαστάσεις: 260 X 40 X 195 mm
- Βάρος: 876g

Περιεχόμενα συσκευασίας:

- Εξωτερικός ασύρματος αισθητήρας θερμοκρασίας (πομπός)
- Ηλιακός πομπός αιολικής ενέργειας
- Βροχόμετρο
- Σταθμός με οθόνη
- Αντάπτορας



- Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός TFA 35.1100

## Bresser Beaufort 5-in-1 Weather Centre 7002525

- Οθόνη: Μεγάλη έγχρωμη οθόνη με ευανάγνωστη διάταξη.
- Αισθητήρας 5-σε-1: Μετρά εξωτερική θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, και ποσότητα βροχόπτωσης.
- Εσωτερικές Μετρήσεις: Θερμοκρασία, υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση.
- Προβλέψεις Καιρού: Γραφική απεικόνιση τάσης καιρού για τις επόμενες 12 ώρες.
- Ιστορικό Δεδομένων: Απεικόνιση ιστορικών δεδομένων βροχόπτωσης (ημέρα/εβδομάδα/μήνας) και μεταβολών ατμοσφαιρικής πίεσης (1, 3, 6, 12 και 24 ώρες).
- Λειτουργίες Ρολογιού: Αυτόματη ρύθμιση ώρας και ημερομηνίας μέσω σήματος DCF, εμφάνιση φάσεων σελήνης, λειτουργία αφύπνισης με αναβολή και ειδοποίηση παγετού.
- Ενδείξεις Άνεσης: Δείκτης εσωτερικού κλίματος, αισθητή θερμοκρασία, σημείο δρόσου, δείκτης ψύχους και δείκτης θερμότητας.
- Τροφοδοσία: Μετασχηματιστής ρεύματος με εφεδρική μπαταρία CR2032 (δεν περιλαμβάνεται).

Περιεχόμενα συσκευασίας:

- Σταθμός βάσης με έγχρωμη οθόνη.
- Αισθητήρας 5-σε-1 για εξωτερικές μετρήσεις.
- Μετασχηματιστής ρεύματος.
- Οδηγίες χρήσης.



- Σχήμα 6.4: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Bresser Beaufort 5-in-1 Weather Centre 7002525

## 7. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ

Όλες οι συσκευές που μπορούν να καταγράψουν μια φυσική ποσότητα και να την μετατρέψουν σε ηλεκτρικό σήμα στις περισσότερες περιπτώσεις λέγονται αισθητήρες. Μπορούμε να εντοπίσουμε πολλούς τρόπους με τους οποίους μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους αισθητήρες αυτούς και θα αναφερθούμε σε τρεις τρόπους στη συνέχεια. Ο πρώτος αφορά την ικανότητα σχετικά με το τι μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας με σημαντική διαφορά μεταξύ χημικών και φυσικών αισθητήρων. Οι φυσικοί αισθητήρες μετρούν φυσικά μεγέθη όπως μάζα, θέση, χρόνο, ρεύμα και μαζί τα σχετικά τους μεγέθη ενώ οι χημικοί μετρούν την ύπαρξη διαφορετικών αερίων σε μια συγκεκριμένη ατμόσφαιρα. Ο δεύτερος έχει να κάνει με τα υλικά στις φυσικές ιδιότητες πάνω στα οποία βασίζεται η λειτουργία του αισθητήρα με τις πιο βασικές κατηγορίες να είναι αισθητήρες με αγωγή, ημιαγωγή, μαγνητικά, υπεραγωγή και διηλεκτρικά υλικά. Ο τρίτος τρόπος έχει να κάνει με τη χρήση του αισθητήρα με τις πιο σημαντικές κατηγορίες χρήσης να είναι στρατιωτική, βιομηχανική, ιατρική και περιβαλλοντική αλλά και τους αισθητήρες αυτοματισμού και μεταφοράς.

### 7.1 Οι πρώτοι αισθητήρες

Οι πρώτοι αισθητήρες που εντοπίστηκαν εμφανίστηκαν μαζί με τα έμβια όντα και ήταν τα όργανα τους. Το αυτί και το μάτι αποτελούν 2 πολύ καλά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει ένα μικρό τμήμα του ηχητικού φάσματος, τις «ακουστικές συχνότητες και το δεύτερο ένα μικρό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Άρα ένα όργανο ή συσκευή το οποίο παράγει ένα σήμα το οποίο είναι κατανοητό για τον άνθρωπο και το οποίο αλλάζει με κάθε αλλαγή της τιμής του μπορούμε να πούμε ότι είναι ένας αισθητήρας. Τέτοια μεγέθη μπορεί να είναι η θερμοκρασία, η πίεση του αέρα, η υγρασία και η φωτεινότητα.

Μετά από κάποια χρονική περίοδο ο άνθρωπος καταλαβαίνει ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να μπορεί να λύσει καθημερινά προβλήματα όπως αυτό της μέτρησης της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του αέρα. Αμέσως μετά η θέληση του ανθρώπου να εξερευνήσει τη φύση αλλά και πολλοί άλλοι λόγοι οδηγούν στην ανάγκη για την μέτρηση πολλών άλλων φυσικών μεγεθών. Το 1585 εμφανίζεται το πρώτο θερμοόμετρο με την ονομασία <<θερμοσκόπιο>>. Το θερμοσκόπιο ουσιαστικά αποτελούσε μία συσκευή, με την βοήθεια της οποίας όταν υπήρξε μια

μεταβολή του όγκου του σώματος, έδειχνε το σημείο και την ύπαρξη της μεταβολής στη θερμοκρασία του σώματος ή την ύπαρξη μιας διαφοράς θερμοκρασιών χωρίς όμως να έχει τη δυνατότητα να δείξει την ακριβή τιμή της θερμοκρασίας. Είναι μια συσκευή η οποία είναι ανάλογη με το διαφορικό θερμόμετρο αλλά διαφέρει από αυτό λόγω της απλότητας της κατασκευής καθώς δεν διαθέτει θερμομετρική κλίμακα.[6]



• Σχήμα 7.1: Θερμοσκόπιο του 1585

## 7.2 Κατηγορίες αισθητήρων

Οι δυο κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι αισθητήρες με βάση το είδος του ηλεκτρικού σήματος που παρέχουν στην έξοδο τους είναι:

- Αισθητήρια ψηφιακής εξόδου: Στην έξοδο το σήμα της εξόδου είναι ψηφιακό δηλαδή παίρνει διακριτές τιμές. Η πληροφορία σχετικά με την τιμή του μετρούμενου μεγέθους βρίσκεται υπό τη μορφή σειράς παλμών ή δυαδικού αριθμού. Γι' αυτό το λόγο στη περίπτωση αυτή η μέτρηση δεν αλλοιώνεται τόσο εύκολα. Σε αυτή την περίπτωση το πλάτος της τάσης δεν είναι η πληροφορία αλλά και αυτό να αλλοιωθεί λίγο η πληροφορία μπορεί να διατηρηθεί το οποίο θα δούμε στην ανάλυση των σχετικών οργάνων μέτρησης.

- Αισθητήρια αναλογικής εξόδου: Στην έξοδο το σήμα της εξόδου είναι αναλογικό με την έννοια του συνεχούς. Η μετρούμενη μεταβλητή και το μέγεθος της είναι εξαρτωμένη από το πλάτος της τάσης που δίνει το αισθητήριο. Το βασικότερο μειονέκτημα των αισθητήριων αυτών είναι ότι το ηλεκτρικό σήμα μπορεί να έχει αλλοιώσει από τον ηλεκτρικό θόρυβο όπως για παράδειγμα παράσιτα. Οπότε θα υπάρχει σφάλμα κατά τη μέτρηση. Όταν βρισκόμαστε σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον τέτοιους θορύβους δεν μπορούμε να τους αποφύγουμε.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε διαφορετικές κατηγορίες αισθητήρων και θα συζητήσουμε μερικούς αντιπροσωπευτικούς τύπους για κάθε κατηγορία αισθητήρων.

### • Παθητικοί και ενεργητικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες αυτοί κατηγοριοποιούνται σε ενεργούς και σε παθητικούς. Η λειτουργία των παθητικών αισθητήρων είναι η παραγωγή ενός ηλεκτρικού σήματος ως αναταπόκριση σε κάποιο ερέθισμα χωρίς να απαιτούν ηλεκτρική ισχύ και μετατρέπουν την ενέργεια του εισερχόμενου σήματος στην μορφή του εξερχόμενου σήματος. Τέτοιοι αισθητήρες είναι η φωτοδίοδος και ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας. Σε σχέση με τους παθητικούς, οι ενεργοί αισθητήρες για να δημιουργήσουν το σήμα εξόδου χρειάζονται να καταναλώσουν ενέργεια την οποία θα την παρέχει κάποια εξωτερική πηγή. Ένα καλό παράδειγμα τέτοιων αισθητήρων είναι ο LM235 ο οποίος απαιτεί τάση τροφοδοσίας για τη λειτουργία του.

### • Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες αυτοί κατηγοριοποιούνται σε σχετικούς και απόλυτους. Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στη μέτρηση του αισθητήρα σε μια συγκεκριμένη κλίμακα. Ένας αισθητήρας μπορεί να χαρακτηριστεί ως απόλυτος, όταν το σήμα που παράγει αναφέρεται σε μια απόλυτη φυσική κλίμακα, η οποία είναι δεν εξαρτάται από τις συνθήκες μέτρησης, όπως συμβαίνει με τη μέτρηση της πίεσης σε σχέση με το κενό. Αντίθετα σχετικός αισθητήρας είναι αυτός που παράγει σήμα αναφερόμενο σε μια συγκεκριμένη κλίμακα τιμών, όπως συμβαίνει με το μανόμετρο.

### • Αισθητήρες γωνιακής και γραμμικής μετατόπισης

Γραμμική μετατόπιση είναι η μετακίνηση ενός σημείου ως προς άλλο κατά μήκος κάποιας ευθείας. Γωνιακή μετατόπιση είναι η γωνία η οποία διαγράφει μια ευθεία όταν περιστρέφεται γύρω από κάποιον άξονα περιστροφής.

### • Μαγνητικά αισθητήρια

Η λειτουργία αυτών των αισθητηρίων βασίζεται στην αλλαγή ενός μαγνητικού πεδίου το οποίο δημιουργείται από έναν μαγνήτη, ο οποίος είναι τοποθετημένος στο κινούμενο αντικείμενο. Όταν εντοπιστεί η μεταβολή, αυτή καταγράφεται από το αισθητήριο και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση. Το πιο απλό μαγνητικό αισθητήριο είναι ο μαγνητικός διακόπτης, ο οποίος αποτελείται από ένα ζευγάρι κλειστών επαφών που αλλάζουν κατάσταση όταν το αισθητήριο αλληλεπιδρά με ένα μαγνητικό πεδίο. Οι κυριότερες εφαρμογές τους βρίσκονται σε συστήματα ασφαλείας. Ένας τέτοιος διακόπτης ενεργοποιείται όταν ένας μαγνήτης πλησιάσει σε απόσταση περίπου 5 mm και απενεργοποιείται όταν ο μαγνήτης απομακρυνθεί στα 10-15 mm.



• Σχήμα 7.2: Μαγνητικό αισθητήριο σε σύστημα ασφαλείας

### • Αισθητήρια ταχύτητας

Μέσω της ανίχνευσης της μετατόπισης ενός αντικειμένου μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πραγματοποιείται η μέτρηση της ταχύτητας. Μπορούμε να κάνουμε αυτή την ανίχνευση είτε με ανιχνευτή αντικειμένου είτε με την οπτική μας. Με τον τρόπο της οπτικής γίνεται μέσω της ανάκλασης ή διακοπής μιας φωτεινής δέσμης πάνω στο αντικείμενο. Οι ανιχνευτές αντικειμένου λειτουργούν μέσω της ανίχνευσης της μεταβολής που δημιουργείται σε κάποιο μέγεθος όταν ένα αντικείμενο εντοπιστεί μέσα στην περιοχή ανίχνευσης που διαθέτει ο ανιχνευτής. Σε αυτή τη μέθοδο μπορούμε να κατατάξουμε και τους μηχανικούς καταμετρητές κάθε κατηγορίας οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μέτρηση μαγνητικών παλμών ή οπτικών.

### • Αισθητήρες επιτάχυνσης

Στη πιο απλή μορφή του ένας αισθητήρας επιτάχυνσης διαθέτει μια μάζα η οποία είναι τοποθετημένη πάνω σε σπειροειδή ελατήρια με ένα συγκεκριμένο τρόπο ώστε η μάζα να μπορεί να μετακινηθεί σε μια διεύθυνση. Αν εντοπιστεί επιτάχυνση  $s$  σε αυτή την διεύθυνση, η μάζα  $b$  θα μετακινείται κατά απόσταση  $d$ . Την αλλαγή της θέσης μπορούμε να την μετρήσουμε και με πολλούς άλλους τρόπους και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε την τιμή της επιτάχυνσης.

### • Αισθητήρες δύναμης παραμόρφωσης

Σε όλες τις εφαρμογές της, η μέτρηση της δύναμης γίνεται έμμεσα, δηλαδή μέσω της παραμόρφωσης που προκαλεί όταν ασκείται σε κατάλληλα επιλεγμένα μηχανικά στοιχεία, όπως ένα διάφραγμα μια ράβδος, ένα ελατήριο ή ένα διάφραγμα. Η παραμόρφωση, η οποία είναι ανάλογη της δύναμης σύμφωνα με τον νόμο του Hook όταν είναι μικρή, μετράτε στη συνέχεια με τη βοήθεια ενός αισθητηρίου θέσης ή παραμόρφωσης. Συνήθως χρησιμοποιείται το μηκυνσιόμετρο ή ο μετρητής παραμόρφωσης, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιείται το LVDT.

Το πρόβλημα που συναντάμε όταν προσπαθούμε να μετρήσουμε τη δύναμη με τον παραπάνω τρόπο είναι ότι οι παραμορφώσεις είναι εξαιρετικά μικρές. Για αυτόν τον λόγο έχουν δημιουργηθεί ειδικές διατάξεις για τη μέτρηση των παραμορφώσεων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι παραμορφώσεις πρέπει να μετρούνται και σε άλλες περιπτώσεις, ανεξάρτητα από τη μέτρηση της δύναμης. Για παράδειγμα, οι μετρήσεις παραμορφώσεων σε κατασκευές είναι απαραίτητες για να διαπιστωθεί η αντοχή τους, όπως σε μεγάλους γερανούς και γέφυρες.

Το μηκυνσιόμετρο ενσωματωμένου συρματίδιου (bonded wire strain gauge) θεωρείται ο πιο γνωστός αισθητήρας παραμόρφωσης. Η λειτουργία του βασίζεται στο γεγονός ότι η ηλεκτρική αντίσταση ενός συρματίδιου είναι εξαρτημένη εκτός από άλλους παράγοντες και από τη διατομή και από το μήκος του. Όταν λόγω της επίδρασης κάποιας άλλης δύναμης εντοπιστεί παραμόρφωση στο συρματίδιο, τότε μεταβάλλεται και η διατομή και το μήκος του, που σημαίνει ότι μεταβάλλεται και η ηλεκτρική του αντίσταση.

### • Αισθητήρες θερμοκρασίας

Η κατηγορία αισθητήρων στην οποία υπάρχουν τόσα διαφορετικά όργανα στην αγορά και σε σχετικά χαμηλές τιμές για την καταμέτρηση της θερμοκρασίας είναι οι αισθητήρες θερμοκρασίας. Η μέτρηση και ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι σημαντικός σε πολλούς τομείς και σε πολλές χρήσεις για αυτό θα ήθελα να δώσω μια εικόνα σχετικά με το πλήθος οργάνων που υπάρχουν για τη μέτρηση της. Τα δυο φαινόμενα τα οποία χρησιμοποιούν οι περισσότεροι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι: η αλλαγή συγκεκριμένων ηλεκτρικών ιδιοτήτων του όταν αλλάζει η θερμοκρασία περιβάλλοντος και φυσικών διαστάσεων του αισθητήρα λόγω της θερμικής διαστολής.

- **Θερμόμετρα υγρού**

Αποτελούν την αρχαιότερη κατηγορία θερμομέτρων που υπάρχουν αλλά χρησιμοποιούνται αρκετά ακόμη και σήμερα λόγω του χαμηλού κόστους τους. Δεν είναι σημαντικό να αναφερθεί η λειτουργία τους καθώς είναι πολύ απλή και σχετικά γνωστή.

Το πρόβλημα το οποίο έχουν τα θερμόμετρα υγρού είναι ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αισθητήρια σε συστήματα αυτόματου ελέγχου και ούτε μπορούν να δώσουν μέτρηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, παρόλο που έχουν υπάρξει προσπάθειες και υπάρχουν μερικοί τύποι κατάλληλοι γι' αυτό το σκοπό.

- **Αισθητήρια θερμοκρασίας διμεταλλικού τύπου**

Στη δεύτερη κατηγορία αισθητηρίων θερμοκρασίας, είναι οι αισθητήρες οι οποίοι για τη σωστή λειτουργία τους βασίζονται στο φαινόμενο της διαστολής των μετάλλων. Συγκεκριμένα στη ιδιότητα ενός διμεταλλικού ελάσματος, το οποίο είναι ένα έλασμα το οποίο διαθέτει 2 συγκολλημένα μεταξύ τους ελάσματα και το συγκεκριμένο έλασμα κάμπτεται με την άνοδο της θερμοκρασίας.

Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα ελάσματα πρέπει να έχουν διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής και λόγω αυτής της ανισορροπίας του διμεταλλικού ελάσματος στη διαστολή του, εντοπίζεται η κάμψη.

Όταν τοποθετήσουμε σταθερά το ένα άκρο του ελάσματος, τότε το άλλο μετακινείται, και η θέση του θα αποτελέσει την ένδειξη της θερμοκρασίας. Μέσω της χρησιμοποίησης ενός αισθητηρίου θέσης μπορούμε να πάρουμε ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της θερμοκρασίας μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτού του είδους αισθητήρες υπάρχουν σε μεγάλο αριθμό στην αγορά λόγω της απλότητας τους και του χαμηλού τους κόστους.

Η βασική χρήση του διμεταλλικού ελάσματος διαθέτει πολλές διαφορετικές παραλλαγές. Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες είναι η χρήση του ως επαφή που ανοίγει ή κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Σε αυτή την περίπτωση, η συσκευή που προκύπτει είναι ο γνωστός θερμοστάτης. Οι θερμοστάτες χρησιμοποιούνται σε οικιακές συσκευές, όπως τοστιέρες και σίδερα, για τον έλεγχο της κεντρικής θέρμανσης, καθώς και σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτείται έλεγχος θερμοκρασίας δύο θέσεων (ON-OFF).

- **Θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης**

Σε αυτή την κατηγορία οι αισθητήρες εξαρτώνται από το φαινόμενο της μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης των ημιαγωγών και των μετάλλων όταν εντοπιστούν μεταβολές στη θερμοκρασία.

Η πιο απλή μορφή των συγκεκριμένων αισθητηρίων είναι ένα πολύ λεπτό σύρμα από νικέλιο ή χαλκό ή πλατίνα το οποίο αφού του δοθεί το κατάλληλο σχήμα το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εκείνο του μαιάνδρου, έπειτα κλείνεται σε προστατευτικό περίβλημα.

Το συγκεκριμένο αισθητήριο έχει την ικανότητα να χρησιμοποιηθεί είτε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού ή αερίου, εμβαπτίζοντας το στο ρευστό, είτε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας στερεών, όπου το αισθητήριο έχει τη μορφή λεπτού φιλμ και κολλάται στην επιφάνεια της οποίας θέλουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας, επομένως, σχετίζεται και πάλι με τη μέτρηση μικρών μεταβολών της ηλεκτρικής αντίστασης, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της παραμόρφωσης. Μια άλλη κατηγορία θερμομέτρων αντίστασης είναι τα θερμίστορ (thermistors). Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, που χρησιμοποιούν μεταλλικό στοιχείο αντίστασης, τα θερμίστορ διαθέτουν ημιαγωγό. Το πλεονέκτημά τους είναι η υψηλή ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τους μεταλλικούς αγωγούς, η αντίστασή τους μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Συνήθως, τα θερμίστορ έχουν αντίσταση περίπου 100 Ω σε υψηλές θερμοκρασίες και εκατοντάδες megaohms σε χαμηλές θερμοκρασίες..

Η χρήση των θερμίστορ αρχίζει να γίνεται πιο συχνή καθώς η αξιοπιστία τους γίνεται καλύτερη και το κόστος τους μειώνεται συνεχώς.

#### • Θερμοστοιχεία

Το θερμοστοιχείο αποτελεί άλλο ένα αισθητήριο θερμοκρασίας το οποίο διαθέτει μια αρχή λειτουργίας η οποία είναι γνωστή από παλιά και είναι το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο: Όταν δύο συρματίδια από διαφορετικά υλικά συνδέονται σε δύο διαφορετικά σημεία (επαφές) και σχηματίζουν έναν βρόχο, αν οι επαφές αυτές έχουν διαφορετική θερμοκρασία, τότε αναπτύσσεται τάση μεταξύ τους, η οποία είναι άμεσα ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας τους.

Απαιτούνται ευαίσθητα ηλεκτρονικά για τη σωστή μέτρηση τους καθώς οι τάσεις που δημιουργούνται είναι της τάξεως των μιλιβόλτς (mV). Επίσης για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία θα πρέπει να υπάρχει μια θερμοκρασία αναφοράς διότι το θερμοστοιχείο αντιλαμβάνεται μόνο διαφορές της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία αναφοράς που διαλέγουμε είναι συνήθως 0 °C και την προσομοιώνουμε ηλεκτρονικά. Δηλαδή σημαίνει ότι το κύκλωμα του αισθητηρίου παράγει την τάση που θα παρήγαγε μέσω της κρύας επαφής.

#### • Αισθητήρια πίεσεως

Η ασκούμενη σε μια επιφάνεια δύναμη δια της επιφάνειας είναι ο ορισμός της πίεσης, οπότε για να μετρήσουμε την πίεση θα πρέπει πρώτα να μετρηθεί η δύναμη που ασκεί αυτή πάνω σε μια γνωστή επιφάνεια. Γι' αυτό τον λόγο τα περισσότερα αισθητήρια πίεσης χρησιμοποιούν και κάποιο αισθητήριο δύναμης.

#### • Αισθητήρια στάθμης υγρού

Στη βιομηχανία είναι πολύ σημαντικό σε αρκετές εφαρμογές να παρακολουθούμε τη στάθμη που υπάρχει σε διάφορα δοχεία υγρών. Γι' αυτό τον λόγο υπάρχουν πολλά διαφορετικά αισθητήρια στάθμης. Σχεδόν όλα από αυτά τα αισθητήρια χρησιμοποιούν κάποιο πλωτήρα μαζί με ένα αισθητήριο γωνιακής ή γραμμικής θέσης. Μπορούμε επίσης να μετρήσουμε τη στάθμη του δοχείου με τη μέτρηση της πίεσης στο πυθμένα του δοχείου αλλά η τελευταία μέτρηση δεν θα είναι ακριβής.

#### • Αισθητήρια ροής

Στη κατηγορία αυτή το απλούστερο όργανο αισθητήρων που χρησιμοποιούμε είναι το κοινό όργανο μέτρησης που έχουμε στις κατοικίες μας για την κατανάλωση του νερού. Ο αισθητήρας αυτός μετράει ποσότητα υγρού και όχι την ροή δηλαδή την ποσότητα ανά μονάδα χρόνου, έτσι διαθέτει ένα περιστρεφόμενο δίσκο ο οποίος εγκλωβίζει το υγρό στο περίβλημά του και το οδηγεί προς την έξοδο. Με αυτόν τον τρόπο οι περιστροφές του δίσκου αντιστοιχούν στην ποσότητα του υγρού που καταναλώθηκε.

Κάποια άλλη κατηγορία αισθητήρων ροής χρησιμοποιούν ένα σωλήνα Ventouri ώστε να πραγματοποιούν τη μέτρηση. Όπως γνωρίζουμε όταν ο σωλήνας ροής στενεύει τότε η πίεση πέφτει και η πτώση της πίεσης είναι ανάλογη σε συγκεκριμένες συνθήκες της κατανάλωσης της παροχής.

Ένα μικροσκοπικό στρόβιλο χρησιμοποιείται από μια άλλη κατηγορία τέτοιων αισθητήρων. Όταν μέσα από το αισθητήριο περνάει η ροή, ο στρόβιλος που διαθέτει περιστρέφεται με ταχύτητα που είναι ανάλογη της παροχής μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες. Είναι απαραίτητο όμως να υπάρχει και ένα αισθητήριο ταχύτητας.

Τα αισθητήρια ροής που μόλις περιγράψαμε έχουν κοινό στοιχείο ότι πρέπει να βρίσκονται σε σειρά στο κύκλωμα όπου μετράμε την παροχή.

Στη σημερινή εποχή έχουν δημιουργηθεί αισθητήρια τα οποία δεν απαιτούν τέτοια σύνδεση. Τα καινούργια αυτά αισθητήρια διαθέτουν ένα πομπό και ένα δέκτη υπερήχων και λειτουργούν με βάση την εξάρτηση που έχει η ταχύτητα της διάδοσης του υπερήχου σε ένα υγρό στη ταχύτητα του υγρού και σε πολλούς άλλους παράγοντες.

### • Αισθητήρια υγρασίας

Οι διατάξεις που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τη σχετική υγρασία του κινούμενου αέρα ή περιβάλλοντος αέρα είναι οι αισθητήρες υγρασίας ή υγρόμετρα. Η λειτουργία τους μπορεί να βασίζεται σε ηλεκτρικές ή μηχανικές αρχές.

Τα μηχανικά υγρόμετρα δουλεύουν με τον κανόνα ότι ένα υγροσκοπικό υλικό (υλικό που έχει την ικανότητα να απορροφά νερό) διαστέλλεται όταν εκτίθεται σε υγρασία. Αυτή η διαστολή μετατρέπεται μηχανικά σε ηλεκτρική τάση, η οποία είναι ανάλογη με τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος όπου είναι εγκατεστημένος ο αισθητήρας. Τα μηχανικά υγρόμετρα χρησιμοποιούν οργανικά ή συνθετικά υγροσκοπικά υλικά, όπως χαρτί ξύλο, νάιλον και ξύλο.

Η αλλαγή ορισμένων ηλεκτρικών ιδιοτήτων των υγροσκοπικών υλικών όπως η συχνότητα ή χωρητικότητα και η αντίσταση χρησιμοποιούνται από τα ηλεκτρικά υγρόμετρα για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας. Οι κατηγορίες που χωρίζονται τα ηλεκτρικά υγρόμετρα είναι:

#### • Τα ωμικά υγρόμετρα ή υγρόμετρα αντίστασης.

Τα όργανα αυτά διαθέτουν ένα στρώμα υγροσκοπικού υλικού το οποίο βρίσκεται ανάμεσα από δυο ηλεκτρόδια. Η ηλεκτρική αντίσταση του υγροσκοπικού υλικού αλλάζει όταν εκείνο απελευθερώνει ή απορροφά υγρασία. Μέσω συγκεκριμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μπορούμε να εντοπίσουμε αυτή την αλλαγή και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση η οποία είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας.

#### • Τα χωρικά υγρόμετρα.

Τα συγκεκριμένα όργανα έχουν δυο αγωγίμες μεταλλικές πλάκες ανάμεσα από τις οποίες υπάρχει υγροσκοπικό υγρό όπως στο πολυμερές πλαστικό. Η χωρητικότητα μεταξύ των δυο πλακών αρχίζει να μειώνεται όταν το υγροσκοπικό υγρό αρχίζει να απορροφά υγρασία. Μέσω συγκεκριμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ανιχνεύουμε την μείωση της χωρητικότητας και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση η οποία είναι ανάλογη της υγρασίας.

#### • Τα κρυσταλλικά υγρόμετρα.

Διαθέτουν κρυστάλλους οι οποίοι είναι καλυμμένοι με υγροσκοπικό υγρό. Ο κρύσταλλος μέσω κατάλληλων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων παρουσιάζει μεταβολές και παράγει ταλαντώσεις οι οποίες έχουν σταθερή συχνότητα. Η συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου

αλλάζει όταν το υγροσκοπικό υλικό απορροφήσει υγρασία με αποτέλεσμα να αλλάζει η συνολική μάζα του κρυστάλλου και του υγροσκοπικού υλικού. Η αλλαγή της συχνότητας που εντοπίζεται είναι ανάλογη με τη σχετική υγρασία που υπάρχει.

### • Αισθητήρια βροχής

Ένας αισθητήρας βροχής είναι μια συσκευή που ενεργοποιείται όταν ανιχνεύει βροχόπτωση. Αυτές οι συσκευές έχουν πολλές εφαρμογές, όπως η απενεργοποίηση ενός συστήματος σε περίπτωση βροχής ή η ενεργοποίηση των υαλοκαθαριστήρων σε αυτοκίνητα. Συγκεκριμένα, η λειτουργία του αισθητήρα βροχής σε ένα αυτοκίνητο είναι αρκετά απλή. Ένας αγωγός LED εκπέμπει φωτεινή δέσμη προς το παρμπρίζ, έτσι ώστε όταν δεν υπάρχει υγρασία, η ένταση της ακτινοβολίας να αντανακλάται σε έναν φωτοαισθητήρα. Όταν οι πρώτες σταγόνες νερού ή η υγρασία αγγίζουν το παρμπρίζ, η αντανάκλαση αλλάζει. Όσο περισσότερες σταγόνες νερού υπάρχουν, τόσο μικρότερη είναι η ένταση της αντανάκλασης, γεγονός που οδηγεί σε ταχύτερη κίνηση των υαλοκαθαριστήρων. Οι πιο σύγχρονοι αισθητήρες βροχής χρησιμοποιούν υπέρυθρες δέσμες αντί για φυσικό φως, επιτρέποντας την τοποθέτησή τους σε σημεία του παρμπρίζ που δεν είναι ορατά. Οι αισθητήρες βροχής μπορούν να συνεργαστούν με τα ηλεκτρικά παράθυρα και την ηλιοροφή ώστε να κλείνουν αυτόματα σε περίπτωση βροχόπτωσης.

Άλλος ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να καταλάβουμε την αίσθηση της βροχής και είναι φθηνότερος από τον προηγούμενο είναι με την χρήση μια αντίστασης σεβαστού μεγέθους η οποία είναι ικανή να αλλάζει την τιμή της ανάλογα με το αν έρχεται σε επαφή με το νερό της βροχής ή όχι. Με βάση αυτής της αρχής δουλεύουν οι περισσότεροι αισθητήρες βροχής που υπάρχουν στα περισσότερα συστήματα.

## 8. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Ένας μικροεπεξεργαστής όταν συνδυάζεται μαζί με τα αναγκαία κυκλώματα υποστήριξης όπως είναι η μνήμη προγράμματος και δεδομένων αλλά και οι περιφερειακές μονάδες εισόδου και εξόδου, τότε αν τα τοποθετήσουμε στο ίδιο υλικό ώστε να δημιουργήσουν ένα στοιχειώδη υπολογιστή ο οποίος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και τη λήψη δεδομένων τότε λέμε ότι η διάταξη αυτή είναι ένας μικροϋπολογιστής. Με την τοποθέτηση των παραπάνω κομματιών που αποτελούν ένα μικροϋπολογιστή στο σώμα ενός ίδιου ολοκληρωμένου κυκλώματος όπως ένα chip τότε η διάταξη η οποία δημιουργείται λέγεται μικροελεγκτής.

Όταν έχουμε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο διαθέτει ενσωματωμένες περιφερειακές μονάδες (χρονιστές, σειριακές θύρες επικοινωνίας, θύρες, κλπ.) και μονάδες μνήμης οι οποίες είναι διαφορετικές από τη κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) τότε λέμε ότι αναφερόμαστε σε ένα μικροελεγκτή.

Αρα βλέπουμε ότι αρκετές συσκευές στη σημερινή εποχή μας βασίζονται τη λειτουργία τους στους μικροελεγκτές. Το μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα που διαθέτει ο κάθε μικροελεγκτής εσωτερικά του αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά:

- Μονάδα κεντρικής επεξεργασίας(CPU): Η ‘καρδιά’ του μικροελεγκτή.

- Μνήμη προγράμματος: Το μέρος όπου αποθηκεύεται ο κώδικας του προγράμματος (EEPROM, EPROM, ROM, Flash).
- Μνήμη RAM: Μνήμη τυχαίας προσπέλασης.
- Ταλαντωτής χρονισμού: Ο ρυθμός με τον οποίο εκτελείται το πρόγραμμα.
- Σύστημα επανατοποθέτησης και κύκλωμα ανίχνευσης βυθίσεων τάσης: Με το πρώτο πραγματοποιούμε τον μηδενισμό(reset) ενώ στον δεύτερο αντιλαμβάνεται βύθιση τάσης και θέτει τον μικροελεγκτή σε λειτουργία επανατοποθέτησης.
- Σειριακή θύρα επικοινωνίας: Ασύγχρονη σειριακή θύρα και σύγχρονη σειριακή θύρα.
- Ψηφιακή θύρα εισόδου-εξόδου: Η ανταλλαγή δεδομένων από και προς το εξωτερικό περιβάλλον η οποία πραγματοποιείται με την μορφή ενός bit τη φορά.
- Αναλογική θύρα εισόδου-εξόδου: Μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, όπου η κύρια χρήση τους είναι η ανάγνωση δεδομένων από αισθητήρες (θερμοκρασίας, κ.ά.). Μετατροπείς ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή σημάτων ήχου, οδήγηση κινητήρων, κλπ.
- Χρονιστής επιτήρησης: Αποφυγή πιθανής κατάρρευσης του συστήματος.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου: Σηματοδότηση συγκεκριμένων γεγονότων τα οποία πραγματοποιούνται με βάση την τρέχουσα ώρα (RTC).

Ακόμα, διαθέτει και τα εξής στοιχεία:

- έναν πλήθος από καταχωρητές ειδικού σκοπού (καταχωρητή δείκτη, καταχωρητή εντολών, μετρητή προγράμματος, καταχωρητή κατάστασης, συσσωρευτή).
- εσωτερικούς χρονιστές - απαριθμητές
- αριθμητική και λογική μονάδα (ALU).
- μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών.

Ένα σύνολο πολλών διαφορετικών μικροελεγκτών αποτελεί μια συγκεκριμένη οικογένεια μικροελεγκτών, στην οποία οι μικροελεγκτές διαθέτουν τον ίδιο πυρήνα αλλά ο καθένας τους βρίσκεται στην δικιά του συσκευασία, με τις δικές του περιφερειακές μονάδες και με τις δικιές του ταχύτητες στις οποίες λειτουργεί.

Οι μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα παρακάτω πεδία:

- Στις ηλεκτρονικές συσκευές
- Στις ηλεκτρικές συσκευές
- Σε συστήματα τηλεματικής
- Σε συστήματα αυτοματισμών
- Σε κυκλώματα τηλεπικοινωνιών

- Σε συστήματα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition)
- Σε εφαρμογές ηλεκτρονικών ισχύος
- Σε συστήματα διασύνδεσης
- Σε εφαρμογές δικτύων

Οπουδήποτε είναι απαραίτητος ο έλεγχος συστημάτων τότε χρησιμοποιούνται οι μικροελεγκτές. Παγκοσμίως υπάρχουν πολλές εταιρείες οι οποίες κατασκευάζουν μικροελεγκτές. Οι πιο γνωστές είναι:

- Microchip, [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- Texas Instruments, [www.ti.com](http://www.ti.com)
- Intel, [www.intel.com](http://www.intel.com)
- Atmel, [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- Freescale (πρώην Motorola), [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
- Analog Devices, [www.analog.com](http://www.analog.com)

Σχεδόν όλες οι εταιρίες παράγουν πολλά διαφορετικά είδη μικροελεγκτών. Τα διαφορετικά είδη μικροελεγκτών που παράγουν μπορεί να είναι από απλούς και φθηνούς για απλές εφαρμογές σε αρκετά εξειδικευμένους για δύσκολες διεργασίες.

## 8.2 Κατηγορίες μικροελεγκτών

Τα κριτήρια τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να ταξινομήσουμε τους μικροελεγκτές είναι το σετ εντολών, την γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται, την αρχιτεκτονική μνήμης, το εύρος διαύλου, κλπ.

### • Μικροελεγκτές 8,16 και 32-bit

Μία μνήμη αποτελείται από  $m$  λέξεις και η κάθε λέξη διαθέτει  $k$  bit. Για να διαβαστεί μια συγκεκριμένη λέξη από την έξοδο της μνήμης, απαιτείται διευθυνσιοδότηση. Για τον προσδιορισμό μιας συγκεκριμένης λέξης, χρειάζονται  $\log_2(m)$  σήματα εισόδου διευθύνσεων. Όσο περισσότερες γραμμές διευθύνσεων έχει ένας δίαυλος, τόσο περισσότερη μνήμη μπορεί να προσπελάσει άμεσα ο μικροεπεξεργαστής. Εάν ο δίαυλος διαθέτει  $n$  γραμμές διευθύνσεων, τότε ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να απευθύνεται σε  $2^n$  διαφορετικές διευθύνσεις μνήμης. Για να είναι εφικτή η χρήση μεγάλων μνημών, οι δίαυλοι πρέπει να έχουν πολλές γραμμές διευθύνσεων. Με βάση το εύρος του διαύλου, οι μικροελεγκτές κατηγοριοποιούνται σε 8, 16 και 32-bit.

Μικροελεγκτής 8-bit: Όταν έχουμε ένα εύρος διαύλου το οποίο έχει τιμή 8-bit και η μονάδα αριθμητικής λογικής πραγματοποιεί τις λογικές και αριθμητικές πράξεις σε ένα Byte (8 bit), τότε λέμε ότι ο μικροελεγκτής ανήκει στην κατηγορία των μικροελεγκτών 8-bit, όπως ο PIC18F4550 της Microchip, η σειρά MC68HC11 της Motorola και ο Intel 8031/8051.

Μικροελεγκτής 16-bit: Μικροελεγκτές αυτής της κατηγορίας διαθέτουν καλή απόδοση και μεγάλη ακρίβεια. Όταν έχουμε ένα εύρος διαύλου το οποίο έχει τιμή 8-bit και η μονάδα αριθμητικής λογικής πραγματοποιεί τις λογικές και αριθμητικές πράξεις μίας λέξης (16-bit) σε μία εντολή, τότε τότε λέμε ότι ο μικροελεγκτής ανήκει στην κατηγορία των μικροελεγκτών 16-bit. Για παράδειγμα, ένας μικροελεγκτής 8-bit μπορεί να προσπελάσει 256 θέσεις μνήμης, με εύρος από 0x00 έως 0xFF (0-255) για κάθε κύκλο. Αντίθετα, ένας μικροελεγκτής 16-bit έχει εύρος 65.536 θέσεων, δηλαδή από 0x0000 έως 0xFFFF (0-65535) ανά κύκλο. Παραδείγματα 16-bit μικροελεγκτών περιλαμβάνουν τους PIC2X, 8051XA, τη σειρά MC68HC12 της Motorola και Intel 8096.

Μικροελεγκτής 32-bit: Μέσω εντολών των 32-bit μπορούν να εκτελεστούν λογικές και αριθμητικές πράξεις. Οι συγκεκριμένοι μικροελεγκτές είναι καλύτεροι στην ακρίβεια και στην απόδοση. Χρησιμοποιούνται κυρίως από συσκευές αυτόματου ελέγχου, όπως σε κινητά τηλέφωνα, σε εφαρμογές συστημάτων ελέγχου ενός κινητήρα, σε μηχανές γραφείου, αεροδιαστημικά συστήματα, ηχοσυστήματα MP3, κλπ. Παραδείγματα μικροελεγκτών 32-bit, είναι το PIC3x, η σειρά 32-bit AVR UC3 της Atmel, η οικογένεια ARM 7, 9 και 11 και το Motorola M683xx. [8]

### • Μικροελεγκτές Εσωτερικής και Εξωτερικής Μνήμης

Στους μικροελεγκτές η μνήμη την οποία διαθέτουν μπορεί να χωριστεί σε εσωτερική και εξωτερική μνήμη. Όποια ενσωματωμένα συστήματα διαθέτουν μία μονάδα μικροελεγκτή και όλα τα διαφορετικά λειτουργικά τμήματα όπως η μνήμη η οποία χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του προγράμματος αλλά και των δεδομένων και τα οποία βρίσκονται διαθέσιμα σε ένα chip, ονομάζονται μικροελεγκτές εσωτερικής μνήμης. Για παράδειγμα, ο 8051 διαθέτει την μνήμη των δεδομένων και του προγράμματος, τη σειριακή επικοινωνία, τους μετρητές και timers, τις εισόδους και εξόδους και την ICL (Interrupt Control Logic) όλα σε ένα chip.

Μικροελεγκτές που βρίσκονται σε ενσωματωμένα συστήματα και δεν έχουν όλα τα διαθέσιμα λειτουργικά τμήματα πάνω σε ένα chip, ονομάζονται μικροελεγκτές με εξωτερική μνήμη. Στους συγκεκριμένους μικροελεγκτές, κάποιο μέρος των μονάδων μνήμης τους ή και μερικές φορές ολόκληρη η μνήμη είναι διασυνδεδεμένα εξωτερικά χρησιμοποιώντας το λεγόμενο «glue Circuit». Για παράδειγμα ο 8031 είναι ένας μικροελεγκτής ο οποίος δεν διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη για την αποθήκευση του προγράμματος. Άρα είναι ένας μικροελεγκτής εξωτερικής μνήμης.

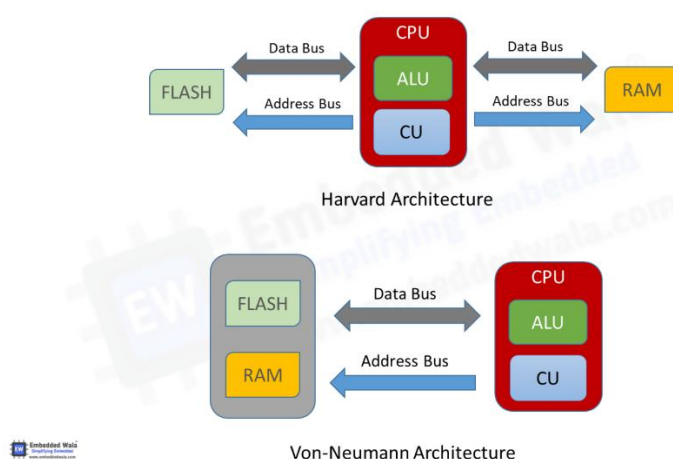
### • Αρχιτεκτονική Von Neumann και Harvard

Οι δύο αρχιτεκτονικές μικροελεγκτών είναι η Von Neumann και η Harvard. Η πρώτη χρησιμοποιεί κοινή μνήμη για το πρόγραμμα και τα δεδομένα, ενώ η δεύτερη διαθέτει ξεχωριστές μνήμες για κάθε κατηγορία.

Μία κοινή μνήμη είναι διαθέσιμη για την καταχώρηση των δεδομένων και εντολών προγράμματος με βάση την αρχιτεκτονική Von Neumann, ενώ με βάση την αρχιτεκτονική Harvard η κεντρική μονάδα επεξεργασίας διαβάζει τις εντολές από τη μνήμη του προγράμματος και καταχωρεί τις πληροφορίες από τη μνήμη των δεδομένων. Στην αρχιτεκτονική Harvard η προσπέλαση εντολών-δεδομένων γίνεται ταυτόχρονα και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η απόδοση του συστήματος.

Η βάση όλων σχεδόν των ψηφιακών υπολογιστών ακόμα και στη σημερινή εποχή είναι ο Von Neumann. Τα βασικά τμήματα του είναι: η αριθμητική λογική μονάδα, η μνήμη, ο εξοπλισμός εισόδου και εξόδου και η μονάδα ελέγχου. Η μνήμη διαθέτει 4096 λέξεις και η κάθε λέξη έχει 40-bit με τιμή 0 ή 1. Η κάθε λέξη μπορεί να έχει είτε δύο εντολές των 20-bit είτε ένα συγκεκριμένο ακέραιο των 40-bit. Οι εντολές χρησιμοποιούσαν 8-bit για να καταλάβουν τον

τύπο της εντολής και 12-bit για να μπορέσει να προσδιορίσει μία από τις 4096 λέξεις της μνήμης. Στις αρχιτεκτονικές Von Neumann η μνήμη διαθέτει έναν ενιαίο χώρο φυσικών διευθύνσεων. Η σειριακή αυτή προσπέλαση των εντολών και των δεδομένων δημιουργεί συμφόρηση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ελεγκτής να είναι πιο αργός. Όταν η μνήμη χωρίζεται σε επιμέρους κομμάτια τότε γίνεται εφικτό να υπάρχουν παράλληλες προσπελάσεις, ενώ αν η μνήμη είναι ενοποιημένη τότε δεν είναι επιτρεπτό. Επίσης κατά την εκτέλεση οι εντολές δεν τροποποιούνται, με αποτέλεσμα το περιεχόμενο της κρυφής μνήμης εντολών να μην είναι απαραίτητο ποτέ να ξαναγραφεί πίσω στην κύρια μνήμη.



- Σχήμα 8.1: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Harvard και Von Neumann

### • Αρχιτεκτονική CISC και RISC

Το πόσο περίπλοκες είναι οι εντολές που διαχειρίζεται η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι ένα από τα κριτήρια που διακρίνουμε τους μικροελεγκτές. Με βάση αυτό υπάρχει η αρχιτεκτονική CISC και RISC.

Η αρχιτεκτονική RISC (Αρχιτεκτονική Μειωμένου Ρεπερτορίου Εντολών) έχει να κάνει με τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας που έχουν απλούστερες λειτουργίες ανά εντολή μηχανής. Ενώ, η αρχιτεκτονική CISC (Αρχιτεκτονική Σύνθετου Ρεπερτορίου Εντολών) διακρίνει τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας με βάση τη δυνατότητα εκτέλεσης εξαιρετικά πολύπλοκων λειτουργιών ανά εντολή μηχανής. Στη σημερινή εποχή οι εταιρείες επικεντρώνονται κυρίως στην δημιουργία μικροελεγκτών τύπου RISC, οι οποίοι διαθέτουν γλώσσα υψηλού προγραμματισμού, όπως είναι οι PIC της Microchip και οι AVR της Atmel, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι με βάση την αρχιτεκτονική τύπου Harvard. Υπάρχουν όμως και οι HC08 της Motorola τύπου CISC και οι συγκεκριμένοι είναι κατασκευασμένοι με αρχιτεκτονική Von Neumann.

Υπάρχουν και άλλες διαφορές μεταξύ τους όπως:

- Ο RISC χρησιμοποιεί πολλούς περισσότερους καταχωρητές σε σχέση με τους λίγους του CISC.
- RISC δίνει έμφαση στο software, ενώ ο CISC στο hardware.

- Ο RISC χρησιμοποιεί λίγες διευθύνσεις, ενώ ο CISC πολλές διευθύνσεις μνήμης

### • Οι Μικροελεγκτές AVR

Η αρχιτεκτονική AVR αναπτύχθηκε από δυο φοιτητές με καταγωγή από τη Νορβηγία στη διάρκεια της πρακτικής του στο Νορβηγικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας και τα ονόματα τους ήταν V. Wollan και A. Bogen . Η κατασκευή τους αυτή ήταν γνωστή ως Micro RISC και είχε την μορφή πυριτίου. Η μεγάλη εταιρεία Atmel εντόπισε τη δημιουργία που κατασκεύασαν οι φοιτητές και τους έκανε πρόταση να τους την εξαγοράσει. Από τότε που εξαγοράστηκε οι Νορβηγοί προσπαθούν αρκετά να βελτιώσουν την εσωτερική αρχιτεκτονική της AVR. Μέσω της εταιρείας οι ίδιοι έχουν πρόσβαση στα εργαλεία τα οποία χρειάζονται για να πετύχουν τον στόχο τους, ο οποίος ήταν ότι μπορούμε μέσω πολλών εντολών γλώσσας υψηλού επιπέδου να προγραμματίσουμε τον AVR. Ο AT90S8515 ήταν η πρώτη παρτίδα AVR , ο οποίος περιλάμβανε 40 ακίδες, είχε αρκετά στοιχεία ίδια με τον μικροελεγκτή 8051. Ο μικροελεγκτής AVR 8-bit εμφανίζεται το 1997 και μετά από αυτόν υπήρχε συνεχή εξέλιξη. Ο 8-bit μικροελεγκτής της Atmel χρησιμοποιήθηκε το 2005 από την πλατφόρμα του Arduino και έτσι βοήθησε την εταιρεία ώστε να συνεχίσει να καλύπτει τις ανάγκες των πελατών της με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Ένας 8-bit επεξεργαστή RISC αρχιτεκτονικής Harvard βρίσκεται εσωτερικά στον μικροελεγκτή AVR. Έτσι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) συνδέεται ταυτόχρονα με μία ξεχωριστή μνήμη δεδομένων και μία μνήμη προγράμματος. Η ενσωματωμένη μνήμη ταχείας αποθήκευσης είναι το χαρακτηριστικό που κάνει αυτούς τους μικροελεγκτές να ξεχωρίζουν, η λεγόμενη Flash και λειτουργεί ως μνήμη προγράμματος. Οι μικροελεγκτές χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες από βαθμό πολυπλοκότητας και διαφορετικά μεγέθη, έτσι υπάρχουν οι 4, 8, 16, 32 ή 65-bit. Μέσω του μήκους του εσωτερικού συσσωρευτή και των εσωτερικών καταχωρητών μπορούμε να εντοπίσουμε αυτή τη διάκριση. Η χρήση ενός 8-bit υποδηλώνει ότι η εσωτερική CPU συνδέεται με τις διάφορες μονάδες του συστήματος μέσω ενός εσωτερικού δίαυλου δεδομένων μήκους 8-bit. Ακόμη και δίαυλοι μεγαλύτερου μήκους λειτουργούν χωρίζοντας τα δεδομένα σε τμήματα των 8-bit. Μια χαρακτηριστική πτυχή των chip της σειράς AVR, από το ATtiny15 έως το Atmega328, είναι ότι το μέγεθος της μνήμης Flash περιλαμβάνεται στην ονομασία τους. Έτσι ο διαθέσιμος χώρος για το πρόγραμμα κυμαίνεται από 1 KB έως 32 KB.[11]

## 9. ARDUINO

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μιλήσουμε για την ιστορία του Arduino καθώς και για το κομμάτι του software και hardware του.



- Σχήμα 9.1: Το λογότυπο του Arduino

## 9.2 Η Ιστορία του Arduino

Η ιστορία του Arduino ξεκινά το 2005 στην Ivrea, μια πόλη της βορειοδυτικής Ιταλίας. Εκεί, ο καθηγητής Massimo Banzi ξεκίνησε ένα σχέδιο για την κατασκευή μιας συσκευής που θα επέτρεπε στους μαθητές να ελέγχουν προγράμματα και διαδραστικά σχέδια, με κόστος χαμηλότερο από άλλα διαθέσιμα πρωτότυπα συστήματα της εποχής. Ο στόχος του ήταν να διευκολύνει τη μάθηση των ηλεκτρονικών για τους μαθητές του. Για να υλοποιήσει την ιδέα του, ζήτησε τη βοήθεια του David Cuartielles, μηχανικού από το πανεπιστήμιο του Malmo. Οι δύο τους άρχισαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ivrea, κοντά στην έδρα της εταιρίας υπολογιστών Olivetti. Το έργο τους το ονόμασαν "Arduino", που ελεύθερα μεταφράζεται ως "γενναίος φίλος", με σκοπό να δημιουργήσουν έναν προσιτό μικροελεγκτή. Την ανάπτυξη του λογισμικού για τον μικροελεγκτή ανέθεσαν σε δύο φοιτητές του πανεπιστημίου στη Malmo. Η πρώτη παρτίδα που παρασκευάστηκε περιλάμβανε 200 μικροελεγκτές, υπό την καθοδήγηση του ηλεκτρολόγου μηχανικού Gianluca Martino. Αυτοί οι μικροελεγκτές ονομάστηκαν Serial Arduino και περιλάμβαναν μία ATmega8, η οποία συνδεόταν άμεσα μέσω RS-232 με τον μικροελεγκτή και όλα τα περιφερειακά του. Από τότε, έχουν αναπτυχθεί δεκάδες πλακέτες Arduino σε όλο τον κόσμο, χάρη στην ευελιξία και την ευχρηστία του υλικού και του λογισμικού τους. Το Arduino είναι προσβάσιμο σε οποιονδήποτε έχει βασικές γνώσεις ηλεκτρονικών και επιθυμεί να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα, με μοναδικό περιορισμό τη φαντασία του.

## 9.3 Τι είναι το arduino

Όπως είπε ο Massimo Banzi, το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για την «πρωτοτυποποίηση» ηλεκτρικών κυκλωμάτων, η οποία βασίζεται σε ευέλικτο και φιλικό προς τον χρήστη υλικό και λογισμικό. Απευθύνεται σε άτομα με βασικές γνώσεις προγραμματισμού και ηλεκτρονικών, που επιθυμούν να δημιουργήσουν διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Το Arduino αποτελείται από δύο κύρια μέρη: την πλακέτα Arduino, που είναι το υλικό, και το Arduino IDE, το λογισμικό που εκτελείται στον υπολογιστή.[9]

## 9.4 Το λογισμικό του Arduino

Η γλώσσα προγραμματισμού Java έχει χρησιμοποιηθεί για να γραφτεί το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino και με αυτό τον τρόπο μπορεί να μεταφερθεί στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα.

Η Processing είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης ειδικά σχεδιασμένο ώστε να εισάγει άτομα στον προγραμματισμό τα οποία δεν έχουν ιδιαίτερες γνώσεις στην ανάπτυξη λογισμικού. Σε αυτό είναι βασισμένο και το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino. Αυτή η γλώσσα προγραμματισμού έχει τις ρίζες της στη Wiring, μια γλώσσα που θυμίζει την C και προσφέρει παρόμοιες δυνατότητες για μια πιο περιορισμένης σχεδίασης πλακέτα. Το περιβάλλον ανάπτυξής της βασίζεται επίσης στην Processing.

Κάποια παραδείγματα και βιβλιοθήκες βρίσκονται εγκατεστημένα στο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment – IDE) το οποίο έχει ως στόχο να βοηθήσει τους αρχάριους στον προγραμματισμό σχετικά με την ανάπτυξη προγραμμάτων. Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino διαθέτει έναν επεξεργαστή κειμένου για μια περιοχή μηνυμάτων, τη σύνταξη κώδικα, μια σειρά από μενού αλλά και μια γραμμή εργαλείων με κουμπιά για κοινές λειτουργίες. Η σύνδεση με την πλακέτα του Arduino πραγματοποιείται μέσω ενός κουμπιού το οποίο δίνει την ικανότητα να φορτωθεί το πρόγραμμα και να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ χρήστη και πλακέτας.

Όταν ανοίγετε το Arduino IDE, δημιουργείται αυτόματα η δομή ενός σκίτσου (sketch), το οποίο αποτελεί ένα μικρό πρόγραμμα που φορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino για εκτέλεση. Το σκίτσο γράφεται στον επεξεργαστή κειμένου του IDE, προσφέροντας δυνατότητες όπως αποκοπή, επικόλληση, αναζήτηση και αντικατάσταση κειμένου. Περιλαμβάνει μια περιοχή «μηνυμάτων» για ανατροφοδότηση, όπου εμφανίζονται τα σφάλματα. Η κονσόλα εμφανίζει την έξοδο του κειμένου από το περιβάλλον του Arduino, συμπεριλαμβανομένων λεπτομερών μηνυμάτων λάθους και άλλων πληροφοριών. Το IDE διαθέτει επίσης μια σειρά εργαλείων που επιτρέπουν τη μεταγλώττιση, τον έλεγχο και τη φόρτωση του προγράμματος, καθώς και την αποθήκευση ενός σκίτσου. Επιπλέον, προσφέρει τη δυνατότητα να ανοίξετε τη σειριακή οθόνη με το πάτημα ενός κουμπιού.

Η σύνταξη ενός προγράμματος διαθέτει τρία μέρη:

- Οι δηλώσεις μεταβλητών και ενσωματώσεις βιβλιοθηκών.
- Στη συνάρτηση setup() περιλαμβάνονται οι συναρτήσεις και το τμήμα του κώδικα που εκτελείται μία μόνο φορά στην αρχή του προγράμματος, με σκοπό την αρχικοποίηση των ρυθμίσεων, των καταστάσεων και των μεταβλητών..
- Στη συνάρτηση loop() γράφεται το κύριο πρόγραμμα, το οποίο εκτελείται συνεχώς μέχρι να απενεργοποιηθεί ο Arduino και να διακοπεί η τροφοδοσία του.[10]

## 9.5 Πλεονεκτήματα του Arduino

Μέσω της χρήσης και της μελέτης του Arduino ανακαλύφθηκε ότι είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο τόσο για τους αρχάριους προγραμματιστές όσο και για τους προχωρημένους, διότι εντοπίστηκε ένας μεγάλος αριθμός πλεονεκτημάτων που κάνουν λογική τη χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας, όπως:

- Είναι οικονομικό. Σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές οι πλακέτες του Arduino είναι αρκετά πιο φθηνές. Το κόστος αγοράς δεν ανεβαίνει πάνω από τα 40 €.

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά λειτουργικά συστήματα. Οι μηχανικοί λογισμικού, ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh OSX και για λειτουργικά συστήματα Linux. Σε άλλους μικροελεγκτές τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης τους δουλεύουν μόνο για Windows.
- Μπορούν σχεδόν όλοι να χρησιμοποιήσουν και να καταλάβουν το προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino.
- Είναι ανοιχτού λογισμικού. Η διανομή του λογισμικού του Arduino γίνεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και με την βοήθεια έμπειρων προγραμματιστών μπορεί να επεκταθεί. Είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα καθώς ο κώδικας επεκτείνεται με τη βοήθεια διαφόρων ειδικών και μπορούν να προσθέσουν βιβλιοθήκες που όλα αυτά μαζί μπορούν να μοιραστούν μεταξύ τους.
- Είναι ανοιχτού υλικού. Το Arduino βασίζεται στους μικροελεγκτές Atmel ATMEGA8, ATMEGA168 και ATMEGA328. Τα σχέδια για τα αναπτυξιακά του κυκλώματα διατίθενται υπό άδεια Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να δημιουργήσουν τα δικά τους αναπτυξιακά συστήματα, εξελίσσοντας τα υπάρχοντα χωρίς νομικά προβλήματα. Επιπλέον, λιγότερο έμπειροι χρήστες μπορούν να αντιγράψουν και να κατασκευάσουν την πλακέτα σε ράστερ, προκειμένου να κατανοήσουν τη λειτουργία ενός Arduino.
- Διαθέτει πολλούς τρόπους διασύνδεσης. Μερικοί από τους τρόπους αυτούς είναι η σειριακή διεπαφή, η I2C, η SPI, οι ADC, οι ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι, οι PWM (Pulse Width Modulation) και δυνατότητα αξιοποίησης των των interrupts του AVR και χρονιστών.
- Μεγάλη ποικιλία στις πλατφόρμες. Για να μπορέσει να αποκτήσει εμπειρία κάποιος σε πρώτο στάδιο υπάρχει μια μεγάλη ποσότητα υλικού και μετά μπορεί να διαλέξει τη συγκεκριμένη έκδοση η οποία καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες της κατασκευής του.
- Είναι επεκτάσιμο. Οι διάφορες εκδόσεις των Shields επιτρέπουν την σύνδεση με το Arduino, επεκτείνοντας έτσι τη λειτουργικότητά του. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μέσω πρόσβασης στο διαδίκτυο, είτε μετατρέποντάς το σε GPS, είτε παράγοντας διάφορους ήχους, είτε λειτουργώντας ως ένα από τα βασικά εξαρτήματα σε μια ρομποτική κατασκευή.

## 10. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κατασκευή μου υλοποιήθηκε με βάση τον PIC18f4550 ο οποίος αποτελεί το κύριο κομμάτι και 'το μυαλό' της κατασκευής μας. Ο PIC18f4550 αποτελεί την κύρια συσκευή μας και κοντά του υπάρχουν οι Υποτελείς συσκευές. Ο PIC18f4550 είναι η συσκευή η οποία είναι υπεύθυνη για την συλλογή και εξαγωγή των δεδομένων στη οθόνη LCD. Σα κύρια συσκευή στέλνει τον χρονισμό στις υπόλοιπες υποτελείς συσκευές και την αίτηση για λήψη δεδομένων. Ο PIC18f4550 λαμβάνει τα δεδομένα του μέσω ενός δέκτη ο οποίος είναι συνδεδεμένος πάνω στον PIC.

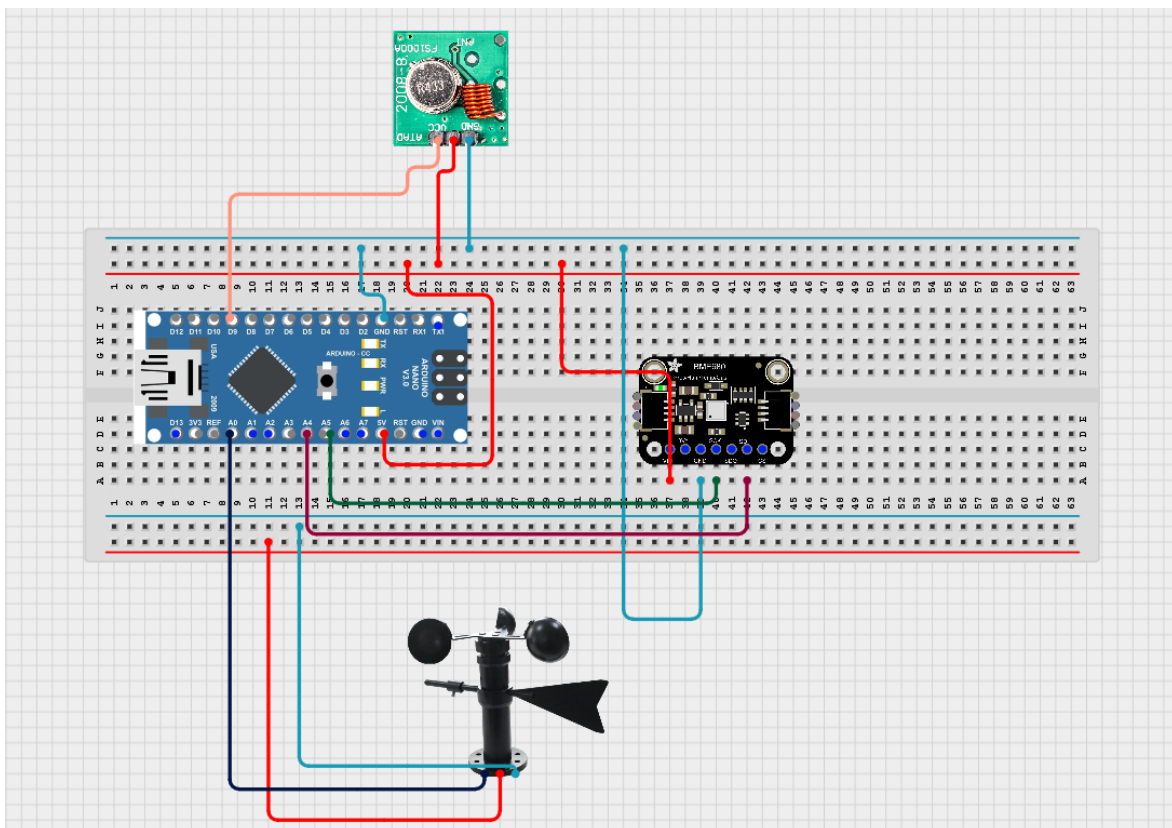
Έχουμε επίσης ένα Arduino nano το οποίο είναι συνδεδεμένο με τα αισθητήρια και με την βοήθεια ενός πομπού στέλνει τα δεδομένα ασύρματα στον PIC.

Τα δυο αυτά αισθητήρια παρέχουν δεδομένα για:

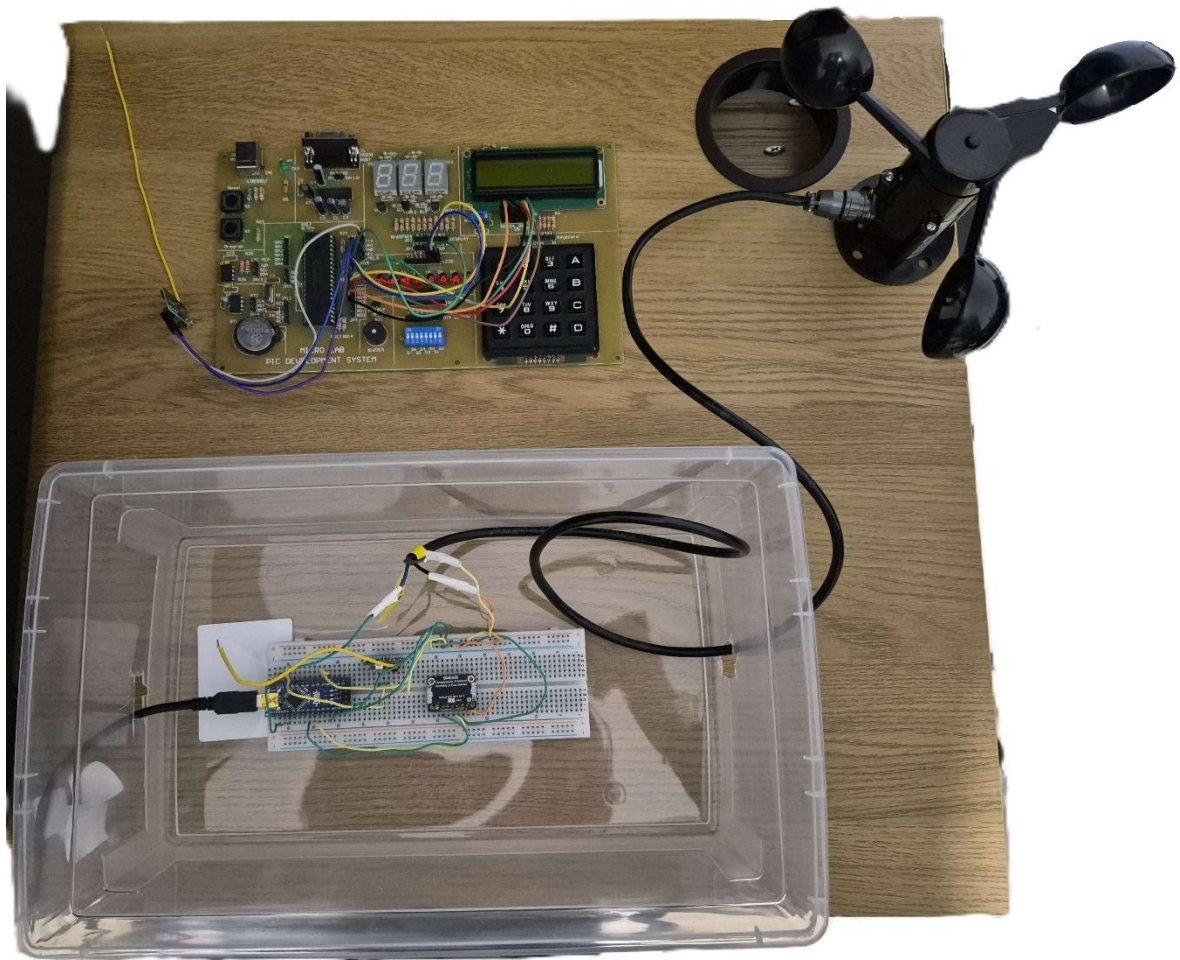
- Μέτρηση θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου
- Μέτρηση βαρομετρικής πίεσης σε mBar
- Μέτρηση σχετικής υγρασίας σε ποσοστό επι %
- Μέτρηση ανέμου

Τα δεδομένα αυτά εμφανίζονται σε μορφή ψηφιακή σε μια οθόνη LCD

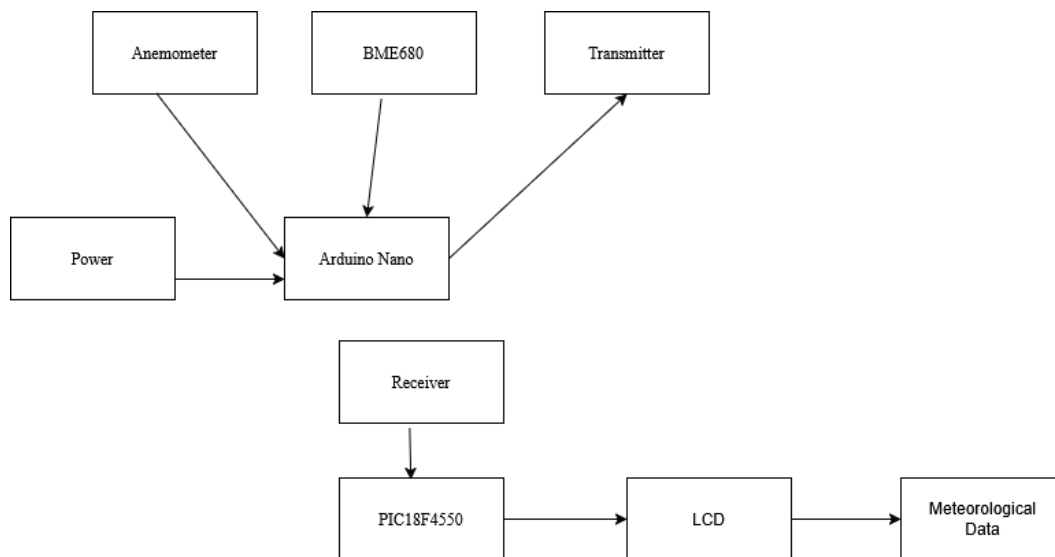
Στη παρακάτω φωτογραφία μπορούμε να δούμε τα υλικά που χρησιμοποιήσα καθώς και τη συνδεσμολογία τους πάνω στη πλακέτα.



- Σχήμα 10.1: Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού σταθμού



- Σχήμα 10.2 : Τα αισθητήρια του μετεωρολογικού σταθμού που βρίσκονται μέσα στον μετεωρολογικό κλωβό



- Σχήμα 10.3 : Μπλοκ Διάγραμμα του κυκλώματός

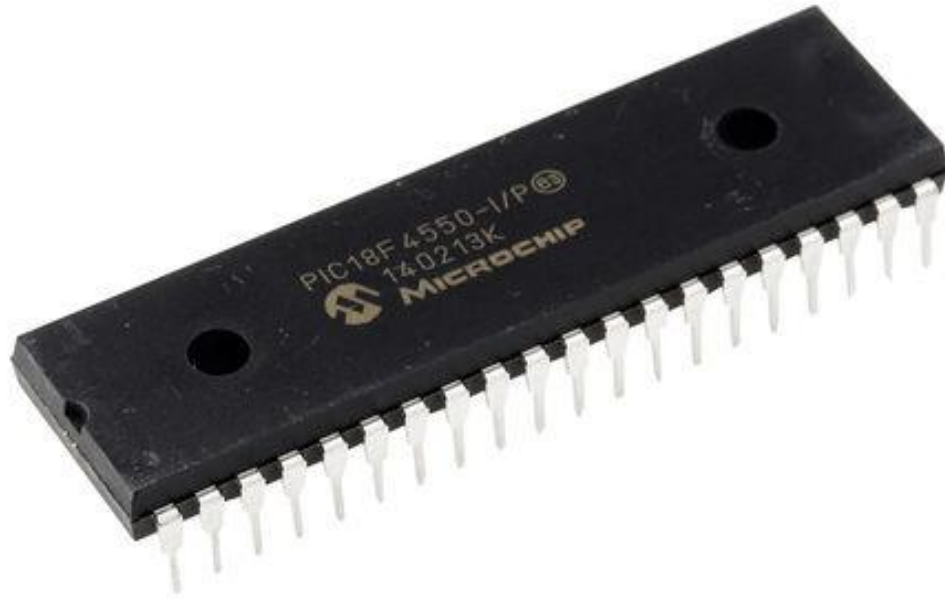
## 10.2 Υλικά της σύνδεσής μας

### • Microchip PIC18F4550

Οι PIC είναι μια οικογένεια μικροελεγκτών οι οποίοι κατασκευάζονται από τη Microchip technologies. Το όνομα PIC στην αρχή αναφέρονταν στο Peripheral Interface Controller και για λίγο καιρό είχε αναπτυχθεί ώστε να περιέχει και το Programmable Intelligent Computer, αλλά πλέον το PIC δεν χρησιμοποιείται για κάποιο ακρωνύμιο. Τα πρώτα διαθέσιμα κομμάτια εμφανίστηκαν το 1976 και μέχρι το 2013 η εταιρεία έχει πουλήσει παραπάνω από 12 δισεκατομμύρια κομμάτια τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων.

Αρχικά ο PIC είχε σχεδιαστεί σαν ένα περιφερειακό εξάρτημα για το General Instrument CP1600, ο οποίος ήταν ο πρώτος διαθέσιμος προς το κοινό single chip 16-bit μικροεπεξεργαστής. Για να περιορίσουν τον αριθμό των πηνίων ο CP1600 είχε ένα πολύπλοκο σύστημα επικοινωνίας με το οποίο ήταν δύσκολο να υπάρχει επικοινωνία. Με τον PIC1640 ο οποίος είχε τη δικιά του RAM και ROM και έναν επεξεργαστή για να ελέγχει τις συνδέσεις μπορούσε να συνδέσει τον CP1600 με οποιοδήποτε υπάρχον 8-bit περιφερειακό.

Ο PIC18F4550 ανήκει στην οικογένεια μικροελεγκτών pic18f. Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής είναι από τους πιο προηγμένους στη τεχνολογία μικροσίπ. Ο PIC18F4550 είναι αρκετά διάσημος μεταξύ των αρχάριων και των εξειδικευμένων εξαιτίας των λειτουργιών που έχει όπως ενσωμάτωση ADC και USB. Ένας τυπικός PIC18F4550 έρχεται σε διάφορες μορφές πακέτων όπως QPF, QNP και DIP. Μπορεί κάποιος να διαλέξει ένα από τα πακέτα με βάση τη λειτουργία για την οποία το χρειάζεται. Είναι ένας 8 bit μικροελεγκτής ο οποίος έχει εξοπλιστεί με Nano WATT τεχνολογία και γι' αυτό τον λόγο είναι χαμηλής κατανάλωσης. Διαθέτει 16 bit αρχιτεκτονικής συνόλου εντολών το οποίο παρέχει ένα βαθμό ελευθερίας στους προγραμματιστές με διάφορους τύπους δεδομένων, καταχωρητές, εντολές, αρχιτεκτονική μνήμης, τρόποι διευθυνσιοδότησης, διακοπές και λειτουργίες Εισόδου/Εξόδου.



- Σχήμα 10.4: Φωτογραφία από μια από τις διαμορφώσεις του PIC18F4550

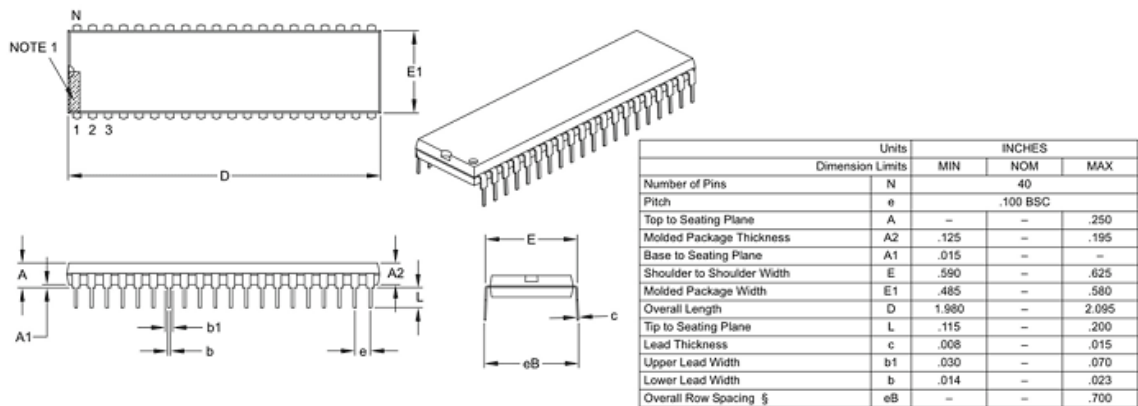
**Προδιαγραφές Μνήμης:** Ένας PIC18F4550 διαθέτει 256 bytes EEPROM (Ηλεκτρικά Σβήσιμη και Προγραμματιζόμενη Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση), 2KB SRAM (Στατική Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης) και 32KB μνήμη flash, η οποία με τη σειρά της προσφέρει ένα επιπλέον βαθμό ελευθερίας στους προγραμματιστές.

**Πρωτόκολλο Επικοινωνίας:** Ο PIC18F4550 θεωρείται προηγμένος, καθώς χρησιμοποιεί εξελιγμένα πρωτόκολλα για επικοινωνίες. Τα σύγχρονα πρωτόκολλα όπως USB, SPI, EUSART υποστηρίζονται πλήρως από το PIC18F4550. Αυτές οι τεχνολογίες ενσωματώνονται με την Τεχνολογία Nano Watt (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως) για την παραγωγή του PIC18F4550, ενός πλήρως εξοπλισμένου μικροελεγκτή με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Μια Αφιερωμένη Θύρα ICD/ICSP επιτρέπει στους προγραμματιστές να κωδικοποιούν και να αποσφαλματώνουν εύκολα.

- Η βελτιωμένη μνήμη flash προγράμματος και η Dual Access RAM των 1KB για USB χρησιμοποιούνται για αποθήκευση προσωρινών δεδομένων (buffering).
- Ο PIC18F4550 αποτελείται από έως και 13 κανάλια για μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (ADC). Η ακρίβεια του μετατροπέα φτάνει τα 10-bit για τη σχετική μετατροπή του σήματος.

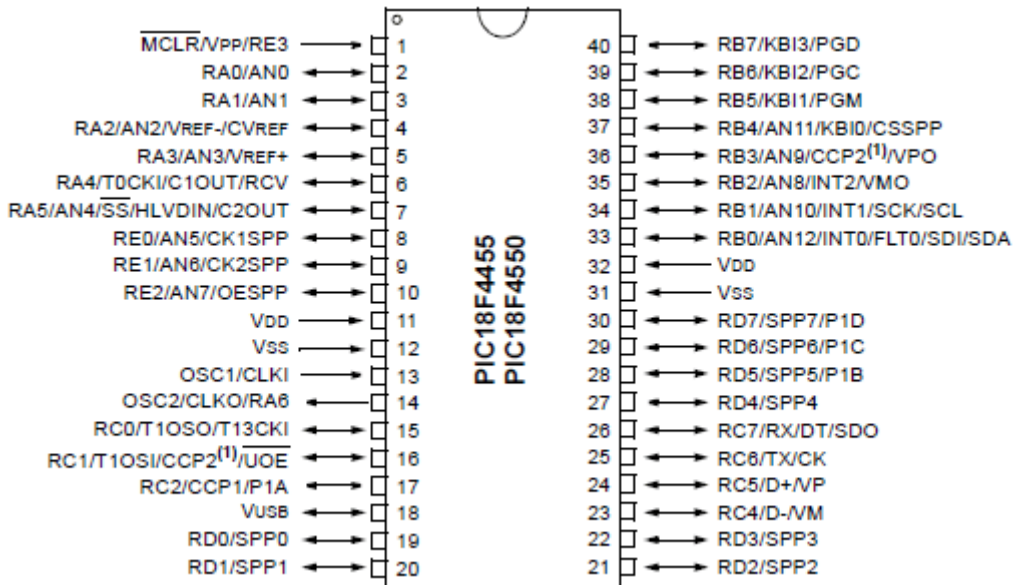
- Ο PIC18F4550 είναι συμβατός για λειτουργία με διάφορες εσωτερικές και εξωτερικές πηγές χρονισμού (ρολογιών). Διαθέτει τέσσερις ενσωματωμένους χρονομετρητές (timers) ή μπορεί να συνδεθεί με εξωτερικό ταλαντωτή για χρονισμό.
- Το όριο συχνότητας για το PIC18F4550 κυμαίνεται από 31 KHz έως 48 MHz αντίστοιχα.
- Ο μικροελεγκτής PIC18F4550 διαθέτει ενσωματωμένους συγκριτές ADC και άλλες παρόμοιες περιφερειακές μονάδες ως βασικό χαρακτηριστικό



Σχήμα 10.5: Μοντέλο του PIC18F4550 και οι διαστάσεις του

Αυτός ο μικροελεγκτής PIC18F4550 διατίθεται σε διάφορες εκδοχές διάταξης ακροδεκτών (pinout package), καθιστώντας τον πιο ευέλικτο για τους χρήστες του. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διάταξη από χομπίστες είναι το 40-ακιδικό DIP – Δομή Διπλής Σειράς (Dual Inline Package), με δύο σειρές ακίδων, 20 στα αριστερά και 20 στα δεξιά.

Το 40-ακιδικό DIP (Dual Inline Package) του PIC18F4550 έχει αποκτήσει ιδιαίτερη φήμη ανάμεσα στους χομπίστες, ενώ είναι επίσης εύκολα διαθέσιμο σε οποιοδήποτε κατάστημα ηλεκτρονικών. Το DIP ή Dual Inline Package δεν είναι τίποτα άλλο από έναν τυπικό μικροελεγκτή με δύο σειρές ακίδων, μία σε κάθε πλευρά. Ένα PIC18F4550 σε DIP με 40 ακίδες διαθέτει 20 ακίδες σε κάθε σειρά.

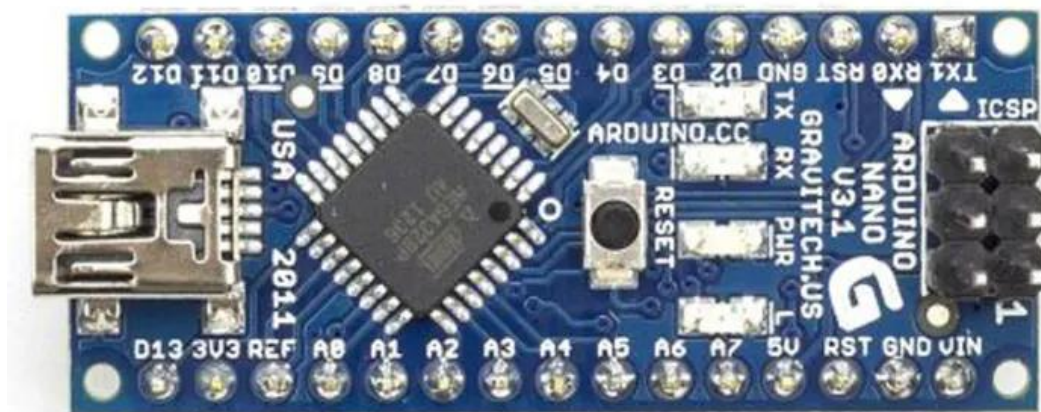


Σχήμα 10.6: Οι καρφίτσες του PIC18F4550

## • Arduino Nano

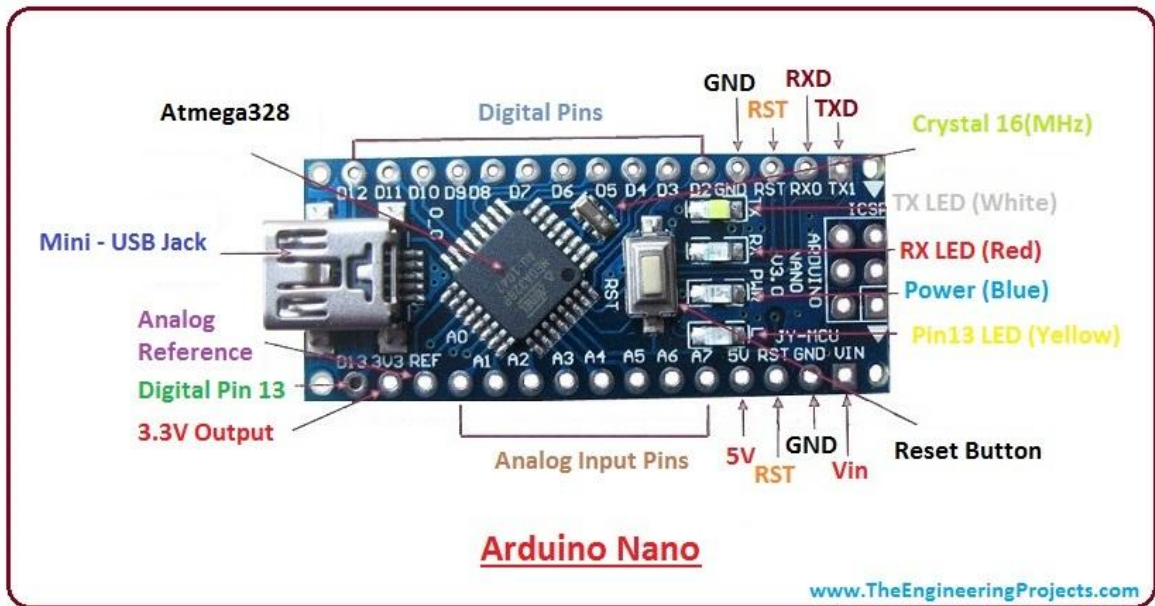
Το Arduino Nano είναι μία ανοικτού κώδικα πλακέτα μικροελεγκτή, βασισμένη στον μικροελεγκτή (MCU) Microchip ATmega328P. Αναπτύχθηκε από την Arduino.cc και κυκλοφόρησε αρχικά το 2008. Προσφέρει την ίδια συνδεσιμότητα και τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με την πλακέτα Arduino Uno, αλλά σε μικρότερες διαστάσεις.

Το Arduino Nano είναι εξοπλισμένο με 30 αρσενικά pin εισόδου/εξόδου (I/O headers), σε διάταξη παρόμοια με DIP-30, και μπορεί να προγραμματιστεί μέσω του λογισμικού Arduino IDE (Integrated Development Environment), το οποίο είναι κοινό για όλες τις πλακέτες Arduino και λειτουργεί τόσο online όσο και offline. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε μέσω καλωδίου mini-USB τύπου B είτε από μπαταρία 9 V.



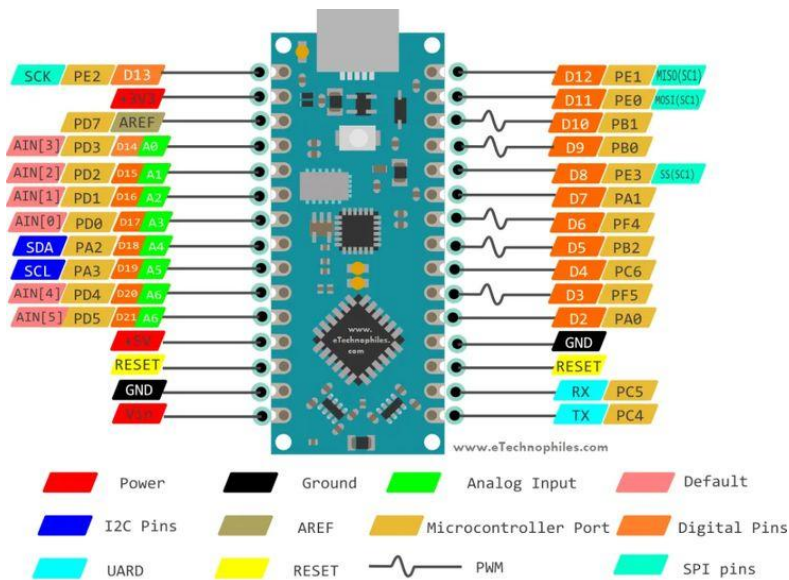
• Σχήμα 10.7: Φωτογραφία Arduino Nano

Η πλακέτα διαθέτει ATmega328 από την Atmel, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλά αυτόνομα προγράμματα στα οποία χρειάζεται ένας απλός, χαμηλής ενέργειας και χαμηλού κόστους μικροελεγκτής.



• Σχήμα 10.8: Υλικά από τα οποία αποτελείται το Arduino Nano

Το Arduino Nano έχει συνολικά 30 ακίδες που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να συνδέσουμε διάφορα κομμάτια. Οι συνδέσεις έχουν ως εξής:



• Σχήμα 10.9: Καρφίτσες σύνδεσης Arduino Nano

### Power Pin :

Υπάρχουν συνολικά τρείς καρφίτσες. Μία καρφίτσα VIN , μια καρφίτσα 3.3V και μια καρφίτσα 5V. Η καρφίτσα VIN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άμεση τροφοδοσία του Arduino Nano και των περιφερειακών του, εάν υπάρχει πηγή τάσης 5V. Η καρφίτσες 3.3V και 5V είναι οι έξοδοι ενός ενσωματωμένου ρυθμιστή τάσης. Αυτές οι καρφίτσες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία εξωτερικών εξαρτημάτων.

### GND:

Είναι μια καρφίτσα γείωσης του μικροελεγκτή Arduino Nano.

### Καρφίτσες I2C:

Χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση διαφόρων τύπων αισθητήρων και περιφερειακών I2C στο έργο σας. Υποστηρίζονται τόσο οι ρόλοι I2C Master όσο και I2C Slave. Η λειτουργία διασύνδεσης I2C μπορεί να υλοποιηθεί μέσω προγραμματισμού, με μέγιστη συχνότητα ρολογιού 100 kHz. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συχνότητα ρολογιού I2C θα πρέπει να είναι υψηλότερη από τη χαμηλότερη συχνότητα ρολογιού της συσκευής που εξαρτάται από αυτήν. Όλες οι καρφίτσες αυτές μπορούν να διαβάζουν και να στέλνουν σήματα.

### Καρφίτσες Digital I/O:

Το Arduino Nano διαθέτει 14 ψηφιακές καρφίτσες (D0 έως D13), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως είσοδοι είτε ως έξοδοι, ανάλογα με τον προγραμματισμό που δίνεται μέσα από τη συνάρτηση pinMode() στο Arduino IDE. Οι καταστάσεις που μπορούν να έχουν οι καρφίτσες είναι high για υψηλή τάση 5V και low για χαμηλή τάση 0V.

### Αναλογικές Καρφίτσες:

Το Arduino Nano διαθέτει 8 αναλογικές εισόδους (A0 έως A7), οι οποίες χρησιμοποιούνται για να διαβάζουν αναλογικά σήματα (π.χ. από αισθητήρες) και να τα μετατρέπουν σε ψηφιακά δεδομένα, ώστε να τα επεξεργαστεί ο μικροελεγκτής. Μέσω αυτών το Arduino μπορεί να διαβάσει αναλογικές τιμές από 0-5V. Οι αναλογικές αυτές τιμές μετατρέπονται σε ψηφιακές μέσω του ADC κανάλι του Arduino.

### Καρφίτσες UART:

Το UART είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για σειριακή επικοινωνία και είναι ένα από τα πιο κοινά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία μεταξύ του Arduino και άλλων συσκευών, όπως υπολογιστές, άλλες πλακέτες Arduino ή εξωτερικά περιφερειακά. Το Arduino έχει δύο βασικές ακίδες για σειριακή επικοινωνία, οι οποίες βρίσκονται στη θύρα TX και RX του.

### Καρφίτσες SPI:

Το SPI είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας που επιτρέπει στο Arduino να επικοινωνεί με περιφερειακές συσκευές όπως αισθητήρες, μνήμες, οθόνες και άλλα εξαρτήματα. Οι ακίδες SPI χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν το Arduino με εξωτερικές συσκευές μέσω της σειριακής επικοινωνίας. Το SPI χρησιμοποιεί 4 βασικές γραμμές επικοινωνίας:

- **SS (Slave Select):** Επιλέγει την ενεργή συσκευή.
- **MOSI (Master Out Slave In):** Στέλνει δεδομένα από το Master στο Slave.
- **MISO (Master In Slave Out):** Λαμβάνει δεδομένα από το Slave στο Master.
- **SCK (Serial Clock):** Παράγει το ρολόι για συγχρονισμό.

Με αυτές τις καρφίτσες μπορεί το Arduino να επικοινωνεί με εξωτερικές συσκευές σε συγχρονισμένη επικοινωνία και με υψηλές ταχύτητες.

### Καρφίτσες PWM:

Το Arduino διαθέτει ειδικές ακίδες που υποστηρίζουν την τεχνική του PWM. Αυτές οι ακίδες έχουν την ικανότητα να παράγουν ένα σήμα PWM με μεταβλητό πλάτος.

Οι ακίδες PWM του Arduino είναι συνήθως διαθέσιμες στις ψηφιακές ακίδες και μπορούν να ελεγχθούν μέσω της συνάρτησης `analogWrite()` στο Arduino IDE. Οι περισσότερες πλακέτες Arduino, όπως το Arduino Uno ή το Arduino Nano, έχουν ακίδες PWM στις εξής ψηφιακές ακίδες:

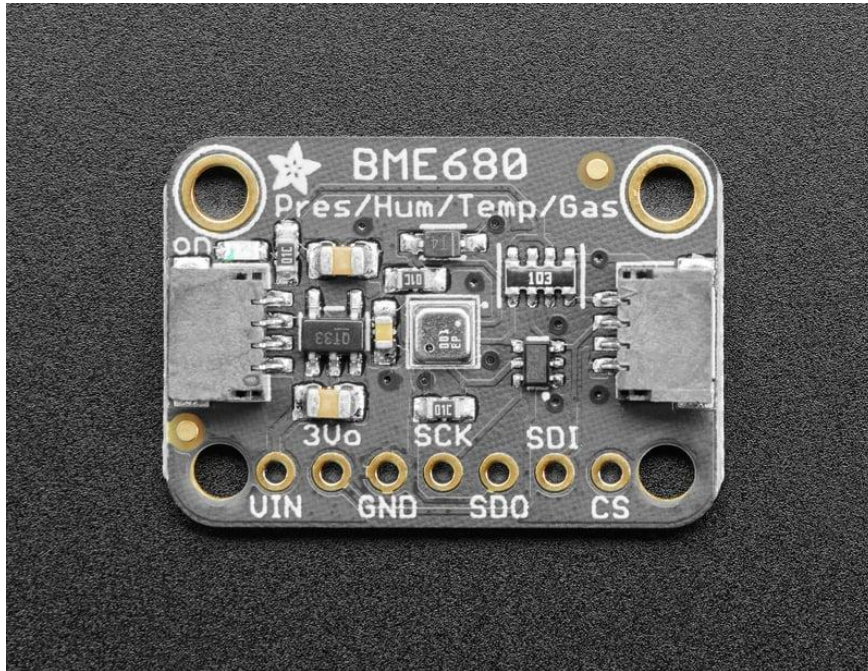
- **D3, D5, D6, D9, D10, D11** (για Arduino Uno και Nano)

Αυτές οι ακίδες έχουν την ικανότητα να παράγουν PWM σήματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ρυθμίσουν την ισχύ σε κινητήρες, φωτισμό LED ή άλλες συσκευές.

### Καρφίτσα RESET:

Η καρφίτσα Reset σε μία πλακέτα Arduino είναι μια σημαντική ακίδα που επιτρέπει την επαναφορά ή επανεκκίνηση του μικροελεγκτή. Όταν ενεργοποιείται η ακίδα reset, προκαλεί την εκκίνηση του μικροελεγκτή από την αρχή, όπως αν είχε μόλις τροφοδοτηθεί με ρεύμα.

- Bme680



- Σχήμα 10.10: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας BME680

Αυτός αισθητήρας περιλαμβάνει δυνατότητες μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης και αερίων VOC (πτητικές οργανικές ενώσεις). Όπως και οι BME280 και BMP280, αυτός ο ακριβής αισθητήρας από τη Bosch μπορεί να μετρήσει την υγρασία με ακρίβεια  $\pm 3\%$ , τη βαρομετρική πίεση με ακρίβεια  $\pm 1$  hPa απόλυτης ακρίβειας και τη θερμοκρασία με ακρίβεια  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ . Δεδομένου ότι η πίεση αλλάζει με το υψόμετρο, και οι μετρήσεις πίεσης είναι τόσο ακριβείς, μπορείς επίσης να χρησιμοποιηθεί ως υψομετρητή με ακρίβεια  $\pm 1$  μέτρο ή καλύτερη. Ο BME680 παίρνει αυτούς τους αισθητήρες και τους αναβαθμίζει καθώς περιλαμβάνει έναν μικρό αισθητήρα MOX. Το θερμαινόμενο μέταλλο οξειδίου αλλάζει αντίσταση ανάλογα με τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) στον αέρα, επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό αερίων και αλκοολών όπως η αιθανόλη, το αλκοόλ και το μονοξείδιο του άνθρακα, καθώς και για τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά :

- $V_{in}$ : 1.71 έως 3.6VDC
- Εύρος ανίχνευσης πίεσης: 300-1100 hPa
- 0% έως 100% σχετική υγρασία με  $\pm 3\%$  ακρίβεια υγρασίας
- $-40$  έως  $+ 85^\circ\text{C}$  εύρος λειτουργίας,  $\pm 1^\circ\text{C}$  ακρίβεια θερμοκρασίας

- **Ανεμόμετρο**



- Σχήμα 10.11: Το ανεμόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού

Ένας ανεμόμετρο είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου και είναι ένα κοινό όργανο μετεωρολογικών σταθμών. Αυτός το ανεμόμετρο έχει σχεδιαστεί για να τοποθετείται έξω και να μετρά την ταχύτητα του ανέμου με ευκολία.

Για να τον λειτουργήσει, συνδέεις το μαύρο καλώδιο στη γείωση και στη σήμανση του ρεύματος, το καφέ καλώδιο σε 7-24VDC (χρησιμοποιήσαμε με επιτυχία 9V) και μέτρησε την αναλογική τάση στο μπλε καλώδιο. Η τάση θα κυμαίνεται από 0,4V (0 m/s άνεμος) μέχρι 2,0V (για ταχύτητα ανέμου 32,4 m/s). Ο αισθητήρας είναι ανθεκτικός και εύκολος στην τοποθέτηση. Το καλώδιο μπορεί να αποσυνδεθεί εύκολα με μερικές στροφές και διαθέτει καιρικά ανθεκτικό σύνδεσμο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά :

- **Έξοδος:** 0.4V έως 2V
- **Εύρος Δοκιμής :** 0.5 m/s έως 50 m/s
- **Ελάχιστη Ανιχνεύσιμη Ταχύτητα Ανέμου:** 0.2 m/s
- **Ανάλυση :** 0.1 m/s
- **Ακρίβεια:** Μέγιστο σφάλμα 1 m/s
- **Μέγιστη Ταχύτητα Ανέμου:** 70 m/s

- **FS1000 Πομπός και Δέκτης**



- Σχήμα 10.12: Ο Πομπός και Δέκτης FS1000

Το FS1000A Transmitter Receiver 433MHz είναι ένα ασύρματο RF module, οικονομικό στην τιμή και εύκολο στη χρήση. Τα modules αυτά χρησιμοποιούνται σε ασύρματα συστήματα και έργα/εφαρμογές. Στο συγκεκριμένο module, ο πομπός μπορεί μόνο να μεταδίδει δεδομένα και ο δέκτης μόνο να τα λαμβάνει. Αυτό σημαίνει ότι η μετάδοση δεδομένων γίνεται μόνο από το σημείο A στο σημείο B, και όχι το αντίστροφο.

Το FS1000A μπορεί να μεταδώσει ή να λάβει δεδομένα σε απόσταση περίπου 3 μέτρων, αλλά με κατάλληλη κεραία και τροφοδοσία μπορεί θεωρητικά να φτάσει έως και 100 μέτρα. Ωστόσο, στην πράξη, καλύπτει περίπου 30 με 35 μέτρα.

Αυτό το RF module αποτελείται από έναν RF Πομπό (Transmitter) και έναν RF Δέκτη (Receiver). Το ζεύγος πομπού/δέκτη (Tx/Rx) λειτουργεί στη συχνότητα των 433 MHz. Ο πομπός λαμβάνει σειριακά δεδομένα και τα μεταδίδει ασύρματα μέσω RF, χρησιμοποιώντας την κεραία που συνδέεται στην ακίδα 4 (pin4).

Όταν δοθεί λογικό HIGH (υψηλό) στην είσοδο DATA, ο ταλαντωτής παράγει ένα συνεχές ασύρματο σήμα φορέα (carrier wave) στη συχνότητα των 433.xx MHz. Όταν η είσοδος DATA μεταφερθεί σε λογικό LOW (χαμηλό), ο ταλαντωτής σταματά. Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως ASK (Amplitude Shift Keying) – Μετατόπιση Πλάτους Σήματος. Η συχνότητα 433MHz είναι μια συχνά χρησιμοποιούμενη ζώνη συχνοτήτων για κάθε είδους εξοπλισμό που απαιτεί χαμηλή ισχύ. Επίσης, πολλοί οικονομικοί πομποί και δέκτες για συσκευές διακόπτη και ροοστάτες (dimmers) λειτουργούν στη συχνότητα των 433MHz.

Τεχνικά χαρακτηριστικά Δέκτη:

- **Τάση Λειτουργίας:** DC 5V
- **Στατικό Ρεύμα :** 4 mA
- **Συχνότητα Λήψης :** 433.92 MHz · 315 MHz
- **Ευαισθησία:** -105 dB
- **Διαστάσεις:** 30 × 14 × 9 χιλιοστά

Τεχνικά χαρακτηριστικά Πομπού:

- **Τάση λειτουργίας:** 3 – 12V
- **Συχνότητα λειτουργίας:** 433.92 MHz · 315 MHz
- **Ρεύμα αναμονής :** 0 mA
- **Ρεύμα λειτουργίας :** 20 – 28 mA
- **Απόσταση μετάδοσης:** > 500 μέτρα (σε ανοιχτό χώρο με ευαισθησία δέκτη -103 dBm)
- **Ισχύς εξόδου:** 16 dBm (40 mW)
- **Ρυθμός μεταφοράς δεδομένων:** < 10 Kbps
- **Μέθοδος διαμόρφωσης :** OOK (Διαμόρφωση Πλάτους)
- **Θερμοκρασία λειτουργίας:** -10 °C έως +70 °C
- **Διαστάσεις:** 19 × 19 × 8 χιλιοστά

### 10.3 Το χρονικό διάστημα της συνδεσμολογίας του κυκλώματος και του κώδικα του Arduino και PIC18F4550

Αυτή η υποενότητα αφορά τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάσαμε τον μετεωρολογικό σταθμό και τον κώδικα που γράφτηκε ώστε τελικά η εφαρμογή μας να τρέξει. Αρχικά χρησιμοποιώντας το Arduino Nano θα συνδέσουμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας, υγρασίας και αισθητήρα βαρομετρικής πίεσης BME680, και ανεμόμετρο. Επίσης θα συνδεθεί πάνω στο Arduino και ο πομπός FS1000. Αφού η συνδεσμολογία πραγματοποιηθεί σωστά και συνδέουμε το Arduino Nano στη πηγή τροφοδοσίας που είναι 2 μπαταρίες των 3.6V.

Στην συνέχεια ανοίγουμε την εφαρμογή του Arduino και προσθέτουμε τις απαιτούμενες βιβλιοθήκες για τους αισθητήρες. Αμέσως μετά συνδέουμε σε μια από τις πόρτες του PIC18F4550 ο οποίος βρίσκεται πάνω σε μια πλακέτα τον δέκτη FS1000 ο οποίος λαμβάνει τα δεδομένα από τον πομπό. Ο μικροελεγκτής διαβάζει τα δεδομένα αυτά και τα εκτυπώνει σε ένα LCD που βρίσκεται συνδεδεμένο στην ίδια πλακέτα.

- **Ο κώδικας για την διαμόρφωση του Arduino και PIC18F4550 είναι:**

- **Για το Arduino Nano:**

```

#include <avr/sleep.h>
#include <avr/power.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "Adafruit_BME680.h"

#define BME_SCK 13
#define BME_MISO 12
#define BME_MOSI 11
#define BME_CS 10
#define TX_PIN 9
#define sensorPin A0
#define PULSE_HIGH 560
#define SPACE_0 560
#define SPACE_1 1680
#define START_HIGH 9000
#define START_LOW 4500
#define END_PULSE 560
uint32_t nec_data=0;
uint32_t address=0;
uint32_t n_data=0;
uint32_t n_temp_data=0;
int sensorValue = 0;
float sensorVoltage = 0;
float windSpeed = 0;
float voltageConversionConstant = .004882814;
int sensorDelay = 1000;
float voltageMin = .4;
float windSpeedMin = 0;
float voltageMax = 2.0;
float windSpeedMax = 32;

Adafruit_BME680 bme(&Wire);
void nec_sender(uint32_t n_data);
void setup() {
  pinMode(TX_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(TX_PIN, LOW);
  Serial.begin(9600);
  wdt_enable(WDTO_4S);
  wdt_reset();
  while (!Serial);
  Serial.println(F("BME680 test"));

  if (!bme.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid BME680 sensor, check wiring!");
    while (1);
  }
}

```

```

bme.setTemperatureOversampling(BME680_OS_8X);
bme.setHumidityOversampling(BME680_OS_2X);
bme.setPressureOversampling(BME680_OS_4X);
bme.setIIRFilterSize(BME680_FILTER_SIZE_3);
bme.setGasHeater(320, 150);
}

void loop() {

  if (! bme.performReading()) {
    Serial.println("Failed to perform reading :(");
    return;
  }

  nec_data = (unsigned int)(bme.temperature*100.0);
  address = 0x40B10000;
  n_data = nec_data | address;
  nec_sender(n_data);
  delay(1000);
  n_temp_data = (unsigned long int)(bme.pressure/10.0);
  nec_data = (unsigned int)(n_temp_data);
  address = 0x40B20000;
  n_data = nec_data | address;
  nec_sender(n_data);
  Serial.println(n_data);
  wdt_reset();
  delay(1000);
  nec_data = (unsigned int)(bme.humidity*100.0);
  address = 0x40B30000;
  n_data = nec_data | address;
  nec_sender(n_data);
  Serial.println(n_data);
  wdt_reset();
  delay(1000);
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  sensorVoltage = sensorValue * voltageConversionConstant;
  if (sensorVoltage <= voltageMin)
    { windSpeed = 0; }
  else { windSpeed = (sensorVoltage - voltageMin)
*windSpeedMax/(voltageMax - voltageMin); }
  nec_data = (unsigned int)(windSpeed*100);
  address = 0x40B40000;
  n_data = nec_data | address;
  nec_sender(n_data);
  Serial.println(n_data);
  wdt_reset();
  set_sleep_mode (SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
  sleep_enable ();
  sleep_cpu ();
}

```

```

void nec_sender(uint32_t n_data){
    digitalWrite(TX_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(START_HIGH);
    digitalWrite(TX_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(START_LOW);

    for (int i = 0; i < 32; i++) {
        if (bitRead(n_data, (31-i))) {
            digitalWrite(TX_PIN, HIGH);
            delayMicroseconds(560);
            digitalWrite(TX_PIN, LOW);
            delayMicroseconds(1680);
        } else {
            digitalWrite(TX_PIN, HIGH);
            delayMicroseconds(560);
            digitalWrite(TX_PIN, LOW);
            delayMicroseconds(560);
        }
    }
    digitalWrite(TX_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(560);
    digitalWrite(TX_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(560);
}

```

- **Για το μικροελεγκτή PIC18F4550:**

```

#include <main.h>
#include <lcd.h>
#include <stdlib.h>

#define PORTA    =0xF80
#define PORTB    =0xF81
#define PORTC    =0xF82
#define PORTD    =0xF83
#define PORTE    =0xF84
#define fast_io(B)
unsigned int16 address;
unsigned int16 nec_data;
unsigned int32 remote_code;
float temperature=0.0;
float pressure=0.0;
float humidity=0.0;
float windSpeed=0.0;
int1 temp_ok=0;
int1 pres_ok=0;
int1 hum_ok=0;
int1 wind_ok=0;

```

```

void print_lcd(void);
short remote_read(){
    int8 i;
    unsigned int16 count = 0;
    while((input(PIN_B6) == 1) && (count < 200)){
        count++;
        delay_us(50);

    }

    if( (count > 199) || (count < 160)){
        return FALSE;
    }
    count = 0;
    while((input(PIN_B6)==0) && (count < 100)){
        count++;
        delay_us(50);

    }

    if( (count > 99) || (count < 60))
        return FALSE;
    for(i = 0; i < 32; i++){
        count = 0;
        while((input(PIN_B6) == 1) && (count < 14)){
            count++;
            delay_us(50);}
        if( (count > 13) || (count < 8))
            return FALSE;
        count = 0;
        while((input(PIN_B6)==0) && (count < 40)){
            count++;
            delay_us(50);}
        if( (count > 39) || (count < 8))
            return FALSE;
        if( count > 20)
            bit_set(remote_code, (31 - i));
        else
            bit_clear(remote_code, (31 - i));
    }
    address = remote_code >> 16;
    nec_data = (unsigned int16)(remote_code & 0x0000ffff);
    return TRUE;
}

void main(){
    delay_ms(1000);
    LCD_init();
    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
    set_tris_d(0x00);
    set_tris_e(0x00);
    set_tris_b(0x40);

```

```

output_d(0);
output_low(PIN_E0);
LCD_PutCmd ( CLEAR_DISP );
LCD_SetPosition ( LINE_1 + 1 );
printf ( LCD_PutChar,"Weather Station " );
delay_ms(1500);

while(TRUE){
while(!input(PIN_B6));
if(remote_read()){
if(address == 0x40B1){
temperature = (float) (nec_data/100.0);
temp_ok =1;
if((temp_ok ==1) && (pres_ok ==1) && (hum_ok ==1) && (wind_ok ==1)){
print_lcd();
}
}
if(address == 0x40B2){
pressure = (float) nec_data;
pres_ok=1;
if((temp_ok ==1) && (pres_ok ==1) && (hum_ok ==1) && (wind_ok ==1)){
print_lcd();
}
}
}

delay_ms(500);
while(!input(PIN_B6));
if(remote_read()){
if(address == 0x40B2){
pressure = (float)(nec_data/10.0);
pres_ok=1;
if((temp_ok ==1) && (pres_ok ==1) && (hum_ok ==1) && (wind_ok ==1)){
print_lcd();
}
}
}
if(address == 0x40B3){
humidity = (float) (nec_data/100.0);
hum_ok=1;
if((temp_ok ==1) && (pres_ok ==1) && (hum_ok ==1) && (wind_ok ==1)){
print_lcd();
}
}
if(address == 0x40B4){
windSpeed = (float) (nec_data/100.0);
wind_ok=1;
if((temp_ok ==1) && (pres_ok ==1) && (hum_ok ==1) && (wind_ok ==1)){
print_lcd();
}
}
}
}
}

```

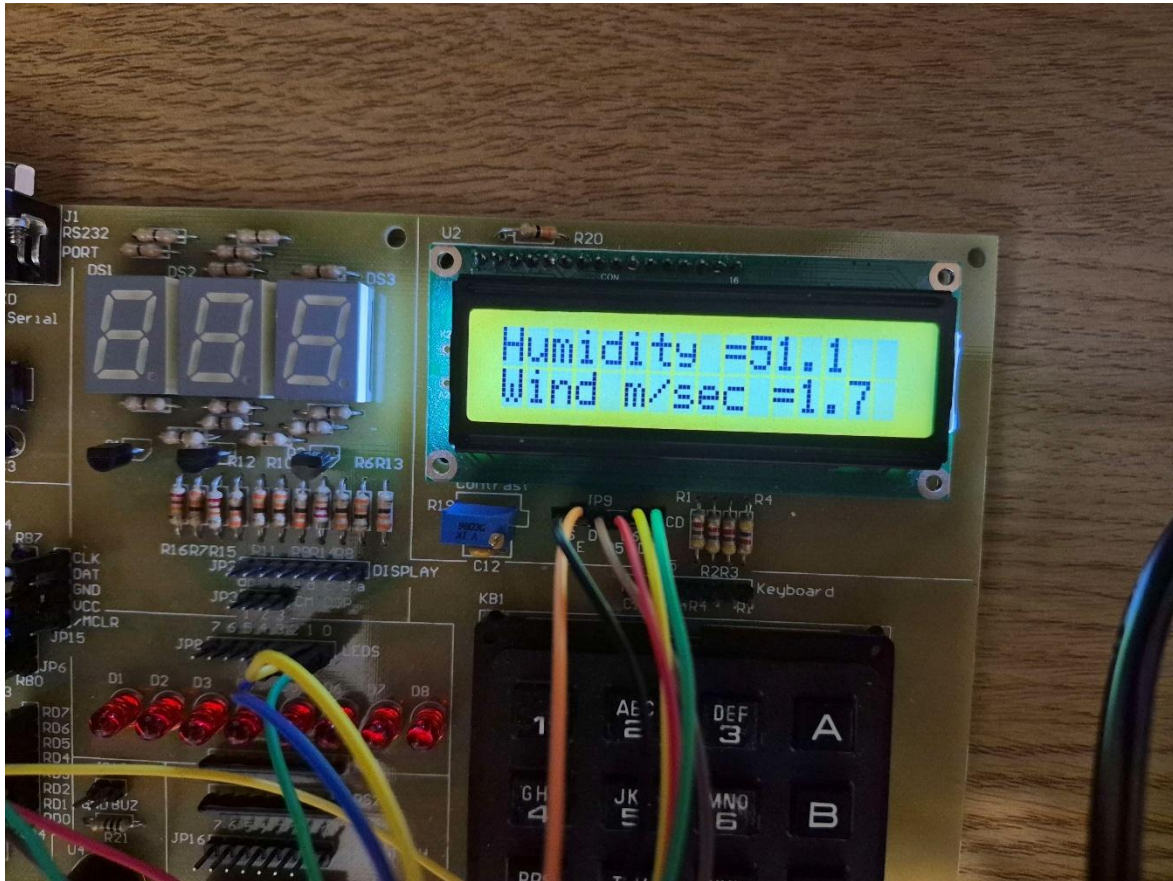
```

void print_lcd(void){
temp_ok=0;
pres_ok=0;
hum_ok=0;
wind_ok=0;
LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );
printf(LCD_PutChar,"Tempera. oC=%3.1f",temperature);
delay_ms(20);
LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );
printf(LCD_PutChar,"Press. mBar=%3.1f ",pressure);
delay_ms(1500);
LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );
printf(LCD_PutChar,"Humidity =%3.1f ",humidity);
delay_ms(20);
LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );
printf(LCD_PutChar,"Wind m/sec =%3.1f ",windSpeed);
delay_ms(100);
}

```

Μόλις τρέξουμε τον κώδικα του Arduino Nano αλλά και του μικροελεγκτή PIC18F4550 αρχίζει η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ τους και στέλνονται δεδομένα στον μικροελεγκτή ανα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Όταν το Arduino nano δεν χρησιμοποιείται για την μετάδοση δεδομένων μπαίνει σε λειτουργία ύπνου για την εξοικονόμηση ενεργειάς. Αυτά τα δεδομένα τα διαχειρίζεται και μας τα εμφανίζει σε μια οθόνη LCD που έχουμε συνδέσει μαζί του.





- Σχήμα 10.13: Η εκτύπωση των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού στην οθόνη LDC

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα μας με έναν φθινό μετεωρολογικό σταθμό για οικιακή χρήση βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα μας είναι σχεδόν παρόμοια καθώς θα υπάρχουν πάντα διαφορές στις τιμές τις κάθε συσκευής διότι χρησιμοποιούν διαφορετικά αισθητήρια για την καταμέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυτές οι σχετικά μικρές διαφορές σε κάθε συσκευή.



- Σχήμα 10.14: Αποτελέσματα του οικιακού μετεωρολογικού σταθμού που χρησιμοποιήσαμε για την σύγκριση

## 11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την εμπειρία μου στην κατασκευή του προσωπικού μου μετεωρολογικού σταθμού, κατέληξα στο συμπέρασμα ότι το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Επιπλέον, διαπίστωσα ότι άτομα με βασικές γνώσεις προγραμματισμού και συνδεσμολογίας κυκλωμάτων μπορούν να δημιουργήσουν χρήσιμα αντικείμενα για την καθημερινή τους ζωή, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη αγοράς τους.

Ο μετεωρολογικός μου σταθμός εξαιτίας του σχετικά μικρού όγκου που διαθέτει θα μπορούσε να αποτελέσει έναν μετεωρολογικό σταθμό που θα μπορούσε να έχει κάποιος για καταγραφή των συνθηκών του σπιτιού του ή ακόμα θα μπορούσε να τον μεταφέρει και μαζί του και να καταγράψει τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν.

Τέλος, αλλά και πιο σημαντικό, είναι ότι κατασκεύασα τον δικό μου ασύρματο μετεωρολογικό σταθμό, αξιοποιώντας τις γνώσεις που απέκτησα όλα αυτά τα χρόνια στη σχολή μου. Αυτή η κατασκευή είναι το αποτέλεσμα της σκληρής και μακροχρόνιας ενασχόλησής μου με τον τομέα της πληροφορικής και ηλεκτρονικής, αποτυπώνοντας πλήρως στην πράξη τις γνώσεις που απέκτησα ως φοιτητής του τμήματος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ [https://www.meteo.noa.gr/Ekthesis\\_Drastiriotion\\_2015.pdf](https://www.meteo.noa.gr/Ekthesis_Drastiriotion_2015.pdf)
- [2] ΔΙΚΤΥΟ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ [http://meteosearch.meteo.gr/perigrifi\\_diktyou\\_2020.pdf](http://meteosearch.meteo.gr/perigrifi_diktyou_2020.pdf)
- [3] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ <https://meteovyronas.gr/pdf/meteo.pdf>
- [4] ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ, Δημήτριος Στάθης [file:///C:/Users/BlueBoy1908/Downloads/00\\_master\\_document.pdf](file:///C:/Users/BlueBoy1908/Downloads/00_master_document.pdf)
- [5] ΚΑΛΥΤΕΡΟΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ <https://techno.expertexpro.com/el/tekhnika-dlya-doma/1732-luchshie-domashnie-meteostantsii.html>
- [6] ΘΕΩΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ <http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/4701/1180/chap7.pdf>
- [7] ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ [https://www.meteorology.gr/meteorologikoi\\_stathmoi/](https://www.meteorology.gr/meteorologikoi_stathmoi/)
- [8] ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ <http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/Lesson03.pdf>
- [9] ARDUINO HOME <https://www.arduino.cc/>
- [10] ARDUINO FORUM <https://forum.arduino.cc/index.php?action=forum>
- [11] J.Glenn Brookshear Η επιστήμη των υπολογιστών (10<sup>η</sup>) έκδοση. Κλειδάριθμος