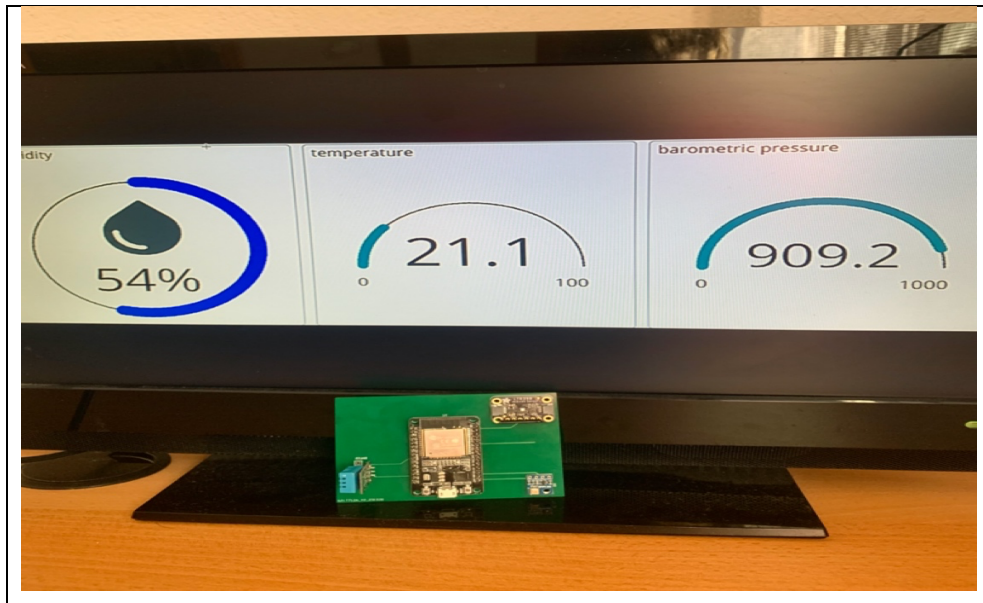


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αισθητήρας καιρικών φαινομένων, με καταγραφή των μετρήσεων και κατόπιν μεταφορά τους σε μια βάση δεδομένων μέσω Wi-Fi»



Του φοιτητή
Θωμά Λάσπα
Αρ. Μητρώου: 517077

Επιβλέπων
Άγγελος Γιακουμής
Βαθμίδα: Λέκτορας

Ημερομηνία: 31-03-2023

Τίτλος Δ.Ε. : Αισθητήρας καιρικών φαινομένων, με καταγραφή των μετρήσεων και κατόπιν μεταφορά τους σε μια βάση δεδομένων μέσω Wi-Fi.

Κωδικός Δ.Ε. : 23207

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Θωμάς Λάσπας

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Άγγελος Γιακουμής

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 31-03-2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 31-01-2024

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

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Θωμά Λάσπα 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 οποιοδήποτε 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 απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

*Αφιερώνεται
Στην οικογένεια μου*

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο « Κατασκευή μετεωρολογικού σταθμού και επικοινωνία μέσω Wi-Fi με μια βάση δεδομένων», ανέλαβα την εργασία στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προϋποθέσεων για την λήψη του πτυχίου του μηχανικού πληροφορικής και ηλεκτρονικών συστημάτων ΔΙΠΑΕ. Τα τελευταία χρόνια η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα θέμα προς συζήτηση από πολλά κράτη της χώρας, με την εξέλιξη της να οδεύει συνεχώς σε ακραία γεγονότα. Σε παγκόσμιο επίπεδο επιστήμονες και ερευνητές προσπαθούν να καταλάβουν και να ισορροπήσουν την αλλαγή του καιρού, συλλέγοντας πληροφορίες και δεδομένα από κάθε λογής μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται σε όλο το κόσμο σε κάθε λογής σημεία. Με την επιλογή αυτού του θέματος μου δίνεται η δυνατότητα παρακολούθησης των καιρικών φαινομένων του τόπου μου αποθηκεύοντας όλες τις πληροφορίες που έχω συλλέξει σε ένα προσωπικό αρχείο. Παρατηρώντας με αυτό τον τρόπο την επιρροή που έχει στο κλίμα του τόπου μου η αυξημένη ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η διπλωματική μου εργασία βασίστηκε σε τομείς όπως ασύρματες επικοινωνίες (Wireless communication), Μικροελεγκτές (Microcontroller unit), τυπωμένα κυκλώματα πλακέτας(Printed Circuit Board), αισθητήρια και επεξεργασία μετρήσεων (Sensors and processing measurement) και προγραμματισμού (Programing).

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν να γίνει η έρευνα για την κατασκευή του μετεωρολογικού σταθμού καθώς και η επιλογή, σχεδίαση κατάλληλης βάσης δεδομένων. Αρχικά για την κατασκευή του σταθμού, έπρεπε να επιλέγουν οι κατάλληλοι αισθητήρες που έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν με τον μικροελεγκτή ESP32, ο οποίος μπορεί να προγραμματιστεί ευκολά από το πρόγραμμα της Arduino και να έχει εύκολη συνεργασία με πολλές βάσεις δεδομένων στο διαδίκτυο. Η βάση δεδομένων είναι αυτή της εταιρείας Arduino λόγω της εύκολης επικοινωνίας με τον μικροελεγκτή. Αρχικά για την επικοινωνία της βάσης με τον μετεωρολογικό σταθμό πρέπει να καθορίσουμε τον μικροελεγκτή που χρησιμοποιούμε, ώστε να έχουμε τις κατάλληλες βιβλιοθήκες για τον κώδικα αργότερα. Στην συνέχεια δίνουμε τα στοιχεία του διαθέσιμου Wi-Fi στο σύστημα ώστε να καθιερύσει την σύνδεση μεταξύ σταθμού και βάσης μέσω του κώδικα του μικροελεγκτή, όπου είναι και το τελικό στάδιο στο οποίο αρχικοποιούνται οι μεταβλητές του συστήματος. Τέλος δημιουργήθηκε ένας ψηφιακός πίνακας ελέγχου στην βάση δεδομένων που θα αναγράφονται οι τιμές των αισθητήρων που θα λάβουμε εφόσον ξεκινήσει η καταγραφή και υπάρχει επικοινωνία μεταξύ βάσης και σταθμού. Επιπλέον μπορούμε να επεκτείνουμε τον πίνακα ελέγχου και στο κινητό τηλέφωνο μέσω εφαρμογής.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια του καιρού και την λειτουργία ενός μετεωρολογικού σταθμού. Το δεύτερο κεφάλαιο περιγράφει τους αισθητήρες καιρικών φαινομένων. Το τρίτο κεφάλαιο περιγράφει την λειτουργία και την δομή των μικροελεγκτών. Στο τέταρτο κεφάλαιο έχουμε την περιγραφή μιας βάσης δεδομένων και τους τύπους της. Το πέμπτο κεφάλαιο εξηγεί πιο αναλυτικά τον μικροελεγκτή και τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στον μετεωρολογικό σταθμό. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της πλακέτας και τα στοιχεία από την προσομοίωση του έργου. Στο έβδομο κεφάλαιο διατυπώνονται τα συμπεράσματα και οι τρόποι βελτίωσης.

«Weather sensor with recording of measurements and then transferring them via Wi-Fi to a database»

«Thomas Laspas»

Abstract

The purpose of the thesis was to conduct research on the construction of the weather station and the selection and design of a suitable database. Initially, for the construction of the station, appropriate sensors needed to be selected, capable of communicating with the ESP32 microcontroller. The ESP32 can be easily programmed through the Arduino software and can easily collaborate with various internet-based databases. The chosen database is that of the Arduino company due to its seamless communication with the microcontroller. To establish communication between the database and the meteorological station, the microcontroller must be determined first, allowing for the incorporation of the necessary libraries in the code later. Subsequently, the available Wi-Fi details are provided to the system to establish a connection between the station and the database using the microcontroller's code, marking the final stage where system variables are initialized. Finally, a digital control panel was created in the database, displaying sensor values once the recording starts and communication is established between the database and the station. Additionally, the control panel can be extended to a mobile phone through an application.

In the first chapter, an introduction is given to the concept of weather and the operation of a weather station. The second chapter describes the sensors for weather conditions, while the third chapter outlines the operation and structure of microcontrollers. The fourth chapter provides a description of a database and its types. The fifth chapter provides a detailed explanation of the microcontroller and sensors used in the weather station. The sixth chapter presents the design of the circuit board and details from the project simulation. The seventh chapter formulates conclusions and suggests improvement methods.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Άγγελο Γιακουμή, για την άμεση επικοινωνία και την επίλυση των προβλημάτων μου, καθώς και την καθοδήγηση μου. Οι συμβουλές και η υποστήριξη του καθόρισαν σημαντικό παράγοντα στην ολοκλήρωση της εργασίας μου. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της σχολής για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν από την πρώτη μέρα της ένταξης μου στην σχολή.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	v
Περίληψη	vi
Abstract.....	vii
Ευχαριστίες.....	viii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1 ^ο : Καιρός και μετεωρολογικός σταθμός	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Κλίμα	1
1.3 Καιρός.....	2
1.4 Εισαγωγή στην έννοια του μετεωρολογικού σταθμού	2
1.4.1 Ιστορική αναδρομή	3
1.5 Η λειτουργία των μετεωρολογικών σταθμών.....	4
1.5.1 Τύποι μετεωρολογικών σταθμών	4
Κεφάλαιο 2 ^ο : Αισθητήρες καιρικών φαινομένων.....	8
2.1 Τι είναι οι αισθητήρες καιρικών φαινομένων.....	8
2.1.1 Ποιοι χρησιμοποιούν τους αισθητήρες καιρικών φαινομένων.	9
2.2 Βασικοί τύποι αισθητήρων καιρικών φαινομένων	12
Κεφάλαιο 3 ^ο : Μικροελεγκτές	19
3.1 Εισαγωγή	19
3.2 Ιστορικά γεγονότα	20
3.3 Λειτουργία	21
3.4 αρχιτεκτονική	21
3.5 Γλώσσες προγραμματισμού μικροελεγκτή.....	23
3.6 Τύποι - κατηγορίες μικροελεγκτών	24
3.6.1 Ταξινόμηση ανάλογα με τον αριθμό των bit	24
3.6.2 Ταξινόμηση ανάλογα με την μνήμη της συσκευής	25
3.6.3 Ταξινόμηση ανάλογα με το σύνολο εντολών	26
3.6.4 Ταξινόμηση ανάλογα με την αρχιτεκτονική μνήμης.....	26
3.7 Διαφορές μικροελεγκτή από μικροεπεξεργαστή	27

3.9 Ανακεφαλαίωση	30
Κεφάλαιο 4 ^ο : Βάσεις δεδομένων	31
4.1 εισαγωγή	31
4.1.1 δεδομένα	31
4.1.2 Βάσεις δεδομένων	31
4.2 Ιστορία	32
4.2.1 1960 DBMS πλοήγησης	33
4.2.2 1970 Σχεσιακό DBMS	34
4.2.3 ολοκληρωμένη προσέγγιση	36
4.2.4 Τέλη δεκαετίας 1970, SQL DBMS.....	36
4.2.5 δεκαετία 1980, στους επιτραπέζιους υπολογιστές.....	36
4.2.6 δεκαετία 1990, αντικειμενοστραφής	37
4.2.7 2000, NoSQL και NewSQL.....	37
4.3 DBMS	37
4.4 Τύποι βάσεων δεδομένων	39
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αισθητήρες και μικροελεγκτής μετεωρολογικού σταθμού.....	41
5.1 εισαγωγή	41
5.2 Μικροελεγκτής ESP 32	41
5.2.1 περιγραφή	41
5.2.2 ορισμός θυρών	42
5.2.3 Εσωτερικά στοιχεία	44
5.2.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	45
5.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11	45
5.3.1 περιγραφή	46
5.3.2 τρόπος σύνδεσης.....	46
5.3.3 επικοινωνία με μικροεπεξεργαστή	46
5.3.4 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	47
5.4 Αισθητήρας φωτός UV LTR390	47
5.4.1 περιγραφή	47
5.4.2 λειτουργικό μπλόκ διάγραμμα.....	48
5.4.3 λειτουργία συσκευής	48
5.4.3 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	49
5.5 Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης BMP180	49
5.5.1 περιγραφή	49
5.5.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	50

5.5.3 διαδικασία μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης.....	50
5.5.4 πρωτόκολλο I2C	50
5.5.5 Έναρξη καταμέτρησης.....	51
Κεφάλαιο 6 ^ο : Σχεδίαση και εφαρμογή	52
6.1 Σχεδίαση και κατασκευή πλακέτας	52
6.2 Δημιουργία βάσης δεδομένων και επικοινωνία.....	55
6.3 Δημιουργία ψηφιακού πίνακα ελέγχου	57
6.4 επεξήγηση κώδικα	58
6.4 Εφαρμογή	60
Κεφάλαιο 7 ^ο : Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Βιβλιοθήκη για τον αισθητήρα πίεσης BMP 180	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Βιβλιοθήκη για τον αισθητήρα UV LTR390	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C :Βιβλιοθήκη για αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT 11	78

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1: Πλεονεκτηματα και μειονεκτηματα DBMS	38
---	----

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΙΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
CWOP	Citizen Weather Observer Program
NWS	National Weather Service
AWS	Automatic Weather Station
F1	Formula 1
UV	Ultra Violet
NPK	Nitrogen Phosphorus Potassium
RAM	Random Access Memory
NOR FLASH	Negative OR Flash
OTP	One Time Password
SOC	System on a Chip
GPU	Graphic Processor Unit
Wi-Fi	Wireless Fidelity
DSP	Digital Signal Processor
MCU	Microcontroller Unit
ROM	Reading Only Memory
EPROM	Erasable Programmable Read-only Memory
PROM	Programmable Read-only Memory
EEPROM	Electrical Erasable Programmable Read-only Memory
ABS	Anti-lock Breaking System
I/O	Input/Output
PMU	Power Management Unit
USB	Universal Serial Bus
LCD	Liquid Crystal Display
ALU	Arithmetic Logic Unit
PIC	Peripheral Interface Controller
CISC	Complex Instruction Set Computer
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ADC	Analog to Digital Conversion
DAC	Digital to Analog Conversion
ARM	Advanced RISC Machines
PWM	Pulse Width Modulation
AVR	Automatic Voltage Regulator
ISP	Internet Service Provider
IDC	International Data Corporation
DBMS	Database Management System
RDBMS	Relational Database Management System
SQL	Structured query language
IMS	Information Management System
IBM	International Business Machines Corporation
XML	Extensible Markup Language
GCP	Google Cloud Platform
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
SPI	serial peripheral interface
GPIO	General Purpose Input/Output
RTC	Real-time Clock
I2C	Inter-Intergraded Circuit
PLL	Phase Locked Loop
RF	Radio Frequency
NTC	Negative Temperature Coefficient
DC	Direct Curet
IDE	Integrated Development Environment
CMOS	complementary metal-oxide semiconductor
SCL	Structured Control Language
SDA	Software defined architecture
ACKS	Acknowledges
PCB	printed circuit board

Κεφάλαιο 1⁰: Καιρός και μετεωρολογικός σταθμός

1.1 Εισαγωγή

Πολλές φορές, όταν θέλουμε να περιγράψουμε τον καιρό σε μια περιοχή, αναφερόμαστε σε καιρικά δεδομένα που υπάρχουν στην περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα και επαναλαμβάνονται εδώ και πολλά χρόνια. Αυτό είναι το κλίμα της περιοχής. Ας διευκρινίσουμε τη διαφορά μεταξύ αυτών των δύο εννοιών εξηγώντας τις. Το κλίμα αναφέρεται στις κύριες ατμοσφαιρικές συνθήκες σε μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου κ.λπ. Ο καιρός περιγράφει την ατμοσφαιρική κατάσταση σε ένα συγκεκριμένο μέρος και χρόνο, συμπεριλαμβανομένης της ζέστης, του κρύου, της ηλιοφάνειας, των βροχοπτώσεων, των σύννεφων, του ανέμου, και τα λοιπά. Οι όροι κλίμα και καιρός, είτε χρησιμοποιούνται μεμονωμένα είτε όταν προσπαθούν να συνδυαστούν, συχνά δημιουργούν σύγχυση. Για παράδειγμα, πρόσφατες αναφορές ειδήσεων υποδηλώνουν ότι η κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα η σταδιακή υπερθέρμανση του πλανήτη, μπορεί να οδηγήσει σε συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα. Ας ξεκινήσουμε με μια πιο διαφορετική προσέγγιση, το κλίμα και ο καιρός συνδέονται στενά με την επίδραση του ήλιου και τη θερμική ισορροπία της Γης. Ο καιρός σχετίζεται με τις καθημερινές αλλαγές του ήλιου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία ή με τα ρεύματα αέρα που μεταφέρονται σε αυτήν την τοποθεσία από άλλο μέρος, συνήθως από τα δυτικά. Το κλίμα σχετίζεται με τη συνεχή ακτινοβολία του ήλιου, η οποία απορροφάτε κυρίως από τους ωκεανούς αλλά και από την ατμόσφαιρα, και ο ήλιος δεν εξαφανίζεται ποτέ. Τα καιρικά χρονοδιαγράμματα είναι πολύ μικρότερα από τα χρονοδιαγράμματα για το κλίμα, εκατοντάδες φορές μικρότερα. Υπολογίζεται ότι αυτός ο καιρός διαρκεί από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες κατά μέσο όρο κατά την περίοδο των καταιγίδων και είναι πολύ μεγαλύτερος από ένα χρόνο υπό κλιματικές συνθήκες. [5]

1.2 Κλίμα

Το κλίμα της Κοζάνης όπου μεγάλωσα, είναι ασταθές με μεγάλες μεταβολές θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαίρι. Δεν συνηθίζεται συχνά μια όμορφη μέρα να ακολουθεί την άλλη, πολλοί άνθρωποι που έχουν ζήσει αλλού, το αποκαλούν απρόβλεπτο. Τα καιρικά φαινόμενα είναι ποικίλα κρύους χειμώνες ζεστά καλοκαίρια και μετριοπαθείς άνεμους. Οι βροχές είναι συχνότερες την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ το καλοκαίρι είναι σχετικά ξηρό. Δύο μήνες πρωινής ομίχλης, η οποία διαλύεται μέχρι το μεσημέρι, συμβαίνουν μεταξύ Νοέμβριου και Δεκέμβριου. [6]

Αυτό το είδος κλίματος δεν είναι απλώς τυχαίο. Προέρχεται από την ηπειρωτική τοποθεσία της πόλης και τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής λόγω του γεωγραφικού της προσανατολισμού και της απόστασής της από τη θάλασσα, η Κοζάνη επηρεάζεται από το ηπειρωτικό κλίμα. Η ηπειρωτική θέση σημαίνει ότι η πόλη βρίσκεται μακριά από τις επιρροές του παράκτιου κλίματος και των

θαλάσσιων αερίων ρευμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες θερμοκρασιακές αποκλίσεις μεταξύ των εποχών και μεγαλύτερη επιρροή των ατμοσφαιρικών συνθηκών στο κλίμα της περιοχής.

Επιπλέον, η Κοζάνη βρίσκεται κοντά στον Πίνδο, ένα σύμπλεγμα οροσειρών που επηρεάζει τον τρόπο κυκλοφορίας των αέριων μαζών και των ατμοσφαιρικών φαινομένων. Οι ορεινές περιοχές μπορούν να επιφέρουν τοπικές μεταβολές στο κλίμα, όπως τη δημιουργία ανέμων και την αλλαγή της κατεύθυνσης των αέριων ρευμάτων. [6]

1.3 Καιρός

Ο καιρός στην Κοζάνη χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα. Οι καλοκαιρινοί μήνες είναι συνήθως ζεστοί και ξηροί, με υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να φτάσουν τους 30°C ή και παραπάνω. Οι χειμερινοί μήνες είναι κρύοι, με συχνές παγωνιές και χιόνι. Οι θερμοκρασίες την χειμερινή περίοδο μπορεί να πέσουν κάτω από το μηδέν, και οι μέγιστες θερμοκρασίες να φτάνουν τους 5°C ή και λιγότερο.[6]

Ο καιρός στην Κοζάνη είναι επίσης γνωστός για τους συχνούς και ισχυρούς ανέμους, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι βορειοδυτικοί άνεμοι μπορεί να φθάσουν σε μεγάλες ταχύτητες και να δημιουργήσουν κρύες αισθήσεις. Επίσης, η Κοζάνη είναι γνωστή για την ύπαρξη ομίχλης κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Όσον αφορά την βροχή, η Κοζάνη έχει μέτρια νετό κατά τη διάρκεια του έτους, με την υψηλότερη βροχόπτωση να σημειώνεται κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Συνολικά, ο καιρός στην Κοζάνη είναι χαρακτηριστικός της ηπειρωτικής κλιματικής ζώνης, με έντονες εποχιακές μεταβολές και έντονα αισθητά κλιματικά φαινόμενα. [6]

1.4 Εισαγωγή στην έννοια του μετεωρολογικού σταθμού

Ένας μετεωρολογικός σταθμός είναι ένας κρίσιμος και πολυσύχναστος κόμβος στον χώρο της έρευνας του κλίματος και της μετεωρολογίας, αποτελεί ένα τεχνολογικά προηγμένο τεχνολογικό σύστημα όπου μπορεί να συλλέγει, να καταγράφει και να αναλύει δεδομένα που αφορούν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και μετεωρολογικές παραμέτρους. Οι πληροφορίες που συλλέγουμε έχουν διάφορες εφαρμογές όπως



Εικόνα 1.1 μετεωρολογικός σταθμός [45]

είναι ο πρόβλεψη του καιρού και η μελέτη του κλίματος, η παροχή χρήσιμων πληροφοριών σε διάφορους επαγγελματικούς τομείς της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της ενέργειας και της ναυτιλίας.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με πολλούς από τους αισθητήρες που αναλύσαμε παραπάνω ώστε να έχουμε την δυνατότητα να παίρνουμε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την θερμοκρασία, την υγρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, την ποσότητα του νερού λόγω βροχοπτώσεων καθώς και τα επίπεδα υπεριώδης ακτινοβολίας. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται ψηφιακά και δίνονται σε εξειδικευμένα κέντρα παρακολούθησης και πρόβλεψης του καιρού, στα οποία αναλυτές και μετεωρολόγοι αξιοποιούν τις πληροφορίες αυτές για την έρευνα τους. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί αποτελούν μια βασική πηγή πληροφοριών για την ασφάλεια και την προστασία των πολιτών, καθώς παρέχοντας άμεσα και με ακρίβεια στοιχεία στους μετεωρολόγους μπορούν να προβλέψουν έγκυρα ακραία καιρικά φαινόμενα. Είναι εξίσου σημαντική στην έρευνα για την κλιματική αλλαγή, η οποία αποτελεί ένα βασικό πρόβλημα στις μέρες μας . [7]

1.4.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία των μετεωρολογικών σταθμών είναι μια προσπάθεια των ανθρώπων να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε τον καιρό. Η παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών πηγάζει από την αρχαιότητα, αλλά η ανάπτυξη των μετεωρολογικών σταθμών ως την σημερινή μορφή έχει περάσει από διάφορα στάδια.

Από την αρχαιότητα παρατηρούσαν και κατέγραφαν τα φυσικά σημάδια για να προβλέψουν τον καιρό, οι αστρονόμοι και οι φυσικοί όπως οι αρχαίοι Έλληνες, χρησιμοποιούσαν τα σημάδια στον ουρανό και των ατμοσφαιρικών φαινομένων για να προβλέψουν τον καιρό. Επιπλέον οι γεωργοί και οι ναυτική κοιτούσαν τις συμπεριφορές των ζώων, για την πρόβλεψη του καιρού.

Η επιστημονική προσέγγιση της μετεωρολογίας αρχίζει να αναπτύσσεται τον 17-18. Αιώνα, που πρώτος ο Γαλιλαίος παρατήρησε τον άνεμο και τις ατμοσφαιρικές πίεσης ενώ ο Torricelli ανακάλυψε τον αριθμητή του βαρόμετρου. Εκείνη την περίοδο έκαναν την εμφάνιση τους οι πρώτοι μετεωρολογικοί σταθμοί ως προσωπικό εργαλείο επιστημόνων. Κατά τον 19^ο αιώνα η ανάπτυξη των μετεωρολογικών σταθμών έφτασε σε προχωρημένο για εκείνη την εποχή επίπεδο. Ο Sir Francis Beaufort δημιούργησε την κλίμακα Beaufort για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου, ενώ άλλοι ερευνητές δημιούργησαν βαρόμετρα, θερμομέτρα και υγρόμετρα. [9]

Φθάνοντας κοντά στο σήμερα και συγκεκριμένα στον 20^ο αιώνα, οπύ ιδρυθήκαν μετεωρολογικές υπηρεσίες σε πολλές χώρες. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία και η χρήση δορυφορικών παρατηρήσεων επέτρεψαν την συλλογή δεδομένων από μεγάλες περιοχές σε πραγματικό χρόνο. Οι σύγχρονοι πλέον μετεωρολογικοί σταθμοί αποτελούνται από πολλούς προηγμένους τεχνολογικά αισθητήρες και αυτόματα συστήματα παρακολούθησης που παρέχουν συνεχής πληροφορίες για την κατάσταση του καιρού. [9]

1.5 Η λειτουργία των μετεωρολογικών σταθμών

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί λειτουργούν ως συστήματα καταγραφής δεδομένων και μετεωρολογικών παραμέτρων για την παρακολούθηση καιρικών συνθηκών, το οποίο περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μέτρηση, την αποθήκευση και την διανομή δεδομένων προσφέροντας πολλαπλά οφέλη όπως η πρόβλεψη του καιρού η κλιματική παρακολούθηση η ασφάλεια και η ενίσχυση αγροτικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Πιο αναλυτικά:

- **Αισθητήρες:** Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ποικίλους αισθητήρες που είναι χρήσιμοι στην καταγραφή ορισμένων καιρικών παραμέτρων.
- **Καταγραφή δεδομένων:** Οι αισθητήρες μεταδίδουν συνεχώς τα δεδομένα που έχουν συλλέξει στον μετεωρολογικό σταθμό, τα οποία περνούν μέσα από μια μονάδα επεξεργασίας όπου και αποθηκεύονται. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να κρατάμε ιστορικά δεδομένα για μελλοντική χρήση.
- **Επικοινωνία δεδομένων:** Τα δεδομένα που συλλέγουμε από τους αισθητήρες μεταφέρονται σε ζωντανό χρόνο σε πολλά κέντρα μετεωρολογικής παρακολούθησης, τα οποία μπορούν μέσω του διαδικτύου η άλλων μέσων επικοινωνίας να διανεμηθούν σε διάφορους χρήστες.
- **Πρόβλεψη και έρευνα:** Τα δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς αξιοποιούνται από αναλυτές και μετεωρολόγους, για την πρόβλεψη του καιρού, την ανίχνευση κλιματικών τάσεων και την έρευνα σχετικά με την κλιματική αλλαγή.
- **Εφαρμογές:** Οι μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας όπως η γεωργία, για την πρόβλεψη αναγκών σε νερό και την διαχείριση της καλλιέργειας, την πρόγνωση ακραίων καιρικών φαινομένων για την διασφάλιση της σοδιάς. Στον τομέα της ασφάλειας όπως έχουμε δει τα τελευταία χρόνια στην χώρα να υπάρχει έγκαιρη προειδοποίηση στα κινητά μας τηλέφωνα από το κράτος για τυχόν ακραία καιρικά φαινόμενα κοντά στην περιοχή μας και μεθόδους προφύλαξης. Στον τομέα της ενέργειας, μπορούμε να πάρουμε σημαντικές πληροφορίες για το κλίμα μιας περιοχής ή ενός τόπου από μετεωρολογικούς σταθμούς, αξιολογώντας αυτές της πληροφορίες να χρησιμοποιήσουμε την κατάλληλη μέθοδο ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Στον τομέα της ναυτιλίας και των αεροπορικών επιχειρήσεων.

1.5.1 Τύποι μετεωρολογικών σταθμών

Προσωπικός μετεωρολογικός σταθμός: Ένας προσωπικός μετεωρολογικός σταθμός αποτελείται από ένα σύνολο αισθητήρων και εργαλείων για την μέτρηση και τον υπολογισμό καιρικών συνθηκών, η λειτουργία του μπορεί να την διαχειρίζεται ένα άτομο, ένας σύλλογος, μιας εταιρείας ή ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός. Οι προσωπικοί μετεωρολογικοί σταθμοί εξελίσσονται συνεχώς περιλαμβάνοντας πολλούς διαφορετικούς αισθητήρες, οι οποίοι μπορεί να είναι διαφορετικά μοντέλα μεταξύ τους αλλά οι περισσότεροι μετρούν την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, τις

εξωτερικές και εσωτερικές θερμοκρασίες, την εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία και υγρασία. Η ποιότητα, ο αριθμός των αισθητήρων και η τοποθέτηση των προσωπικών μετεωρολογικών σταθμών ποικίλουν, αυτό είναι που καθιστά δύσκολη την σωστή επιλογή για την κατάλληλη χρήση. [10]

Οι προσωπικοί μετεωρολογικοί σταθμοί διαθέτουν μια ψηφιακή κονσόλα, στην οποία μπορούμε να δούμε τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει. Οι κονσόλες αυτές συνδέονται με ένα προσωπικό ή κεντρικό υπολογιστή όπου τα δεδομένα μπορούν να παρακολουθηθούν, αποθηκευτούν και να μεταφερθούν σε ιστοσελίδες ή συστήματα διαχείρισης δεδομένων. Υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί ανοιχτού κώδικα οι οποίοι έχουν ευέλικτη λειτουργία προς τον χρήστη. [10]

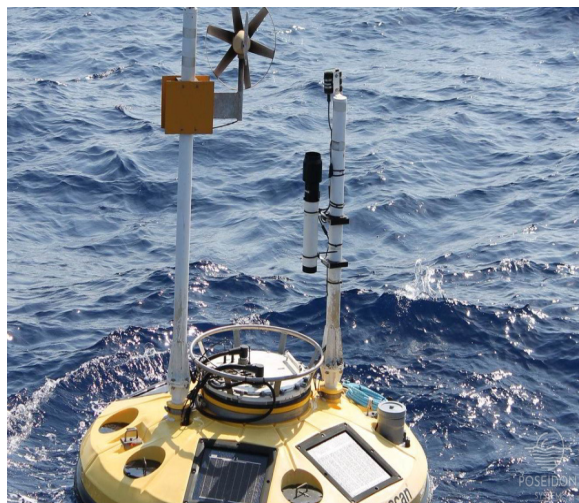
Οι προσωπικοί μετεωρολογικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν μόνο για την ψυχαγωγία και την ενημέρωση του ιδιοκτήτη παρόλο που μπορεί οι ιδιοκτήτες να μοιράζονται τα αποτελέσματα με άλλους, τα οποία μπορεί να μοιράζονται μέσω διαδικτύου ή μέσω τηλεφώνου. Υπάρχει ακόμη και μια υπηρεσία η Citizen Weather Observer Program (CWOP) που η δουλειά της είναι να βοηθάει στον διαμοιρασμό πληροφοριών σε προσωπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς, τα δεδομένα υποβάλλονται μέσω λογισμικού ενός προσωπικού υπολογιστή και χρησιμοποιούνται από οργανισμούς πρόβλεψης όπως National Weather Service (NWS). Κάθε μετεωρολογικός σταθμός που υποβάλει δεδομένα στην CWOP θα έχει μια προσωπική σελίδα που θα βλέπει τα δεδομένα του. [10]

Μετεωρολογικά πλοία: Ένα πλοίο μετεωρολογικής παρακολούθησης ήταν ένα πλοίο που έριχνε άγκυρα στην μέση του ωκεανού, με σκοπό να καταγράψει επιφανειακές και υψηλές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για προγνωστικούς σκοπούς. Επιπλέον σκοπός του ήταν να βοηθήσει σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης και να παρέχει μετεωρολογικές πληροφορίες για πτήσεις πέρα από τον ατλαντικό. Τα μετεωρολογικά πλοία αποδείχτηκαν πολύ χρήσιμα κατά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο που ο διεθνής οργανισμός πολιτικής αεροπλοΐας, δημιούργησε ένα παγκόσμιο δίκτυο που αποτελούνταν από 13 πλοία μετεωρολογικής παρατήρησης το 1948. Τα 12 από αυτά παρέμειναν σε λειτουργία το 1996, εννέα βρισκόταν στον βόρειο ατλαντικό ωκεανό και τρία στον βόρειο ειρηνικό ωκεανό. Οι συμφωνία για τα πλοία μετεωρολογικής παρατήρησης έληξε το 1990, αλλά οι πληροφορίες που είχαν μέχρι τότε δεν πήγαν χαμένες, αποδείχθηκαν χρήσιμες για την μελέτη των ανέμων και των κυμάτων. Το τελευταίο πλοίο μετεωρολογικής παρατήρησης ήταν το MS Polarfont, γνωστό και ως μετεωρολογικός σταθμός M ("Jilindras"), το οποίο λειτουργούσε από το νορβηγικό μετεωρολογικό ινστιτούτο, το πλοίο αποσύρθηκε από την λειτουργία στις 1 Ιανουάριου 2010. Από την δεκαετία του 1960 και έπειτα όσα πλοία υπήρχαν για να παρακολουθούν τον καιρό ήταν εθελοντικά από εταιρείες. [10]



Εικόνα 1.2 μετεωρολογικά πλοία [47]

Καιρικές σηματοδούρες: Μετά από την κατάργηση των μετεωρολογικών πλοίων, οι ερευνητές και οι μετεωρολόγοι θα έπρεπε να συνεχίσουν να παίρνουν πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες στην επιφάνεια της θάλασσας, για αυτό το λόγο δημιούργησαν τις καιρικές σηματοδούρες. Χωρίζονται σε δυο τύπους αυτές που είναι δεμένες στον πυθμένα της θάλασσας οι οποίες έχουν διάμετρο από 1,5 έως 12 μετρά και τις παρασυρόμενες που έχουν μια σφαίρα με αέρα μέσα τους για να επιπλέουν χωρίς να είναι προσκολλημένες κάπου με διάμετρο 30-40 εκατοστά. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1980, ένα δίκτυο από καιρικές σηματοδούρες στον κεντρικό και ανατολικό ωκεανό βοήθησε στην μελέτη του φαινομένου El Niño. Οι περισσότερες καιρικές σηματοδούρες στον ωκεανό είναι οι παρασυρόμενες με αριθμό 1250 να βρίσκονται σε όλο τον κόσμο. Τα δεδομένα από τις σηματοδούρες έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια από τα πλοία. [10]



Εικόνα 1.3 καιρική σηματοδούρα [48]

Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός: Ένας αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (AWS) είναι στην ουσία μια αυτοματοποιημένη έκδοση του παραδοσιακού μετεωρολογικού σταθμού, είτε για την μείωση του κόστους λόγω της ανθρώπινης εργασίας είτε για να επιτρέψει μετρήσεις σε απομακρυσμένες και δύσβατες περιοχές. Ένας AWS αποτελείται συνήθως από μια αδιάβροχη θήκη που περιέχει τον καταγραφέα δεδομένων μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία και τους μετεωρολογικούς αισθητήρες με ηλιακό πάνελ η ανεμογεννήτρια πάνω σε μια βάση. Ο καταγραφέας δεδομένων αποτελεί ένα πολύ βασικό όργανο για ένα AWS, ο προμηθευτής θα φροντίσει για την σχεδίαση του να τηρεί ορισμένες προδιαγραφές όπως την μικρή κατανάλωση ενέργειας, την επικοινωνία, την προστασία από έντομα και άγρια ζώα, την υγρασία και άλλα πολλά. Στο παρελθόν η τοποθέτηση ενός αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού βασιζόταν στο εάν υπήρχε παροχή τροφοδοσίας κοντά όπως γραμμές ρεύματος και επικοινωνίας. Στις μέρες μας τα ηλιακά πάνελ, η ανεμογεννήτρια μας δίνουν την δυνατότητα να τοποθετήσουμε ένα αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό σε όποιο σημείο επιλέξουμε. Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι μπορεί να μας παρέχει ακριβείς πληροφορίες σε επικίνδυνες και απομακρυσμένες περιοχές, προειδοποιώντας τις αρχές της κοντινής κατοικήσιμης περιοχής για ακραία καιρικά φαινόμενα που αναμένεται να έρθουν. [19]



Εικόνα 1.4 αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός [46]

Κεφάλαιο 2⁰: Αισθητήρες καιρικών φαινομένων

2.1 Τι είναι οι αισθητήρες καιρικών φαινομένων

Οι αισθητήρες καιρικών φαινομένων είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και την καταγραφή δεδομένων σχετικά με τις καιρικές συνθήκες. Οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του ανέμου, η κατεύθυνση του ανέμου, η ποσότητα της βροχής και άλλα μετεωρολογικά φαινόμενα. Η χρήση τους είναι αναγκαία για τη συλλογή δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν τις καιρικές συνθήκες και την πρόγνωση του καιρού. Οι μετεωρολογικές υπηρεσίες, οι αεροπορικές εταιρείες, οι γεωργοί, οι επιχειρήσεις αιολικής ενέργειας και πολλοί άλλοι κλάδοι, εξαρτώνται από αυτά τα δεδομένα για να λαμβάνουν αποφάσεις και να προστατεύουν τις δραστηριότητές τους. [7]

Οι αισθητήρες καιρικών φαινομένων βρίσκονται εγκατεστημένοι κυρίως σε μετεωρολογικούς σταθμούς, αεροπλάνα, πύργους ανεμογεννητριών, κτίρια και άλλες εφαρμογές. Η λειτουργία τους επιτυγχάνεται με τη χρήση διάφορων τεχνολογιών-τεχνοτροπιών, όπως η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμοστοιχεία, η μέτρηση της υγρασίας με υγρασιόμετρα, η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης με βαρόμετρα, η μέτρηση της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου με ανεμόμετρα και ανεμοδείκτες, και η μέτρηση της βροχής με βροχόμετρα. Οι σύγχρονοι αισθητήρες καιρικών φαινομένων μπορούν να είναι επίσης συνδεδεμένοι σε δίκτυα μετεωρολογικών σταθμών και να στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μέσω δορυφόρων ή δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Αυτό επιτρέπει την παρακολούθηση και τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων από διάφορες περιοχές και την παροχή ακριβέστερων προγνώσεων και πληροφοριών για τον καιρό. [7] [11]

Τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες καιρικών φαινομένων χρησιμεύουν για πρόβλεψη του καιρού από μετεωρολογικές υπηρεσίες, την κλιματική έρευνα, την ανάλυση των κλιματικών τάσεων και την κατανόηση των καιρικών φαινομένων. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς, όπως η γεωργία, η ασφάλεια, οι μεταφορές και η ενεργειακή διαχείριση, για να ληφθούν αποφάσεις βάσει των καιρικών συνθηκών.



Εικόνα 2.1 καιρικές συνθήκες [32]

Τα μετεωρολογικά δεδομένα είναι απαραίτητα για διάφορους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη του καιρού και του κλίματος, την άμεση προειδοποίηση για φυσικές καταστροφές και τη μείωση των κινδύνων από αυτές, τη διαχείριση των

υδατικών πόρων, τον σχεδιασμό τοπίων και πολλές άλλες εφαρμογές. Ωστόσο, για να έχουμε πρόσβαση σε μετεωρολογικά δεδομένα, απαιτείται ένα καλό δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών με τους κατάλληλους αισθητήρες καιρικών φαινομένων με σκοπό την παρατήρηση της επιφάνειας της γης, στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας και στον ωκεανό, καθώς και άλλα συστήματα υποστήριξης για τη συλλογή, εγγραφή, επεξεργασία, αρχειοθέτηση και διαχείριση των δεδομένων. Σε περιοχές όπως η υποσαχάρια Αφρική, υπάρχουν περιορισμοί λόγω του χαμηλού οικονομικού επιπέδου και ικανότητας της περιοχής, που περιορίζουν την ανάπτυξη και παροχή ποιοτικών μετεωρολογικών υπηρεσιών.

2.1.1 Ποιοι χρησιμοποιούν τους αισθητήρες καιρικών φαινομένων.

Πολλοί άνθρωποι, εταιρείες, δήμοι και ερευνητικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν διάφορους αισθητήρες καιρού για την παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις χρήσης αισθητήρων καιρού, όπως για παράδειγμα άτομα που ενδιαφέρονται για τον καιρό, εταιρείες που έχουν ανάγκη την πληροφορία για τις καιρικές συνθήκες για τη λειτουργία τους, δήμοι που πρέπει να παρακολουθούν τις καιρικές συνθήκες για λόγους ασφαλείας και προστασίας και ερευνητικοί οργανισμοί που ασχολούνται με τη μελέτη και την πρόβλεψη του καιρού. [7]

- **Αεροπορία:**

Στον κόσμο της αεροπορίας, η κάθε πτυχή της επιχείρησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες. Όταν υπάρχουν ισχυρές καταιγίδες, τα αεροπλάνα δεν μπορούν να απογειωθούν ή να προσγειωθούν σε αεροδρόμια. Κατά τη διάρκεια σοβαρών καιρικών φαινομένων, οι δρόμοι των αεροδρομίων μπορεί να γίνουν ανασφαλείς για την κυκλοφορία. Επιπλέον, κατά την παρουσία κεραυνού στην περιοχή, οι εργαζόμενοι στον τομέα της αεροπορίας, όπως οι υπάλληλοι χειραποσκευής, οι μηχανικοί και οι καθοδηγητές, δεν μπορούν να εκτελέσουν τις εργασίες τους στον αεροδιάδρομο για λόγους ασφαλείας. [7]



Εικόνα 1.3 αεροδρόμιο Μονάχου[33]

Τόσο τα αεροδρόμια όσο και οι αεροπορικές εταιρείες χρησιμοποιούν δίκτυα μετεωρολογικών αισθητήρων για να διασφαλίσουν τη συνεχή λειτουργία τους και την ασφάλεια των εργαζομένων και του κοινού. Τα αεροδρόμια χρησιμοποιούν τους μετεωρολογικούς αισθητήρες τους για να προβλέπουν πότε ο καιρός μπορεί να επηρεάσει τη διάβαση των επιβατών και την ασφάλεια τους. Οι αεροπορικές εταιρείες, από την πλευρά τους, χρησιμοποιούν τους αισθητήρες εδάφους τους για να είναι σε θέση να ενημερώνουν το προσωπικό τους όσο το δυνατόν γρηγορότερα για τον καιρό που μπορεί να επηρεάσει την εργασία τους.

Επιπλέον, οι μεγάλοι αερολιμένες ολοένα και περισσότερο παρέχουν τα δεδομένα των αισθητήρων τους ως μια υπηρεσία στις αεροπορικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον αερολιμένα, έτσι ώστε να έχουν πρόσβαση σε ενημερωμένες πληροφορίες για τον καιρό. [7]

- **Γεωργία:**

Καθ' όλη την ιστορία, οι αγρότες έχουν πάντα επιδιώξει να αποκτήσουν όσες περισσότερες πληροφορίες για τον καιρό μπορούν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η πρόβλεψη και η επίτευξη μιας επιτυχημένης σοδειάς εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία, την βροχή και την αποτελεσματική χρήση λιπασμάτων με στρατηγική χρονισμένη προσέγγιση. [7]

Οι αγρότες και οι γεωπόνοι ήταν ανάμεσα στους πρώτους που υιοθέτησαν με επιτυχία τη σύγχρονη τεχνολογία παρακολούθησης του καιρού. Από τη δεκαετία του 1980, πολλά αγροτικά πανεπιστήμια σε πολλά κράτη εξοπλίστηκαν με μετεωρολογικά δίκτυα, προκειμένου να παρέχουν στους αγρότες τα απαραίτητα δεδομένα για να εφαρμόζουν έξυπνες γεωργικές πρακτικές. Σήμερα, οι αγρότες εξακολουθούν να βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της μετατροπής των δεδομένων από καιρού σε αποφάσεις που έχουν θετική επίδραση στην πραγματική ζωή. [7]



Εικόνα 1.4 βιολογική γεωργία [34]

- **Εκπαίδευση:**

Η εκπαίδευση απαιτεί να διασφαλίζεται η φυσική ασφάλεια των μαθητών - αυτό είναι αδιαμφισβήτητο. Παράλληλα, οι εξωτερικές δραστηριότητες όπως τα αθλήματα, οι εκδρομές και οι εκδηλώσεις μέσα στο σχολείο αποτελούν σημαντικό μέρος της σχολικής εμπειρίας. Για να εξασφαλίζεται η ιδανική ισορροπία ανάμεσα στη διασκέδαση και την ασφάλεια, τα σχολεία πρέπει να παρακολουθούν προσεκτικά τις καιρικές συνθήκες. Παρατηρώντας τα κτίρια και τους πράσινους χώρους, είναι φανερό ότι οι καιρικοί αισθητήρες είναι όλο και πιο συχνή θέα στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτό συμβαίνει επειδή οι μετεωρολογικοί σταθμοί παρέχουν στα σχολεία και τους εκπαιδευτικούς φορείς τις πληροφορίες που απαιτούνται για να λαμβάνουν και να δικαιολογούν αποφάσεις σχετικά με την αναβολή μαθημάτων λόγω χιονοπτώσεων, αθλητικών προπονήσεων και άλλων παρόμοιων περιστάσεων. [7]

Επιπλέον, οι μετεωρολογικοί αισθητήρες στα σχολεία δημιουργούν μια βάση αξιόπιστων τοπικών καιρικών δεδομένων, τα οποία οι εκπαιδευτικοί στις θετικές επιστήμες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να ενθαρρύνουν τους μαθητές να ασχοληθούν και να μάθουν σημαντικές έννοιες της περιβαλλοντικής επιστήμης και των μαθηματικών. Στο πανεπιστημιακό επίπεδο, όπου οι πανεπιστημιακοί χώροι λειτουργούν ως μικρές πόλεις, τα τοπικά δίκτυα καιρικών αισθητήρων βοηθούν τους διοικητές των σχολών να κατανοήσουν πότε να ακυρώσουν μαθήματα, να αντιμετωπίσουν τη δομική πίεση στα κτίρια και άλλες σχετικές πληροφορίες. [7]

- **Αθλητισμός:**

Ανεξάρτητα από το αν είστε επαγγελματίας ή ερασιτέχνης, δεν είναι ασφαλές να αθλείστε κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας. Ωστόσο, η ακύρωση εκδηλώσεων έχει μεγάλο κόστος, τόσο σε χαμένα έσοδα όσο και στην κοινοτική ψυχολογία. Για τον λόγο αυτό, οι μετεωρολογικοί αισθητήρες παίζουν καίριο ρόλο σε όλα τα επίπεδα αθλητικών δραστηριοτήτων, από τις τοπικές νεανικές λίγκες μέχρι το Μεγάλο Πρωτάθλημα της φόρμουλα 1. Η παρακολούθηση του καιρού είναι αυτή που βοηθά τις ομάδες και τα σωματεία να πάρουν τις σωστές αποφάσεις που προστατεύουν τόσο τους ανθρώπους όσο και την επιχείρηση. Από ένα απλό μετεωρολογικό σταθμό σε δημοτικά πάρκα, μέχρι ένα δίκτυο στρατηγικά τοποθετημένων σταθμών σε επαγγελματικά στάδια, οι αισθητήρες παρέχουν πλήρη εικόνα των συνθηκών σε πραγματικό χρόνο καθ' όλη την διάρκεια των διοργανώσεων. [7]



Εικόνα1.5 pit lane F1 [35]

- **Ναυτιλία:**

Οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις βασίζονται σε αξιόπιστες μετεωρολογικές πληροφορίες για να διασφαλίσουν την ασφάλεια των πλοίων και των επιβατών τους. Οι ναύτες, ανεξαρτήτως επιπέδου, χρειάζονται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τον άνεμο, όπως ταχύτητα και κατεύθυνση, προκειμένου να λάβουν τις σωστές αποφάσεις πλοήγησης. Επίσης, μεγαλύτερα πλοία χρειάζονται ακριβείς μετεωρολογικές πληροφορίες για να αποφασίσουν την κατάλληλη πορεία και να αποφύγουν ενδεχόμενους κινδύνους. Οι ενσωματωμένοι μετεωρολογικοί αισθητήρες στα πλοία είναι ζωτικής σημασίας, καθώς παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση του καιρού, ανεξάρτητα από την απόσταση από τις τοπικές μετεωρολογικές αναφορές. [7]

- **Εταιρείες υποδομής:**

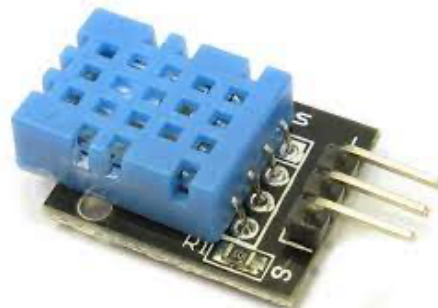
Οι εταιρείες υποδομής έχουν την ευθύνη να διατηρούν έναν τεράστιο αριθμό φυσικών υποδομών, σκεφτείτε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, υψηλής τάσης πύργους, υδροηλεκτρικά φράγματα και ανεμόμυλους. Όλα αυτά είναι μεγάλες κατασκευές που πρέπει να αντέχουν σε ισχυρούς ανέμους, βροχή και ακραίες θερμοκρασίες όλο το χρόνο. Λαμβάνοντας υπόψη την ισχύ της ηλεκτρικής ενέργειας, αυτές οι κατασκευές μπορούν επίσης να αποτελέσουν σοβαρό κίνδυνο πυρκαγιάς σε περίπτωση σοβαρής ζημιάς από ακραίες καιρικές συνθήκες. [7]

Για να διασφαλίσουν την αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών στους πελάτες τους, οι εταιρείες υποδομής λειτουργούν ιδιωτικά δίκτυα παρακολούθησης του καιρού, τα οποία αποτελούνται από μετεωρολογικούς αισθητήρες σε όλη την περιοχή εξυπηρέτησής τους. Αυτοί οι αισθητήρες βοηθούν τις εταιρείες υποδομής να υπολογίσουν πόση ενέργεια θα χρειαστούν για την παραγωγή οι εταιρείες υποδομής έχουν την ευθύνη να διατηρούν έναν τεράστιο αριθμό φυσικών υποδομών όπως εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, υψηλής τάσης πύργους, υδροηλεκτρικά φράγματα και ανεμόμυλους. Όλα αυτά είναι μεγάλες κατασκευές που πρέπει να αντέχουν σε ισχυρούς ανέμους, βροχή και ακραίες θερμοκρασίες όλο το χρόνο. Λαμβάνοντας υπόψη τη δύναμη της ηλεκτρικής ενέργειας, αυτές οι κατασκευές μπορεί επίσης να αποτελέσουν μεγάλο κίνδυνο πυρκαγιάς σε περίπτωση σοβαρής ζημιάς από ακραίες καιρικές συνθήκες. [7]

2.2 Βασικοί τύποι αισθητήρων καιρικών φαινομένων

1. Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας:

Ένας από τους πιο βασικούς αισθητήρες για παρακολούθηση καιρικών φαινομένων σε εξωτερικούς χώρους, είναι αυτός της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Είναι ειδικά σχεδιασμένος ώστε να αντέχει σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, όπως γεωργική χρήση συλλέγοντας και αποθηκεύοντας τα στοιχεία με ακρίβεια. Παράγοντες όπως η σκόνη και η βροχή ενδέχεται να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, για αυτό τον λόγο τοποθετείται σε αδιάβροχη και ανθεκτική στη σκόνη ασπίδα ηλιακής ακτινοβολίας. Συνεπώς έτσι μπορούμε να προστατέψουμε τον αισθητήρα από ένα σκληρό περιβάλλον, αλλά και να εξασφαλίσουμε την καλή αγωγή του αέρα. Η λειτουργία του βασίζεται στη χωρητική μέτρηση των δειγμάτων αέρα που συλλέγεται σε ένα φιλμ, το οποίο είναι μη αγώγιμο αλλά διαθέτει δυο ηλεκτρικούς αγωγούς ώστε να σχηματίζεται ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ τους. Η υγρασία που συλλέγεται από τον αέρα προκαλεί αλλαγές στα επίπεδα τάσης μεταξύ των δυο αγωγών, που ε αυτόν τον τρόπο δίνεται η μέτρηση της σχετικής υγρασίας αφού έχει ληφθεί υπόψη η θερμοκρασία του αέρα. [11]



Εικόνα 1.6 αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας [36]

2. Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου:



Εικόνα 1.7 αισθητήρας ταχύτητας ανέμου[37]

Ο αισθητήρας ταχύτητας ανέμου τριών κυπέλων, είναι ο κλασικός αισθητήρας που βλέπουμε να υπάρχει έξω από πολλά σπίτια, ο οποίος μετράει την ταχύτητα του ανέμου κυρίως κοντά στο έδαφος. Διατηρώντας τον κλασικό σχεδιασμό εδώ και πολλά χρόνια, ο οποίος αποτελείται από ένα ρουλεμάν ακριβείας το οποίο έχει στις άκρες του τρία πτερύγια που στο τελείωμά τους διαθέτουν τρία κύπελα, στα οποία προσπίπτει ο αέρας επάνω τους και αυτό κινούν το ρουλεμάν το οποίο υπολογίζει και εμφανίζει τα αποτελέσματα σε μια οθόνη. Ο αισθητήρας αυτός συνοδεύεται συνήθως και από τον αισθητήρα κατεύθυνσης ανέμου που θα δούμε παρακάτω. [11]

3. Αισθητήρας κατεύθυνσης ανέμου:

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η δομή του αισθητήρα μοιάζει λίγο με τον ανεμοδείκτη. Στην ουσία είναι σαν μια ευθεία γραμμή που στην μια άκρη έχει μύτη και στην άλλη ένα πλατύ αλλά λεπτό τμήμα ενός υλικού χαμηλού βάρους, τοποθετημένος σε μια περιστροφική βάση. Καθώς φυσάει ο άνεμος πέφτει πάνω στο πλατύ τμήμα και το περιστρέφει ώσπου ο αέρας να προσπίπτει στο λεπτό τμήμα, όπου εκεί σταματάει να περιστρέφεται και με αυτόν τον τρόπο φανερώνει την κατεύθυνση του ανέμου. Ανάλογα με το εύρος μέτρησης που θέλουμε υπάρχουν δυο κατηγορίες, των 8 κατευθύνσεων και των 360 μοιρών. [11]

4. Αισθητήρας μέτρησης βροχής:

Είναι ένα όργανο το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως από μετεωρολόγους και υδρολόγους, για να μπορέσουν να πάρουν πληροφορίες για την ποσότητα νερού που έχει πέσει σε μια περιοχή σε μια καθορισμένη χρονική διάρκεια. Μας δείχνει το βάθος της βροχόπτωσης (συνήθως σε mm) σε ένα συγκεκριμένο χώρο. Το πρότυπο βροχόμετρο που κατασκευάστηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, αποτελείται από μια χοάνη με διατομή 20 εκατοστών, η οποία καταλήγει σε ένα βαθμονομημένο κύλινδρο διαμέτρου 6,41 εκατοστών, ο οποίος βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο διαμέτρου 20 εκατοστών και ύψους 51 εκατοστών. Σε περίπτωση που το νερό υπερχειλίζει το βαθμονομημένο εσωτερικό κύλινδρο το νερό θα καταλήξει στο εξωτερικό πολύ μεγαλύτερο δοχείο. Για την λήψη σωστών μετρήσεων εξετάζεται το νερό που βρίσκεται στο εσωτερικό δοχείο, σε τι ύψος έχει φτάσει και εάν υπάρχει υπερχειλίση τότε το νερό από το εξωτερικό δοχείο ρίχνεται σε ένα άλλο βαθμονομημένο δοχείο και γίνεται η πρόσθεση των δυο. [11]



Εικόνα 1.8 αισθητήρας μέτρησης βροχής[38]

5. Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης:



Εικόνα 1.9 αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης [39]

Η συσκευή αυτή μπορεί να ανίχνευση πληροφορίες της πίεσης του αέρα και να μετατρέψει τις πληροφορίες αυτές σε ηλεκτρικό σήμα ή άλλες μορφές πληροφορίας, ανάλογα το εξάρτημα που θα μετατρέψει την πληροφορία αυτή. Με βάση την πίεση του αέρα μπορούμε να προσδιορίσουμε και το υψόμετρο. Ένας χαρακτηριστικός αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης είναι ο αισθητήρας πιεζοαντίστασης, ο οποίος αποτελείται από μια πλάκα σιλικόνης ως διάφραγμα πάνω στο οποίο υπάρχουν διάφορες ουσίες σχηματίζοντας ένα κύκλωμα γέφυρας αντίστασης, δίνοντας την δυνατότητα να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την πίεση ανιχνεύοντας την αλλαγή αντίστασης που προκύπτει από την παραμόρφωση αυτής όταν εφαρμόζεται πίεση. [11] [12]

6. Αισθητήρας ηλιακής ακτινοβολίας:



Εικόνα 1.9 αισθητήρας ηλιακής ακτινοβολίας[40]

Ο αισθητήρας ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί ένα από τα βασικά επίγεια μετεωρολογικά όργανα, είναι επίσης βασικός στον τομέα της έρευνας πόρων ηλιακής ενέργειας και της παρακολούθησης της λειτουργίας φωτοβολταϊκών σταθμών. Ο αισθητήρας βρίσκεται καλυμμένος από ένα επεξεργασμένο διάφανο κάλυμμα σκόνης έξω από το στοιχείο ανίχνευσης. Η διαπερατότητα του φωτός είναι πολύ μεγάλη περίπου 95% χάρις την καλή ευαισθησία που έχει το διαφανές διπλό γυάλινο κάλυμμα, με επιφάνεια ειδικά επεξεργασμένη ώστε να αποτρέψει την προσκόλληση σκόνης από το εξωτερικό περιβάλλον η οποία μπορεί να προκαλέσει αλώσει των μετρήσεων. Η λειτουργία του αισθητήρα βασίζεται στην μικρή μονάδα φωτός που λέγεται φωτόνιο, τα οποία προσπίπτουν στο όργανο του αισθητήρα και γίνεται η καταμέτρηση. Οι αισθητήρες αυτοί δεν τροφοδοτούνται από εξωτερική πηγή διότι τα εξαρτήματα που βρίσκονται στην

συσκευή μπορεί να επηρεαστούν και να μας δώσουν λανθασμένες μετρήσεις. Ένα από τα στοιχεία που παίζει και καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία του αισθητήρα είναι το thermopile, το οποίο ανιχνεύει το άμεση όσο και διάχυτη ακτινοβολία η οποία απορροφάτε από τον αισθητήρα και μετατρέπεται σε θερμότητα και ρέει στο περίβλημα της συσκευής. [11] [13]

7. Αισθητήρας ηλιακού φωτός:

Ο αισθητήρας ηλιακού φωτός είναι χρήσιμος στην ανίχνευση της έντασης του ηλιακού φωτός. Η αρχή λειτουργίας του είναι η μετατροπή της φωτεινότητας σε τιμή τάσης ή ρεύματος, το οποίο ονομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν ένα φωτόνιο προσπίπτει την μεταλλική επιφάνεια του αισθητήρα, η ενέργεια του φωτός απορροφάται από τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα αυξάνοντας τους την κινητική τους ενέργεια δίνοντας τους την δυνατότητα να εκπέμπονται από το υλικό, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο ένα μικρό ηλεκτρικό ρεύμα. Καθώς τα ηλεκτρόνια μεταπηδούν από την εξωτερική στοιβάδα του υλικού αφήνουν ένα αποτύπωμα ενέργειας το οποίο μετράει ο αισθητήρας και υπολογίζει την ένταση του ηλιακού φωτός. Οι αισθητήρες δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας από βλαβερές ακτινοβολίες γούτο θα τους δούμε συχνά σε εξωτερικούς χώρους αλλά και εσωτερικούς. [11] [14]

8. Αισθητήρας UV:



Εικόνα 1.10 αισθητήρας UV [41]

Ο αισθητήρας UV μπορεί να χρησιμοποιήσει το φωτοευαίσθητο στοιχείο ώστε να μετατρέψει το υπεριώδες σήμα σε μετρήσιμο ηλεκτρικό σήμα, χάρις στη φωτοβολταϊκή λειτουργία. Υπάρχουν δυο τρόποι λειτουργίας του αισθητήρα, ο πρώτος αποτελείται από μια φωτοδίοδο στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία δίνοντας ενέργεια στα ηλεκτρόνια, το γεγονός αυτό προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό θα είναι ισχυρότερο ως απόκριση στο φωτεινότερο, το οποίο μπορεί να μετρηθεί και να μετατραπεί σε ψηφιακή ή αναλογική έξοδο. Ο δεύτερος τρόπος λειτουργίας βασίζεται σε μια φωτοαντίσταση στην οποία προσπίπτουν οι ακτίνες φωτός και μεταβάλλεται η τιμή της. Η μέτρηση της μεταβολής της τιμής της μας δίνει το αποτέλεσμα που θέλουμε. Κατά κύριο λόγο οι περισσότεροι αισθητήρες UV αποτελούνται κυρίως από φωτοδίοδο διότι αποτελεί ποιο ακριβείς και αξιόπιστο όργανο μέτρησης. [11] [15]

9. Αισθητήρας θορύβου:

Ο αισθητήρας θορύβου είναι ένα όργανο μέτρησης ήχου μεγάλης ακρίβειας που είναι ικανός να μετρήσει την ένταση του θορύβου και το μέγεθος του ήχου σε πραγματικό χρόνο. Η λειτουργία του είναι παρόμοια με το ανθρώπινο αυτί, δηλαδή αποθηκεύονται τιμές σε ένα διάγραμμα και μετατρέπονται σε σήμα. Όμως επειδή είναι αισθητήρας και όχι άνθρωπος δεν έχει διάγραμμα για αποθήκευση η τύμπανα και άλλα όργανα που έχει το αυτί για την αντίληψη του ήχου, ο αισθητήρας έχει ένα ανιχνευτή κορυφής, έναν ενισχυτή (ποιο σύνηθες



Εικόνα 1.11 αισθητήρας θορύβου [42]

είναι ο LM393) ο οποίος έχει πολύ μεγάλη ευαισθησία στον ήχο και ένα εσωτερικό μικρόφωνο, αυτά είναι τα τρία αντικείμενα που αποτελούν έναν αισθητήρα θορύβου. Η διαδικασία σύλληψης επεξεργασίας και μέτρησης του ήχου αποτελείται από τρία στάδια, αρχικά την ύπαρξη μορίων αέρα ειδάλως δεν θα υπήρχε ήχος, στην συνέχεια αυτά τα κύματα καταγράφονται από το εσωτερικό μικρόφωνο όπου ενισχύονται από τον ενισχυτή και ψηφιοποιούνται στην έξοδο. Το εύρος μέτρησης της έντασης του ήχου είναι 30db – 120db και η συχνότητα καταγραφής μεταξύ 20 – 12.5kHz. προκειμένου να καλύψουμε διάφορες ανάγκες καταγραφής ήχου ο αισθητήρας χωρίζεται σε δυο κατηγορίες, τον επιτοίχιο και την ασπίδα ηλιακής ακτινοβολίας. Ο επιτοίχιος αισθητήρας χρησιμοποιείται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους και βιομηχανίες όπου οι παρεμβολές του ήχου από

άλλες συσκευές είναι μεγάλες, έχει καλή ευκρίνεια κατά την καταγραφή. Ενώ ο αισθητήρας ασπίδας ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται σε εσωτερικούς χώρους λόγω την μεγάλης κατασκευαστικής αντοχής που έχει σε δύσκολες καιρικές συνθήκες. [11] [16]

10. Αισθητήρας βροχής και χιονιού:



Εικόνα 1.12 αισθητήρας βροχής και χιονιού [43]

Ο αισθητήρας χιονιού και βροχής είναι ένα από τα βασικά συστατικά των συστημάτων παρακολούθησης του καιρού. Αυτός ο αισθητήρας είναι υπεύθυνος για να μας προσδιορίζει εάν βρέχει η χιονίζει σε μια περιοχή. Ο τρόπος λειτουργίας είναι σύνθετος αποτελείται από ένα κλειστό κύκλωμα ηλεκτρονίων στο οποίο πέφτουν οι σταγόνες της βροχής και προκαλούν βραχυκύκλωμα, στέλνοντας με αυτόν τον τρόπο την ένδειξη βροχής. Σε περίπτωση χιονιού ο αισθητήρας διαθέτει επιπλέον ένα ζεύγος αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας, όταν αντιληφθεί ότι η θερμοκρασίας έχει πέσει κάτω από τους 0^ο αυτόματα ενεργοποιεί η εσωτερική αντίσταση που διαθέτει για την αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα επιθυμητό επίπεδο ανάλογα με τον κατασκευαστή, έτσι με αυτόν τον τρόπο πάντα το σημείο ανίχνευσης είναι πάνω από τους 0^ο επομένως εάν προσπίπτουν πάνω νιφάδες χιονιού θα λιώσουν και θα προκαλέσουν

βραχυκύκλωμα, που σε συνδυασμό με την εξωτερική χαμηλή θερμοκρασία και την μεγάλη τιμή υγρασίας θα μας ειδοποιήσει ότι στην περιοχή υπάρχει χιονόπτωση. [11]

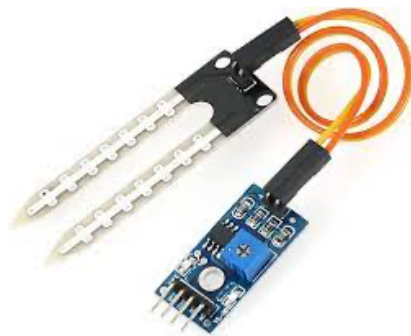
11. Αισθητήρας αρνητικών ιόντων οξυγόνου:

Το φυσικό οικοσύστημα διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην καλή ποιότητα του οξυγόνου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, χάρις την ιδιότητα που έχουν να παράγουν αρνητικά ιόντα οξυγόνου. Το επίπεδο συγκέντρωσης των αρνητικών ιόντων καθορίζει και την ποιότητα του αέρα σε ένα αστικό περιβάλλον και ονομάζεται 'βιταμίνη αέρα'. Ο αισθητήρας αρνητικών ιόντων οξυγόνου είναι ένα ειδικό όργανο για τη μέτρηση ιόντων αερίου στην ατμόσφαιρα. Μπορεί να μετρήσει τη συγκέντρωση ιόντων αέρα, να διακρίνει τις θετικές και αρνητικές πολικότητες των ιόντων και μπορεί να διακρίνει το μέγεθος των μετρούμενων ιόντων ανάλογα με τη διαφορά της κινητικότητας ιόντων. Διακρίνονται σε δυο τύπους τον αισθητήρα ιόντων τύπου πλάκας, οποίος διαθέτει ένα σύνολο παράλληλων και μονωμένων ηλεκτροδίων τύπου Α και Β, όπου στον πόλο Β υπάρχει ένα δακτυλιοειδές διπολικό ηλεκτρόδιο. Ο αέρας απορροφάτε από ένα εσωτερικό ανεμιστήρα, έπειτα περνάει από το ηλεκτρόδια Α/Β τα οποία εκφορτίζονται, μεταφέροντας την ενέργεια αυτή σε ένα ηλεκτρόδιο δακτυλίου Ε καταγαγόντας το σήμα εκφόρτωσης έτσι ώστε να μπορεί αν μετρηθεί ο αριθμός και το μέγεθος των θετικών και αρνητικών ιόντων στον αέρα. Αυτός ο τύπος αισθητήρα πλάκας είναι καινοτόμος τεχνολογικά αλλά επηρεάζεται ευκολά από το εξωτερικό περιβάλλον. Ο δεύτερος τύπος αισθητήρα ιόντων διπλού κυλινδρικού άξονα, αποτελείται από τρεις ομόκεντρους κυλίνδρους όπου ο εξωτερικός και ο εσωτερικός είναι ηλεκτρόδια. Όταν διέρχεται ο αέρας περνάει χτυπάει τον εσωτερικό και τον εξωτερικό κύλινδρο προκαλώντας εκφόρτωση η οποία καταγράφεται έτσι ώστε να μπορεί να μετρηθεί ο αριθμός και το μέγεθος των θετικών και αρνητικών ιόντων στον αέρα. Αυτός τύπος αισθητήρα έχει περίπλοκη δομή που τον κάνει πιο ακριβής και σταθερό στις μετρήσεις του αλλά και πιο δαπανηρό. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του καιρού, διότι όχι μόνο μπορούν να δουν τα ποσοστά ιόντων του αέρα αλλά και να παρακολουθήσουν ταυτόχρονα την θερμοκρασία και άλλα περιβαλλοντικά στοιχεία. [11] [17]

12. Αισθητήρας εξάτμισης του νερού:

Ο αισθητήρας εξάτμισης χρησιμοποιείτε για να μας προσδιορίσει τον ρυθμό εξάτμισης του νερού από μια περιοχή. Είναι πιο βολική από ένα συμβατικό εξατμόμετρο καθώς αποτελείται κυρίως από μικρούς αισθητήρες, οι οποίοι δεν χρειάζεται να ρυθμιστούν ταυτόχρονα για να λειτουργήσουν. Μπορείτε να τον συνδέσετε σε οποιαδήποτε ρύθμιση λεκάνης εξάτμισης και να λάβετε μετρήσεις απευθείας. Εφαρμόζοντας την αρχή μέτρησης της πίεσης, η εξάτμιση υπολογίζεται μετρώντας τη μεταβολή του βάρους του υγρού στο δοχείο εξάτμισης και στη συνέχεια υπολογίζοντας το ύψος του νερού μέσα στο δοχείο. Η μέτρηση εξάτμισης της επιφάνειας του νερού που μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα περιβάλλοντα δεν επηρεάζεται από το υγρό πάγωμα και ξεπερνά τα μειονεκτήματα της ανακριβούς μέτρησης όταν η στάθμη υπολογίζεται μέσω της αρχής των υπερήχων, εύκολη ζημιά στον αισθητήρα όταν δεν υπάρχει νερό και χαμηλή ακρίβεια μέτρησης. [11]

13. Αισθητήρας υγρασίας εδάφους:



Εικόνα 1.13 αισθητήρας υγρασίας εδάφους [44]

Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους χρησιμοποιείτε για να δούμε την περιεκτικότητα σε νερό που έχει η περιοχή που εξετάζουμε, το οποίο χρησιμεύει στην παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους και την προστασία των δασών. Η λειτουργία του βασίζεται σε δυο αγωγούς που βρίσκονται στα άκρα των δυο μεταλλικών ποδιών που διαθέτει για την εύκολη εισαγωγή του μέσα στο χώμα. Η δυο αγωγοί συμπεριφέρονται σαν αντιστάτες αλλάζει η τιμή τους με τα μόρια νερού που βρίσκονται στο έδαφος, όσο περισσότερα είναι μειώνεται αντίστοιχα η τιμή της αντίστασης, ανάλογα με αυτήν την τιμή υπολογίζεται η ποσότητα του νερού σε εκείνη την περιοχή. Μπορεί να ταφεί στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα για την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε υγρασία της επιφάνειας και του βάθους του εδάφους. Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους μπορεί επίσης να διαθέτει μονάδες θερμοκρασίας και αγωγιμότητας, οι οποίες μπορούν ταυτόχρονα να μετρήσουν τα τρία στοιχεία της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της αγωγιμότητας του εδάφους. [11]

14. Αισθητήρας NPK εδάφους:

Ο αισθητήρας αυτός είναι κατάλληλος για την ανίχνευση της ποσότητας σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο στο έδαφος και προβλέπει πόσο γόνιμο θα είναι το έδαφος, κάνοντας εύκολη την αναζήτηση καρποφόρας γης για τους γεωργούς. Η πλειοψηφία των ηλεκτροχημικών μεθόδων που χρησιμοποιείτε για τον προσδιορισμό των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, βασίζονται στην χρήση ενός ηλεκτροδίου εκλεκτικού ιόντος με γυάλινη ή πολυμερή μεμβράνη. Μετρώντας την τιμή αγωγιμότητας του εδάφους την συγκρίνουμε με μια συμβατική τιμή για την περιεκτικότητα στα τρία βασικά συστατικά. Έχει πανομοιότυπη λειτουργία με τον αισθητήρα υγρασίας του εδάφους. [11]

15. Αισθητήρας PH εδάφους:

Ο αισθητήρας PH εδάφους μετράει σε πραγματικό χρόνο την τιμή του PH. Αποτελείται από ένα μεταλλικό αισθητήρα και μια συσκευή μεταγωγής λειτουργικής αξίας. Το PH του εδάφους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητα των θρεπτικών συστατικών που υπάρχουν στο έδαφος, το οποίο καθορίζει την σωστή ανάπτυξη των φυτών. Διακρίνονται σε δυο σχέδια είτε θα διαθέτουν το ηλεκτρόδιο στο επάνω στο σώμα της συσκευής (All in one), είτε θα διαθέτουν ένα ανεξάρτητο καλώδιο για το ηλεκτρόδιο το οποίο θα συνδέεται με το σώμα της συσκευής. Και τα δυο σχέδια έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας σύμφωνα με τον οποίο, το ηλεκτρόδιο που τοποθετείτε στο χώμα για την μέτρηση αποτελείται από εάν ηλεκτρόδιο αναφοράς, διάλυμα αναφοράς, σύνδεσμο αναφοράς και ένα γυάλινο λαμπτήρα με ένυδρο στρώμα. Όταν υπάρξει επαφή με το έδαφος με ένα δείγμα χώματος, ενεργοποιείτε το ηλεκτρικό ρεύμα, στην συνέχεια ο ελεγκτής υπολογίζει το φορτίο του διαλύματος αναφοράς μέσα στο βολβό και το συγκρίνει με το PH του εδάφους που έχουμε ως δείγμα, εμφανίζοντας το αποτέλεσμα μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. [11]

16. Αισθητήρας υγρασίας φύλλων:

Ο αισθητήρας υγρασίας φύλλων είναι ένα όργανο το οποίο μετράει με ακρίβεια το πόσο υγρασίας πάνω στην επιφάνεια του φύλλου, ακόμη και υπολείμματα - θραύσματα πάγου που υπάρχουν πάνω στο φύλλο. Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την υγρασία πάνω στα φύλλα και να την κρατάμε σε χαμηλά επίπεδα, διότι εάν υπάρχει υγρασία στο φύλλο γίνεται πιο ευάλωτο είναι σε αρρώστιες. Υπάρχουν πολλοί τρόποι λειτουργίας του αισθητήρα αλλά θα δούμε τους δυο πιο διαδεδομένους, που έχουν την μεγαλύτερη ακρίβεια, του αισθητήρα με ηλεκτρική αντίσταση και του χωρητικού αισθητήρα. Ο αισθητήρας με την αντίσταση είναι ο πιο διαδεδομένος, αποτελείται από μια σειρά αγωγικών ιχνών σε ένα επίπεδο λεπτό στρώμα το οποίο μοιάζει με την επιφάνεια του φύλλου. Όταν προσκτηθεί νερό η δροσιά στην επιφάνεια του αισθητήρα δημιουργείτε ένα κύκλωμα μεταξύ των ιχνών και αλλάζει την τιμή της αντίστασης ανάλογα με την ποσότητα του νερού που υπάρχει πάνω του, όσο περισσότερο νερό έχουμε τόσο μικρότερη γίνεται η τιμή της αντίστασης το οποίο καθορίζει την τιμή της υγρασίας. Ο χωρητικός αισθητήρας από την άλλη βασίζεται στην μέτρηση της επιφάνειας του φύλλου, υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε ένα ξερό φύλλο και ένα υγρό (ρίχνοντας του νερό), υπολογίζοντας αυτή την διαφορά ο αισθητήρας προσδιορίζει το ποσό υγρασίας που υπάρχει στην επιφάνεια. [11]

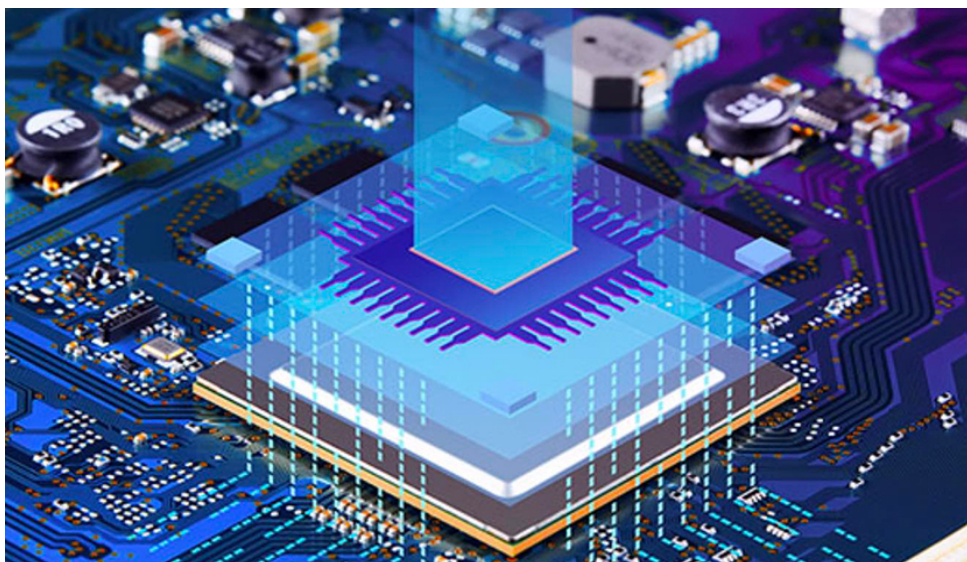
Όλοι οι παραπάνω μετεωρολογική αισθητήρες μπορούν να λειτουργήσουν μόνοι τους αυτόνομα δίνοντας ξεχωριστά ένα αποτέλεσμα, όμως μπορούμε να συνδυάσουμε πολλούς από αυτούς μαζί σε ένα κεντρικό υπολογιστή δίνοντας αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο ταυτόχρονα πολλοί αισθητήρες μαζί, αυτή η συνδεσμολογία ονομάζεται μετεωρολογικός σταθμός. Ο διαχειριστής του σταθμού. Μπορεί να συλλέγει τα δεδομένα και να τα αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων στο διαδίκτυο, στην οποία μπορεί να έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες και να βλέπουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Κεφάλαιο 3⁰: Μικροελεγκτές

3.1 Εισαγωγή

Ένας Μικροελεγκτής είναι ένας μικρός υπολογιστής σε ένα ενσωματωμένο κύκλωμα. Αποτελείται από ένα ή περισσότερους επεξεργαστές μαζί με μνήμη και εισόδους/εξόδους με δυνατότητα προγραμματισμού τους. Επίσης περιλαμβάνει και μνήμη προγράμματος σε μορφή ferroelectric RAM, NOR flash ή OTP ROM στο εσωτερικό του, καθώς και μια μικρή ποσότητα RAM. Οι Μικροελεγκτές είναι σχεδιασμένοι για σύνθετες εφαρμογές σε αντίθεση με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται σε προσωπικούς υπολογιστές ή σε εφαρμογές γενικής χρήσης που αποτελούνται από διάφορα ξεχωριστά τσιπ. [20]

Στην πιο προηγμένη του μορφή μπορούμε να πούμε ότι ένας μικροελεγκτής είναι παρόμοιος με μια ενσωματωμένη συσκευή (SoC), αλλά πιο απλοϊκός. Ένα SoC μπορεί να περιλαμβάνει έναν μικροελεγκτή ως ένα από τα βασικά κομμάτια του, αλλά συνήθως περιλαμβάνεται με άλλα κομμάτια όπως μονάδα επεξεργασίας γραφικών (GPU), μονάδα Wi-Fi ή ορισμένους ακόμη επεξεργαστές. [20]



Εικόνα 3.1 μικροελεγκτής [49]

Η βασική χρήση των μικροελεγκτών είναι σε προϊόντα και συσκευές αυτομάτου ελέγχου, όπως συστήματα ελέγχου κινητήρα αυτοκινήτου, εμφητεύσιμες ιατρικές συσκευές, ηλεκτρικές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία και άλλα ενσωματωμένα συστήματα. Προσφέροντας χαμηλότερο κόστος και μικρότερο μέγεθος σε σχέση με το να χρησιμοποιούσαμε ένα μικροεπεξεργαστή, μνήμη και συσκευές εισόδου/εξόδου. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι μικροελεγκτών είναι αναλογικού-ψηφιακού σήματος και ενσωματώνουν αναλογικά στοιχεία τα οποία είναι χρήσιμα για τον έλεγχο συστημάτων που δεν είναι ψηφιακά. Στα πλαίσια του διαδικτύου των πραγμάτων οι μικροελεγκτές αποτελούν ένα οικονομικό και δημοφιλές μέσο καταγραφής δεδομένων. Ορισμένοι μικροελεγκτές μπορεί να χρησιμοποιούν τέσσερα μπιτ αριθμών ώστε να λειτουργούν σε χαμηλές συχνότητες των 4kHz με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η λειτουργικότητα τους παραμένει σταθερή για όλη την διάρκεια ζωής

τους, ενώ η κατανάλωση ισχύος όταν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής κάποιας εντολής ή το πάτημα ενός κουμπιού είναι της τάξης των nano Watt, καθιστώντας τους κατάλληλους για εφαρμογές με μεγάλη διάρκεια μπαταρίας. Άλλοι μικροελεγκτές μπορεί να χρησιμοποιούνται σε διεργασίες μεγαλύτερης απόδοσης συνεπώς και μεγαλύτερης κατανάλωσης ενέργειας, όπως η λειτουργία ενός ψηφιακού επεξεργαστή σήματος (DSP). [20]

3.2 Ιστορικά γεγονότα

Οι μηχανικοί της εταιρείας TI, Gary Boone και Michael Cochran ήταν αυτή που κατασκεύασαν τον πρώτο μικροελεγκτή το 1971, οποίος ήταν ο TMS 1000 ο οποίος έγινε εμπορικά διαθέσιμος το 1974. Αποτελούνταν από μνήμη μόνο για ανάγνωση και εγγραφή, επεξεργαστή ρολοί σε ένα μόνο τσιπ που στόχευαν σε ένα ενσωματωμένο σύστημα. [20]

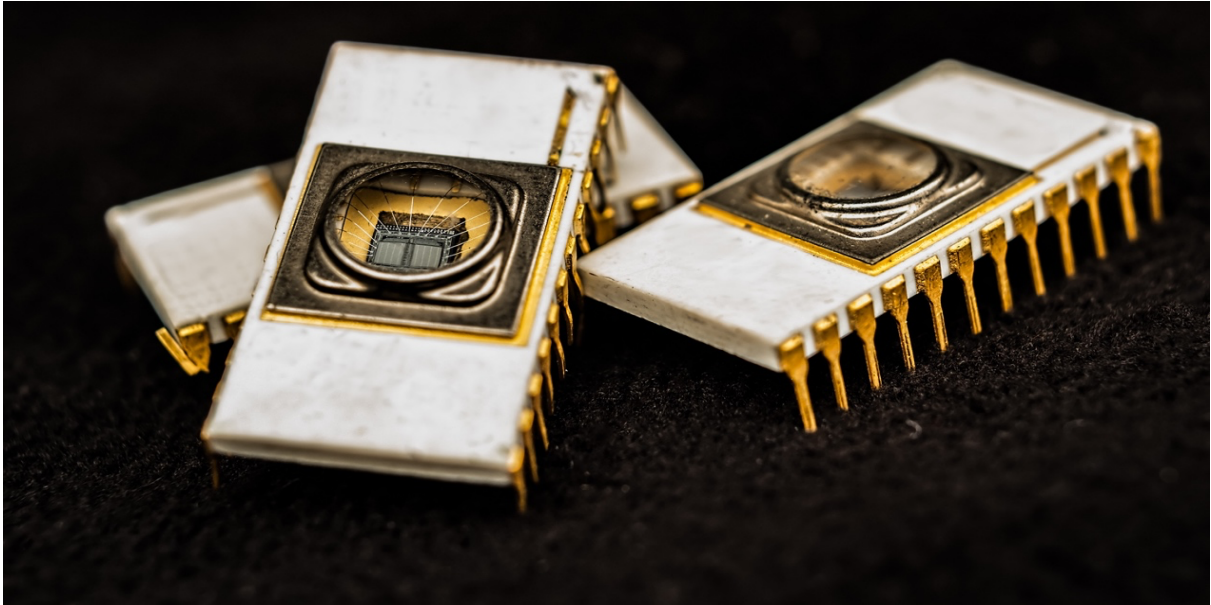
Στις αρχές του 1970, Ιαπωνικές εταιρείες ηλεκτρονικών αρχίσαν να κατασκευάζουν μικροελεγκτές για αυτοκίνητα συμπεριλαμβανομένων 4 bit μνήμης επεξεργαστικής μονάδας (MCU) για την ψυχαγωγία μέσα στο αυτοκίνητο, αυτόματων υαλοκαθαριστήρων, ηλεκτρονικών κλειδαριών και ταμπλό, και 8 bit για τον έλεγχο των στροφών του κινητήρα. [20]

Η intel μια πολύ μεγάλη εταιρεία στον τομέα της ηλεκτρονικής ήταν αυτή που ήθελε να εξελίξει και να εμπλουτίσει τον TMS 1000, αναπτύσσοντας ένα υπολογιστικό σύστημα σε ένα τσιπ που είναι βελτιστοποιημένο για εφαρμογές ελέγχου, με ονομασία intel 8048 που πρωτοκυκλοφόρησε το 1977. Συνδύαζε μνήμη RAM και μνήμη ROM στο ίδιο τσιπ με ένα μικροεπεξεργαστή, το οποίο ήταν κάτι ακατόρθωτο για εκείνη την εποχή, το τσιπ αυτό ανάμεσα σε πολλές εφαρμογές θα βρει το δρόμο του σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο ηλεκτρονολογία Η/Υ. εκείνη την περίοδο ο πρόεδρος της Intel ανακοίνωσε ότι το η Μικροελεγκτές ήταν από το πιο πετυχημένο προϊόν της εταιρείας και αύξησε τον συνολικό προϋπολογισμό κατά 25%. Εκείνη την εποχή δεν ήταν όλοι οι μικροελεγκτές ίδιοι, οι περισσότεροι είχαν παραλλαγές με ποιο βασική αυτή της μνήμης προγράμματος EPROM με διάφανο παράθυρο από κουάρτς στο καπάκι της συσκευασίας που επέτρεπε τον εφοδιασμό της με υπεριώδες φως για διαγραφή. Μια άλλη παραλλαγή ήταν στην μάσκα προγραμματισμού της ROM ή της PROM την οποία μπορούσες να την προγραμματίσεις μόνο μια φορά, χάρις σε αυτήν την ιδιότητα ορισμένοι μικροελεγκτές πήραν την ονομασία OTP που σημαίνει μια φορά προγραμματισίμο. Σε ένα OTP μικροελεγκτή η PROM ήταν συνήθως ίδιου τύπου με την EPROM, με διάφορα ότι η συσκευασία του τσιπ δεν είχε κουαρτς παράθυρο, διότι δεν υπήρχε τρόπος να εκτεθεί σε υπεριώδες φως η EPROM επομένως δεν θα μπορούσε να διαγραφεί. Το κόστος ενός μικροελεγκτή με διαγραφή της EPROM από το υπεριώδες φως ήταν αρκετά μεγάλο σε σχέση με τους OTP διότι απαιτούσαν κεραμικές συσκευασίες με κουαρτς παράθυρο, αντίθετα ένας OTP μπορούσε να φτιαχτεί σε φθηνότερες διάφανες πλαστικές συσκευασίες. [20]

Το 1993 μια εα τεχνολογία μνήμης έφερε μαζικές αλλαγές στον χώρο με την εισαγωγή της μνήμης EEPROM με την οποία επέτρεπε στους μικροελεγκτές να διαγράφουν τα στοιχεία ηλεκτρονικά χωρίς την βοήθεια ακριβής συσκευασίας που είχε η EPROM, δίνοντας μεγάλη ευκολία κατασκευής και χρήσης. Την ίδια χρονιά η Atmel παρουσίασε τον πρώτο μικροελεγκτή που χρησιμοποιούσε μνήμη Flash ένα ειδικό τύπο EEPROM, την οποία ακολουθήσαν στην συνέχεια και άλλες εταιρείες. [20]

Στις 21 Ιουνίου του 2018 «ο μικρότερος υπολογιστής στον κόσμο» ανακοινώθηκε από το πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν των ΗΠΑ, η συσκευή διαθέτει ένα ασύρματο σύστημα

αισθητήρων 0,04 mm ισχύος 16nW χωρίς μπαταριά με ενσωματωμένο επεξεργαστή Cortex-M0+ και οπτική επικοινωνία για μέτρηση θέρμανσης του πυρήνα. Το πάχος του είναι μόλις 0,3 χιλιοστά του μέτρου σχεδόν όσο το πάχος μιας τρίχας. Οι νέες υπολογιστικές συσκευές διαθέτουν επεξεργαστές, ασύρματους πομπούς και δέκτες εκτός από μνήμη RAM και φωτοβολταϊκά, λόγω του μικρού μεγέθους του τα δεδομένα που λαμβάνει και μεταδίδει γίνεται μέσω το ορατού φωτός. Η συσκευή είναι σε μέγεθος το 1/10 της IBM που είχε το ρεκόρ αυτό από τον Μάρτιο του 2018. [20]



Εικόνα 3.2 μικροελεγκτής μνήμης EPROM με κρύσταλλο quartz [50]

3.3 Λειτουργία

Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα για να ελέγχουν τη λειτουργία της συγκεκριμένης συσκευής, επεξεργάζονται δεδομένα από τα περιφερικά εισόδου και εξόδου που διαθέτουν μέσω ενός κεντρικού επεξεργαστή όπου τα δεδομένα που διαβάζουν σε πραγματικό χρόνο και αποθηκεύονται προσωρινά στην μνήμη δεδομένων τα οποία σβήνονται μετά από ένα χρονικό διάστημα. Ο επεξεργαστής έχει πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα εφόσον του δοθεί η κατάλληλη οδηγία για να τα αποκρυπτογραφήσει και να εφαρμόσει στην συνέχεια επικοινωνεί με τα περιφερικά εισόδου/εξόδου για την εκτέλεση της κατάλληλης ενέργειας. Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε διάφορες συσκευές και συστήματα, διάφοροί μικροελεγκτές συνεργάζονται μέσα σε μια μηχανή για να διαχειριστούν όλες τις εργασίες τους. Ένα καλό παράδειγμα είναι ένα σύγχρονο αυτοκίνητο το οποίο διαθέτει αισθητήρα για την πρόσφυση, σύστημα φρένων ABS, σύστημα ψεκασμού καύσιμου και άλλα πολλά. Οι μικροελεγκτές μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον άλλα επικοινωνούν για το σωστό αποτέλεσμα, ορισμένοι ενδέχεται να επικοινωνούν με ένα υπολογιστή όπου κατευθύνει την διαδικασία. [20]

3.4 αρχιτεκτονική

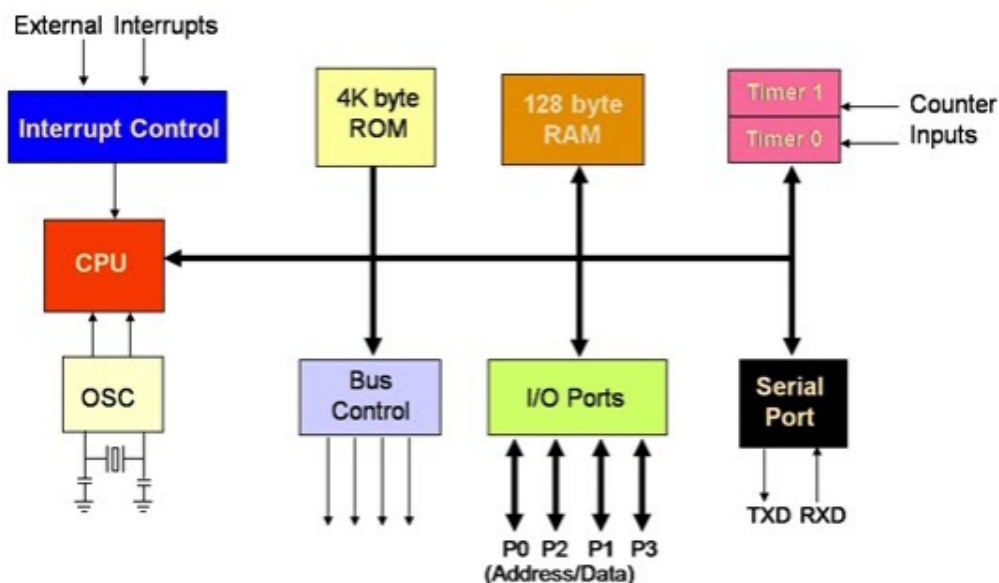
Το πιο βασικό μέρος ενός μικροελεγκτή είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) που είναι ικανή να επεξεργαστεί ένα μήκος λέξης από 4 bit έως 64 bit, το οποίο όσο η τεχνολογία

εξελίσσεται αυξάνεται συνεχώς. Ένα άλλο βασικό μέρος είναι ο χρονοδιακόπτης που υπάρχει στον μικροελεγκτή που λειτουργεί ως φύλακας. Υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι μνήμης διάφορων τύπων. Η αρχιτεκτονική του αποτελεί τον βασικό σχεδιασμό ορισμένων στοιχείων που θα αναλύσουμε παρακάτω, ο σχεδιασμός του δεν είναι περίπλοκος και δεν έχει αλλάξει ιδιαίτερα με την πάροδο του χρόνου. [21]

Η αρχιτεκτονική ενός μικροελεγκτή αποτελείτε κυρίως από τα εξής κομμάτια:

- **Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU):** Η CPU είναι η καρδιά ενός μικροελεγκτή στην οποία εκτελούνται όλες οι εντολές και οδηγίες. Εφαρμόζει αριθμητικές και λογικές πράξεις σε δεδομένα και διαβάζει οδηγίες από την μνήμη τις οποίες εκτελεί.
- **Μνήμη:** ο ρόλος της είναι η αποθήκευση και η ανάγνωση δεδομένων και κώδικα προγράμματος. Υπάρχουν δυο τύποι μνήμης, η μνήμη μόνο για ανάγνωση (ROM) και η μνήμη ταχείας προσπέλασης (RAM). Η μνήμη ROM είναι δεν είναι προσωρινή μνήμη ότι αποθηκεύετε εκεί μένει έως να το διαγράψουμε, ενώ η μνήμη RAM είναι προσωρινή μνήμη χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων και κώδικα προγράμματος κατά την λειτουργία.
- **Περιφερειακά εισόδου/εξόδου (I/O):** Τα περιφερικά εισόδου εξόδου χρησιμοποιούνται για επικοινωνία με τον έξω κόσμο. Τα πιο συνηθισμένα περιφερικά είναι ψηφιακές και αναλογικές ακίδες εισόδου/εξόδου, σειριακές θύρες, χρονοδιακόπτες και ελεγκτές διακοπής. Τα περιφερικά αυτά δίνουν την δυνατότητα στον μικροελεγκτή να καταγράφει δεδομένα από αισθητήρες και να δημιουργεί μια σωστή επικοινωνία με τις υπόλοιπες συσκευές.
- **Μονάδα διαχείρισης ισχύος (PMU):** Η μονάδα αυτή είναι υπεύθυνη για την διαχείριση της ενέργειας του μικροελεγκτή, ρυθμίζει την τάση το ρεύμα και την κατανάλωση ενέργειας της συσκευής, εξασφαλίζοντας την λειτουργία βάση των προδιαγραφών του κατασκευαστή.
- **Ρολόι :** Το ρολόι είναι αυτό που συγχρονίζει τις λειτουργίες του ελεγκτή με τα σήματα του. Η συχνότητα Hz του ρολογιού καθορίζει την ταχύτητα του μικροελεγκτή στην εκτέλεση των λειτουργιών όσο μεγαλύτερη συχνότητα τόσο γρηγορότερος είναι ο μικροελεγκτής.
- **Διασύνδεση διαύλου:** Η διασύνδεση αυτή είναι που ενώνει την CPU με τα υπόλοιπα περιφερικά, επιτρέπει την μεταφορά δεδομένων μεταξύ τους και διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία τους.
- **Περιφερικά:** Οι μικροελεγκτές περιλαμβάνουν μια σειρά από περιφερικά πρόσθετα τα οποία μπορεί να είναι μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακού και το αντίστροφο, διεπαφές επικοινωνίας, διεπαφές USB, πρόγραμμα οδήγησης LCD και ελεγκτές στροφών κινητήρα. Αυτά τα περιφερικά επιτρέπουν στον μικροελεγκτή να συνδέεται με ένα μεγάλο φάσμα εξωτερικών συσκευών.

Η αρχιτεκτονική του μικροελεγκτή εξαρτάται από τον κατασκευαστή και την χρήση που προορίζεται, αλλά τα παραπάνω εξαρτήματα αποτελούν την βασική δομή ενός μικροελεγκτή. Η αρχιτεκτονική θα καθορίσει τις δυνατότητες του μικροελεγκτή και πως μπορεί να προγραμματιστεί και να χρησιμοποιηθεί.

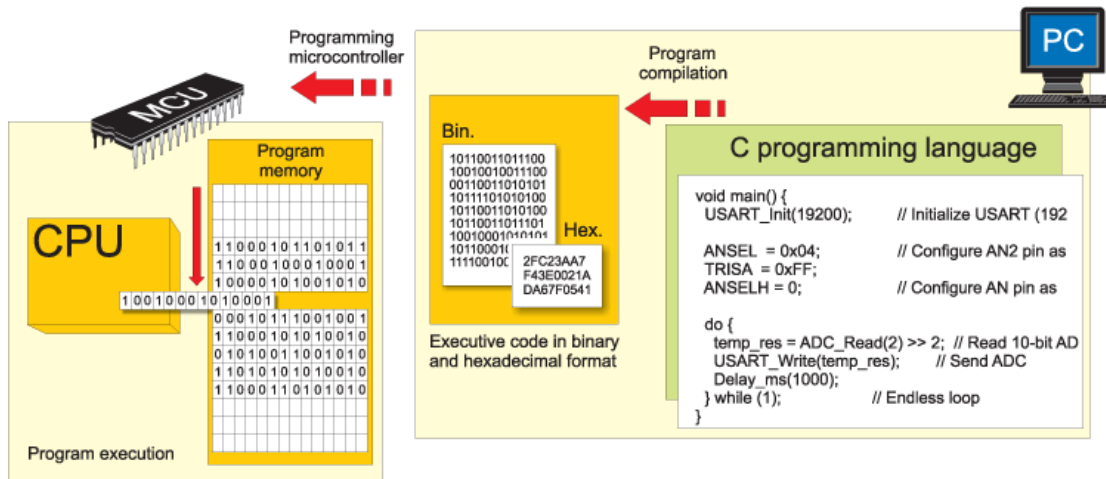


Εικόνα 3.3 αρχιτεκτονική μικροελεγκτή [51]

3.5 Γλώσσες προγραμματισμού μικροελεγκτή

Ένας παράγοντας που καθορίζει την επιτυχία ενός μικροελεγκτή είναι η διαθεσιμότητα και η ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστής από γλώσσα υψηλού επίπεδου στην κατανοητή γλώσσα για τον μικροελεγκτή (Assembly), προγραμματιστές τις εσωτερικής μνήμης και εργαλεία αποσφαλμάτωσης. Στους μικροελεγκτές δεν υπάρχει μόνο λογισμικό στα εργαλεία αυτά, διότι ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ τους δεν είναι κάποια τυποποιημένη διαδικασία, έτσι διατίθενται προγραμματιστές εσωτερικής μνήμης που συνήθως βρίσκονται σε μια θύρα USB ή σε έτοιμες πλακέτες με ψηφιακές εισόδους και εξόδους. Οι πλακέτες αυτές έχουν ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας τον μικροελεγκτή που έχουν συνδεθεί, προγραμματίζονται εύκολα και γρήγορα και συνήθως διαθέτουν λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών με έτοιμα παραδείγματα. Στον τομέα αυτό δραστηριοποιούνται και εταιρείες διαφορετικές από την κατασκευαστική εταιρεία του μικροελεγκτή που εξειδικεύονται στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης. [20]

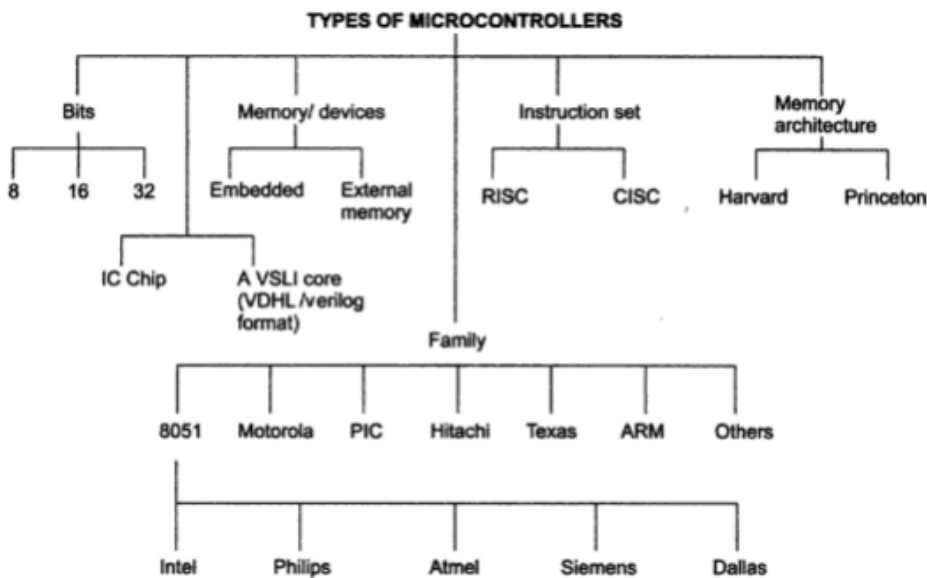
Η πιο διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού μικροελεγκτή είναι η C, C++ και οι παραλλαγές τους, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις τμημάτων λογισμικού όπου απαιτείται ταχύτητα η μικρό μέγεθος διαθέσιμης μνήμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Assembly. Όμως λόγω τις μεγάλης βιβλιοθήκης και των πολλών δυνατοτήτων που έχει η γλώσσα C έχει εκτοπίσει την Assembly στις περισσότερες εφαρμογές. [20]



Εικόνα 3.4 στάδια διαδικασίας προγραμματισμού μικροελεγκτή [52]

3.6 Τύποι - κατηγορίες μικροελεγκτών

Οι τύποι των μικροελεγκτών χαρακτηρίζονται από τον αριθμό των bits, την αρχιτεκτονική της μνήμης, σύνολο εντολών και μνήμη/συσσκευές. [22]



Εικόνα 3.5 τύποι-κατηγοριοποίηση μικροελεγκτών [53]

3.6.1 Ταξινόμηση ανάλογα με τον αριθμό των bit

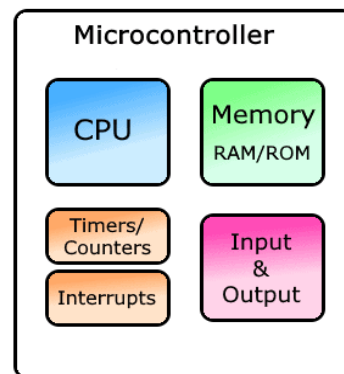
- 8 bit μικροελεγκτής:** όταν ένας μικροελεγκτής είναι 8 bit σημαίνει ότι ο διάυλος επικοινωνίας μεταξύ της CPU και του υπόλοιπου μικροελεγκτή μεταφέρει δεδομένα των 8 bits σε ένα κύκλο λειτουργίας, τα οποία επεξεργάζονται από την λογική μονάδα επεξεργασίας (ALU) η οποία είναι και αυτή 8 bit. Για να επεξεργαστούμε δεδομένα μεγαλύτερα των 8 bits θα πρέπει να

χρησιμοποιήσουμε περισσότερους κύκλους λειτουργίας το οποίο ρίχνει τις επιδόσεις του μικροελεγκτή. Παραδείγματα από 8 bit μικροελεγκτές αποτελεί ο intel 8083/8051, PIC1x και Motorola MC68HC11. [22]

- **16 bit μικροελεγκτής:** Όταν ένας μικροελεγκτής είναι 16 bit σημαίνει ότι μπορεί να μεταφέρει μέσω του δίαυλου επικοινωνίας δεδομένα 16 bits σε ένα κύκλο λειτουργίας, το οποίο βοηθάει τις επιδόσεις του μικροελεγκτή. Μερικά παραδείγματα από 16 bit οικογένειες μικροελεγκτών PIC2x, 8051XA, Intel 8096 και Motorola MC68H12. [22]
- **32 bit μικροελεγκτής:** Όταν ένας μικροελεγκτής είναι 32 bit σημαίνει ότι μπορεί να μεταφέρει μέσω του διαύλου επικοινωνίας 32 bits δεδομένων σε ένα κύκλο λειτουργίας, είναι πιο αποδοτικός και γρηγορότερος από τον προηγούμενο, το κόστος του είναι ακριβότερο. Η μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας που παρέχει μας δίνει την δυνατότητα για πιο περίπλοκες λειτουργίες όπως επεξεργασία εικόνας και ήχου, ανάλυση εικόνας και άλλα. Μπορεί επίσης να υποστηρίξει πολλά περιφερικά για οποιοδήποτε κύκλωμα χρειαστεί. [22]

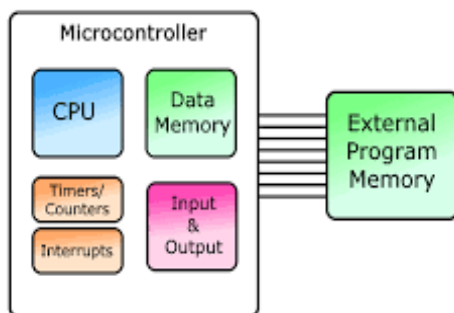
3.6.2 Ταξινόμηση ανάλογα με την μνήμη της συσκευής

- **Ενσωματωμένη μνήμη μικροελεγκτή:** Οι μικροελεγκτές αυτού του είδους έχουν την μνήμη ενσωματωμένη μαζί με τα υπόλοιπα απαραίτητα αντικείμενα. Η μνήμη σε αυτήν την περίπτωση δεν αλλάζει είναι προκαθορισμένη εκτός από ορισμένες περιπτώσεις που ο μικροελεγκτής έχει σαν λειτουργία την υποστήριξη εξωτερικής μνήμης ROM. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο μικροελεγκτής 8051 της Intel ο οποίος έχει την μνήμη προγράμματος και των δεδομένων μαζί. [22]



**Embedded Memory
Microcontroller**

Εικόνα 3.6 εσωτερική μνήμη μικροελεγκτή[54]



External Memory Microcontroller

Εικόνα 3.7 εξωτερική μνήμη μικροελεγκτή [55]

- **Εξωτερική μνήμη μικροελεγκτή:** Αυτός ο τύπος μικροελεγκτή δεν διαθέτει το μπλοκ μνήμης μαζί με τα υπόλοιπα αντικείμενα μέσα στον πυρήνα αλλά η μνήμη είναι εξωτερικά συνδεδεμένη με αυτόν πράγμα το οποίο μεγαλώνει το συνολικό μέγεθος της συσκευής. Για παράδειγμα ο μικροελεγκτής 8031 της Intel έχει την μνήμη προγράμματος ξεχωριστά από το τσιπ. [22]

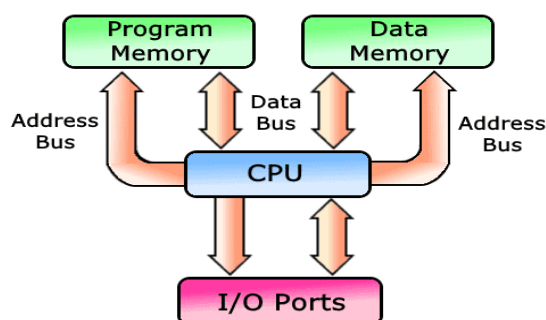
3.6.3 Ταξινόμηση ανάλογα με το σύνολο εντολών

- **CISC (υπολογιστής σύνθετου συνόλου εντολών):** Η CPU από τέτοιου τύπου μικροελεγκτές μπορεί να εκτελέσει πολλές εντολές με μια μόνο εντολή. Το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι μικρό μέγεθος προγράμματος αλλά, έχουμε μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης λόγω των πολλών κύκλων λειτουργίας που θα χρειαστεί για την ολοκλήρωση της διαδικασίας.
- **RISC (υπολογιστής περιορισμένου συνόλου εντολών):** Η CPU του μικροελεγκτή αυτού είναι σχεδιασμένη να εκτελεί μικρά δείγματα εντολών, μέσα σε ένα κύκλο λειτουργίας θα εκτελέσει μια μόνο εντολή την οποία επιτρέπει αν λειτουργεί σε οποιοδήποτε καταχώρηση και να έχει ταυτόχρονη πρόσβαση στο πρόγραμμα και τα δεδομένα. Τα συστήματα RISC μειώνουν το χρόνο εκτέλεσης μειώνοντας τους κύκλους ρολογιού ανά εντολή και τα συστήματα CISC μειώνουν το χρόνο εκτέλεσης μειώνοντας τον αριθμό των εντολών ανά πρόγραμμα. Το RISC παρέχει καλύτερη εκτέλεση από το CISC. [22]

3.6.4 Ταξινόμηση ανάλογα με την αρχιτεκτονική μνήμης

Πριν από πολλά χρόνια στα τέλη του 1940 η κυβέρνηση των ΗΠΑ ζήτησε από τα δυο μεγαλύτερα πανεπιστήμια της εποχής το πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ και του Πρίνστον, να κατασκευάσουν μια δομή υπολογιστή που προορίζονταν να υπολογίζει αποστάσεις. [22]

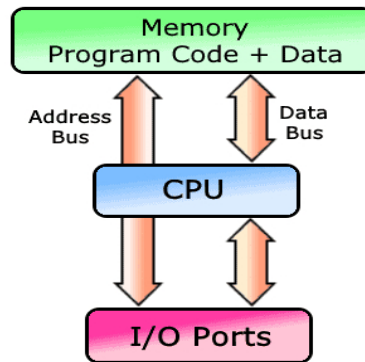
- **Αρχιτεκτονική μνήμης Harvard:** Το Χάρβαρντ πρότεινε ένα υπολογιστή με διαφορετικές διεπαφές μνήμης, μια για τα δεδομένα και η άλλη για το πρόγραμμα. Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να έχουμε πρόσβαση και στα δυο ταυτόχρονα, με την δυνατότητα μέσα σε ένα κύκλο λειτουργίας να ολοκληρώνεται μια εντολή. Λόγο της διπλής σχεδιαστικής δομής το κόστος είναι μεγάλο. Η αρχιτεκτονική αυτή χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σήμερα σε μικροελεγκτές και μονάδες επεξεργασίας ψηφιακού σήματος [22]



Harvard Architecture

Εικόνα 3.8 αρχιτεκτονική Harvard [56]

- **Αρχιτεκτονική μνήμης Neuman:** Ο Neuman ήταν επιστήμονας στο πανεπιστήμιο του Πρίνστον, κατασκευάζοντας έναν υπολογιστή με μια μνήμη και για το πρόγραμμα και τα δεδομένα αποθήκευσης 1945. Την αρχιτεκτονική αυτή χρησιμοποίησαν οι περισσότερες εταιρείες τεχνολογίας εκείνης της εποχής σε σταθερούς και φορητούς υπολογιστές. Υπάρχει μόνο μια διαδρομή επικοινωνίας ανάμεσα στα δεδομένα πρόσβασης και στις θύρες εισόδου/εξόδου, το οποίο σημαίνει ότι και οι δυο εντολές δεν μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα πράγμα το οποίο απαιτεί δυο κύκλους λειτουργίας για να επιτευχθεί. Στον πρώτο κύκλο διαβάζει τα δεδομένα από την μνήμη και στον δεύτερο κύκλο τα δεδομένα φεύγουν από την μνήμη και φτάνουν στα περιφερικά. [22]



Von Neumann Architecture

Εικόνα 3.9 αρχιτεκτονική Neuman [57]

3.7 Διαφορές μικροελεγκτή από μικροεπεξεργαστή

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα όπως μικροεπεξεργαστές υπολογιστών, σημαντικό κριτήριο είναι η υπολογιστική ισχύ που έχουν. Το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τα περιφερικά που συνοδεύουν τον μικροεπεξεργαστή, καθώς και η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη. Αντίθετα στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα όπως μικροελεγκτές έχουμε μικρή ευελιξία και υπολογιστική ισχύ καθώς τα περιφερικά που έχουμε είναι συγκεκριμένα. Οι μικροελεγκτές θέτουν ως προτεραιότητα των μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής. [20]

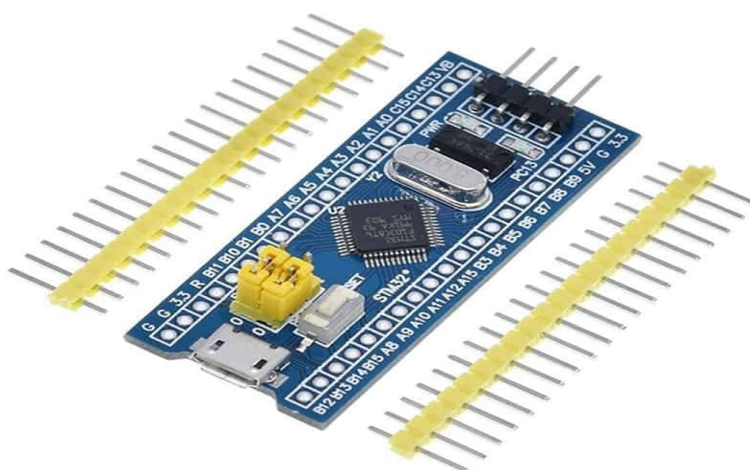
Αναλυτικά τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- ❖ Μεγάλη αυτονομία λόγω την ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερικών συστημάτων, έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- ❖ Χαμηλό κόστος.
- ❖ Έχουμε εύκολη υλοποίηση εφαρμογών λόγω της ενσωμάτωσης πολλών περιφερικών, το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος.
- ❖ Μεγαλύτερη αξιοπιστία λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- ❖ Μικρό μέγεθος υπολογιστικού συστήματος.

- ❖ Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες περιφερικών εισόδου και εξόδου λόγω της μη δέσμευσης τους για την σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- ❖ Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και χαμηλότερη ευαισθησία από εξωτερικές παρεμβολές ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό οφείλεται κυρίως στις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας του μικροελεγκτή.

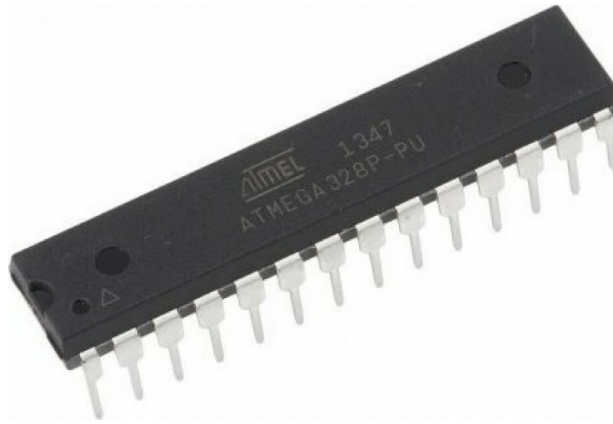
3.8 Οι πιο δημοφιλείς μικροελεγκτές στην αγορά

- 1) **STM32F103C8T6:** Είναι ένα δημοφιλές μέλος της οικογένειας μικροελεγκτών μέσης πυκνότητας που διαθέτουν πυρήνα RISC υψηλής απόδοσης ARM Cortex-M3 32 bit με συχνότητα λειτουργίας 72 MHz και διαθέτουν ένα εύρη φάσμα σύγχρονων και βελτιούμενων περιφερικών. Όλα τα μέλη της οικογένειας STM32F103XX διαθέτουν ADC 12 Bit, τρεις χρονοδιακόπτες γενικής χρήσης 16 bit και ένα χρονόμετρο PWM καθώς και τυπικές και προηγμένες διεπαφές επικοινωνίας. [23]



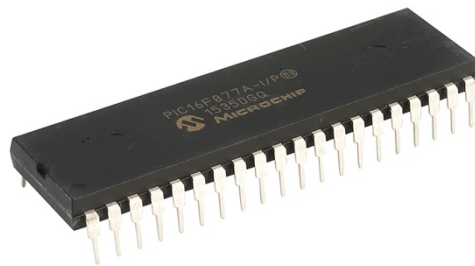
Εικόνα 3.10 μικροελεγκτής STM32F103C8T6 [58]

- 2) **ATmega328:** Ένας από τους πιο δημοφιλείς μικροελεγκτές στον κόσμο διότι για πολλούς αποτελεί τον νούμερο ένα αντικαταστάτη του Arduino, διαθέτοντας μικρότερο μέγεθος, μεγαλύτερη ευκολία προγραμματισμού και με την υποστήριξη της κοινότητας και αλλά βασικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino. Είναι ένα μικροελεγκτής AVR 8 bit που βασίζεται σε μια προηγμένης αρχιτεκτονική RISC και συνδυάζει μνήμη flash ISP 32 KB με δυνατότητες ανάγνωσης κατά την εγγραφή. [23]



Εικόνα 3.11 μικροελεγκτής ATmega328 [59]

- 1) **PIC16F877A:** είναι ο πιο δημοφιλής μικροελεγκτής 8 bit στην οικογένεια PIC. Ενώ από πολλούς θεωρείται παρελθόν αυτήν η τεχνολογία, εξακολουθεί ακόμη και σήμερα να είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους μικροελεγκτές στον κόσμο. Έχει την ιδιότητα να είναι απλώς στην χρήση για έναν αρχάριο που θέλει να μπει στον κόσμο των μικροελεγκτών, αλλά έχει μεγάλες δυνατότητες ακόμη και για έναν ειδικό. [23]



Εικόνα 3.12 μικροελεγκτής PIC16F877A [60]

3.9 Ανακεφαλαίωση

Συμπερασματικά μπορούμε να καταλήξουμε ότι, ένας μικροελεγκτής είναι μια συμπαγής και ολοκληρωμένη συσκευή που αποτελείται από ένα μικροεπεξεργαστή, την μνήμη και τις διέπλαξες εισόδου/εξόδου όλα μαζί σε ένα μόνο τσιπ. Έχει σχεδιαστεί να εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες μέσα σε ένα ενσωματωμένο σύστημα οι οποίες είναι αποθηκευμένες στην μνήμη του. Οι λειτουργίες εκτελούνται από τον μικροεπεξεργαστή οι οποίοι μπορεί να είναι απλές όπως η μέτρηση έως λίγο πιο περίπλοκες όπως ο έλεγχος ενός κινητήρα. Στην σύγχρονη καθημερινότητα οι μικροελεγκτές έχουν φέρει την επανάσταση, από την τροφοδοσία των συσκευών μας έως την ενεργοποίηση προηγμένων συστημάτων αυτοματισμού. Η ύπαρξη τους είναι απαραίτητοι και όσο περνάει ο καιρός όλο και αυξάνεται η αναγκαιότητα τους.

Κεφάλαιο 4⁰: Βάσεις δεδομένων

4.1 εισαγωγή

4.1.1 δεδομένα

Τα δεδομένα στην ουσία είναι πληροφορίες που συλλέγονται σε διαφορετικές μορφές, όπως αριθμούς, κείμενο, μέσα και άλλα. Στον τομέα της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών συσκευών, τα δεδομένα μπορούν να μετατραπούν σε δυαδική ψηφιακή μορφή που μας δίνει την δυνατότητα να επεξεργάζονται και να μετακινούνται εύκολα. Για παράδειγμα η πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης Facebook, μπορεί να διαθέτει δεδομένα όπως το όνομα, την ηλικία, τον τόπο κατοικίας ενός χρήστη και άλλα πολλά. [25]

Συχνά συναντάμε τον όρο επεξεργασμένα δεδομένα, τα οποία είναι δεδομένα στην βασική ψηφιακή τους μορφή. Τα πρώτα χρόνια που ο κόσμος άρχισε να οικειοποιείται με την έννοια των δεδομένων, εκφράσεις όπως «ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων» ή «επεξεργασία δεδομένων» ήταν ακόμη άγνωστες, αργότερα όταν η σημασία των δεδομένων άρχισε να κερδίζει δυναμική οι εκφράσεις αυτές έγιναν ευρέως γνωστές. [25]

Καθώς τα δεδομένα αυξήθηκαν εκθετικά με το πέρασμα των χρόνων, οι μονάδες καταγραφής και μέτρησης δεδομένων συνέχισαν να αυξάνονται. Σύμφωνα με την παγκόσμια οργάνωση δεδομένων (IDC) τα δεδομένα αναμένεται να φτάσουν σε συνολική χωρητικότητα τα 175 ZettaByte (ZB) έως το 2025. Οι βάσεις δεδομένων, τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS) και τα συστήματα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (RDBMS) δημιουργήθηκαν γρήγορα για να βάλουν σε μια σειρά όλα αυτά τα δεδομένα [25]

4.1.2 Βάσεις δεδομένων

Στην πληροφορική μια βάση δεδομένων αποτελεί μια οργανωμένη συλλογή δεδομένων ή ένας τύπος αποθήκευσης δεδομένων που βασίζεται στην χρήση ενός συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), το οποίο χρησιμεύει στην καταγραφή και ανάγνωση δεδομένων από τις εφαρμογές, τους τελικούς χρήστες και την ίδια την βάση δεδομένων. Το DBMS περιλαμβάνει επιπλέον τα βασικά εργαλεία που χρειάζεται για την λειτουργία μιας βάσης δεδομένων. Σύστημα βάσεις δεδομένων αποτελεί το σύνολο των προηγούμενων στοιχείων δηλαδή της βάσης δεδομένων, του DBMS και των σχετικών εφαρμογών. Συνήθως ο όρος βάση δεδομένων χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε οποιοδήποτε από τα DBMS, το σύστημα βάσης δεδομένων ή μια εφαρμογή που σχετίζεται με την βάση δεδομένων. [24] [26]

Οι μικρές βάσεις δεδομένων μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα σύστημα αρχείων, ενώ οι μεγάλες αποθηκεύονται σε μια ομάδα υπολογιστών ή σε μια βάση δεδομένων στο διαδίκτυο. Βασικό ρόλο έχει ο σχεδιασμός των βάσεων δεδομένων που καλύπτει τυπικές τεχνικές και πρακτικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης δεδομένων, των γλωσσών ερωτημάτων της ασφάλειας και την προστασία ευαίσθητων δεδομένων και των κατανεμημένων υπολογιστικών ζητημάτων, μαζί και της υποστήριξης ταυτόχρονης πρόσβασης. [24] [26]

Οι επιστήμονες της επιστήμης των υπολογιστών μπορούν να ταξινομήσουν τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων σύμφωνα με τα μοντέλα βάσεων δεδομένων που ακολουθούν. Οι

σχεσιακές βάσεις δεδομένων επικράτησαν κυρίως την δεκαετία του 1980, το μοντέλο αυτό είχε τα δεδομένα ως γραμμές και στήλες μέσα σε μια σειρά πινάκων και με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού SQL γινόταν η σύνταξη και η υποβολή ερωτημάτων δεδομένων. Στην δεκαετία του 2000 ήρθαν στο παρασκήνιο η μη σχεσιακές βάσεις δεδομένων γνωστές και ως NoSQL διότι χρησιμοποιούσαν διαφορετική γλώσσα προγραμματισμού. [24] [26]



Εικόνα 4.1 δομικά στοιχεία μιας βάσης δεδομένων [61]

4.2 Ιστορία

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στους τομείς των επεξεργαστών, της μνήμης υπολογιστών της αποθήκευσης υπολογιστών και των δικτύων υπολογιστών, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη και ανάπτυξη των βάσεων δεδομένων που έχουμε έως και σήμερα. Η έννοια της βάσης δεδομένων έγινε κατανοητή με την εμφάνιση μέσω αποθήκευσης άμεσης πρόσβασης, όπως μαγνητική δίσκοι που έγιναν αμέσως διαθέσιμα στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Έως τότε τα συστήματα βασίζονταν σε διαδοχική αποθήκευση δεδομένων σε μαγνητική ταινία. Η επακόλουθη ανάπτυξη της τεχνολογίας βάσεων δεδομένων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: πλοήγηση, SQL/σχεσιακή και μετά-σχεσιακή. Τα δυο βασικά και πρώτα μοντέλα δεδομένων πλοήγησης ήταν το ιεραρχικό μοντέλο και το μοντέλο CODASYL, το βασικό χαρακτηριστικό και των δυο μοντέλων ήταν η παρακολούθηση σχέσεων από τη μια εγγραφή στην άλλη. [24]

Το πρώτο σχεσιακό μοντέλο που δημιουργήθηκε το 1970 από τον Edgar F. Codd, δεν ακολουθούσε την παράδοση, σύμφωνα με την οποία οι εφαρμογές θα πρέπει να αναζητούν δεδομένα βάση του περιεχομένου τους αντί να ακολουθούν συνδέσμους. Το σχεσιακό μοντέλο χρησιμοποιεί σύνολα πινάκων σε στυλ λογιστικού βιβλίου, όπου κάθε πίνακας χρησιμοποιείται για διαφορετικό τύπο δεδομένων. Από την δεκαετία του 1980 και μετά, όπου η επεξεργαστική ισχύς έφτασε σε ικανοποιητικά επίπεδα επέτρεψε την ευρεία διάδοση των σχεσιακών συστημάτων. Μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του 1990 τα σχεσιακά συστήματα κυριάρχησαν σε όλες τις εφαρμογές επεξεργασίας μεγάλων όγκων δεδομένων μέχρι και το 2018. Οι πιο διαδεδομένοι διαχειριστές βάσεων δεδομένων είναι οι IBM Db2, Oracle, MySQL και Microsoft SQL Server με κυρίαρχη γλώσσα την SQL. [24]

Οι αντικειμενοστραφείς βάσεις δεδομένων δημιουργήθηκαν τη δεκαετία του 1980, με σκοπό να αντιμετωπίσουν την αναστολή της συμβατότητας των δυο μοντέλων βάσεων δεδομένων που υπήρχε

έως τότε, το οποίο οδήγησε στην δημιουργία και την ανάπτυξη υβριδικών βάσεων δεδομένων αντικειμένων-σχέσεων.

Η επόμενη γενιά βάσεων δεδομένων η μετά-σχεσιακή δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 2000 και έγινε γνωστή ως βάσεις δεδομένων NoSQL, με γρήγορες αποθήκες και βάσεις δεδομένων που επικεντρώνονται σε έγγραφα. Μια από τις πιο ανταγωνιστικές βάσεις δεδομένων επόμενης γενιάς είναι η NewSQL. [24]

4.2.1 1960 DBMS πλοήγησης

Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 και αργότερα, ο όρος βάση δεδομένων συνδυαστικέ με την διαθεσιμότητα αποθήκευσης με άμεση πρόσβαση (δίσκοι και τύμπανα). Ο όρος εκπροσωπούσε μια αντίθεση σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια που τα συστήματα αποθήκευσης βασίζονταν σε ταινίες και ο τρόπος προσπέλασης ήταν η καθημερινή επεξεργασία δέσμης. Το λεξικό αγγλικής γλώσσας της Οξφόρδης αναφέρει το 1962, ότι τον όρο βάση δεδομένων των πρωτοανέφερε το ινστιτούτο ανάπτυξης της Καλιφόρνιας σε ένα τεχνολογικό της θέμα. [24]

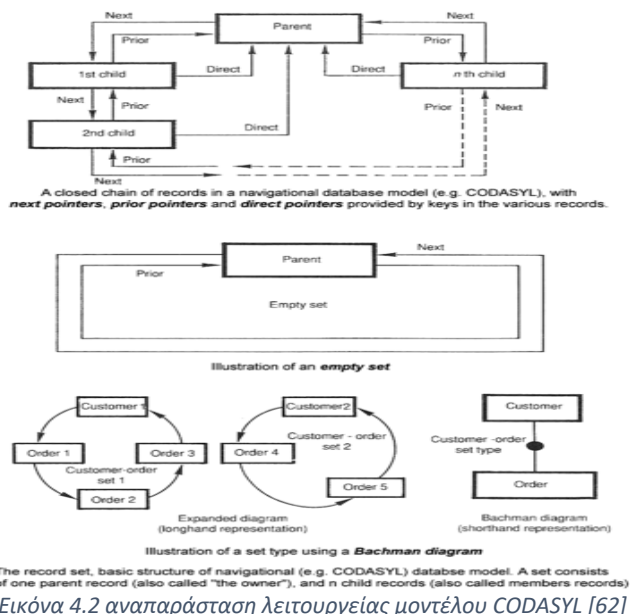
Καθώς η ταχύτητα και η δυνατότητες των υπολογιστών αυξάνονταν εμφανίστηκαν πολλά γενικού σκοπού συστήματα βάσεων δεδομένων. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960 πολλά από αυτά ήταν για εμπορική χρήση. Το ενδιαφέρον για ένα πρότυπο σύστημα άρχισε να αυξάνεται κάτι το οποίο εκμεταλλεύτηκε ο Charles Bachman ειδικός πάνω στο θέμα και με την βοήθεια της CODASYL (επιτροπή γλωσσών συστημάτων δεδομένων), δημιούργησαν την COBOL μια γλώσσα προγραμματισμού κατάλληλη για χρήση σε συστήματα βάσεων δεδομένων. Το 1971 η ομάδα εργασίας για την βάση δεδομένων, παρέδωσε στο κοινό τα σχέδια της και με την βοήθεια της CODASYL έγιναν ευρέως γνωστά με αποτέλεσμα πολλά προϊόντα βασισμένα σε αυτά τα σχέδια να κυκλοφορήσουν στην αγορά. [24]

Η συνεισφορά της CODASYL έδινε στις εφαρμογές την δυνατότητα πλοήγησης γύρω από ένα σύνολο δεδομένων που επικοινωνούσαν μεταξύ τους σε ένα μεγάλο δίκτυο. Οι εφαρμογές μπορούσαν να βρουν αποθηκευμένα δεδομένα με μια από τις τρεις παρακάτω μεθόδους: [24]

- Χρήση πρωτεύοντος κλειδιού
- Περιήγηση σε σχέσεις από μια εγγραφή σε μια άλλη
- Ψάχνοντας όλα τα αρχεία με διαδοχική σειρά

Αργότερα πιο εξελιγμένα συστήματα πρόσθεσαν τα δυαδικά δέντρα αναζήτησης για να παρέχουν εναλλακτικά μονοπάτια αναζήτησης. Πολλές ιδιωτικές βάσεις δεδομένων CODASYL πρόσθεταν μια ιδιωτική γλώσσα ερωτημάτων για τους τελικούς χρήστες, ωστόσο οι βάσεις δεδομένων CODASYL ήταν πολύπλοκες και απευθύνονταν σε άτομα με υψηλές γνώσεις στις βάσεις δεδομένων, για την παραγωγή χρήσιμων εφαρμογών. [24]

Η IBM είχε επίσης το δικό της DBMS το 1966, γνωστό και ως σύστημα διαχείρισης πληροφοριών (IMS). Το IMS ήταν ένα λογισμικό που φτιάχτηκε για το πρόγραμμα Apollo της NASA το οποίο σκόπευε στην προετοιμασία και την προσγείωση του πρώτου ανθρώπου στο φεγγάρι. Το IMS είχε ίδια σχεδιαστική δομή με αυτό της CODASYL, αλλά χρησιμοποιούσε μια αυστηρή ιεραρχία για το μοντέλο πλοήγησης δεδομένων σε αντίθεση με την CODASYL. Και οι δυο τρόποι έγιναν γνωστοί ως βάσεις δεδομένων πλοήγησης λόγω του τρόπου πρόσβασης στα δεδομένα. [24]



4.2.2 1970 Σχεσιακό DBMS

Ο Edgar F. Codd ήταν υπάλληλος στην εταιρεία τεχνολογίας IBM στο San Jose στην California, σε ένα από τα υποκαταστήματα που ασχολούνταν κυρίως με την ανάπτυξη συστημάτων σκληρών δίσκων. Αφού μελέτησε το μοντέλο πλοήγησης της CODASYL δεν έμεινε ικανοποιημένος με το αποτέλεσμα κυρίως στην έλλειψη δυνατότητας αναζήτησης, για αυτό το λόγο ξεκίνησε να γράφει αρκετά άρθρα το 1970 τα οποία περιέγραφαν μια νέα προσέγγιση για την δημιουργία βάσεων δεδομένων, το οποίο έγινε πράξη με ένα νέο μοντέλο που ονομάστηκε "σχεσιακό μοντέλο δεδομένων" για μεγάλες κοινόχρηστες βάσεις δεδομένων. [24]

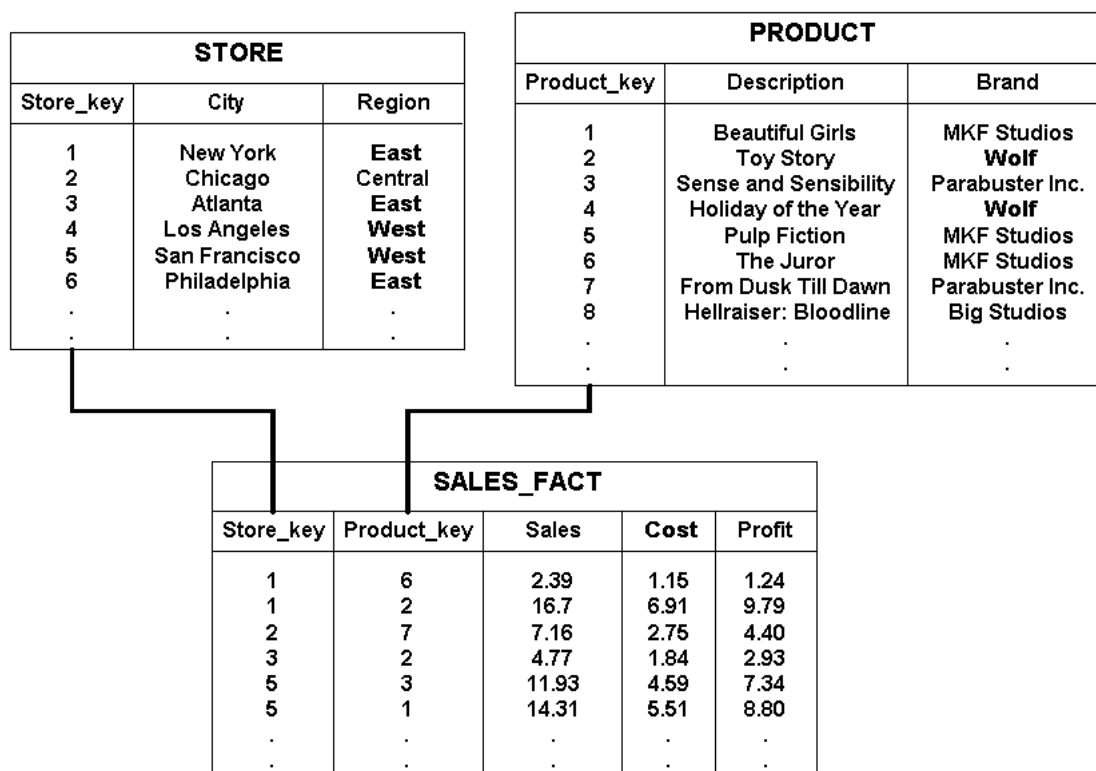
Σε ένα από το άρθρα του, περιέγραψε ένα νέο σύστημα για την αποθήκευση και την εργασία με μεγάλες βάσεις δεδομένων. Αντί να αποθηκεύονται εγγραφές σε μια λίστα συνδεδεμένων κενών εγγράφων όπως ήταν το μοντέλο της CODASYL, η ιδέα του ήταν να συγκεντρώσει τα δεδομένα ως μια σειρά πινάκων, όπου κάθε πίνακας θα χρησιμοποιούνταν από διαφορετική οντότητα δεδομένων. Κάθε πίνακας διέθετε ένα χαρακτηριστικό αριθμό στηλών, όπου καταγράφονταν τα χαρακτηριστικά κάθε οντότητας. Μια η περισσότερες γραμμές ενός πίνακα ορίζονταν ως μοναδικό κλειδί, το οποίο χρησίμευε στην αναζήτηση των αναφορών των πινάκων αντί για διευθύνσεις δίσκου. Οι παραπομπές μεταξύ πινάκων χρησιμοποιούσαν αυτά τα κλειδιά αντί για τις διευθύνσεις δίσκου και τα ερωτήματα ένωναν πίνακες με βάση αυτές τις σχέσεις, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο πράξεων που βασίζονταν στο μαθηματικό σύστημα σχεσιακού λογισμού. Ο διαχωρισμός των δεδομένων σε ένα σύνολο κανονικοποιημένων πινάκων είχε σκοπό να εξασφαλίσει ότι κάθε στοιχείο θα αποθηκεύονταν μόνο μια φορά, μειώνοντας τις ενέργειες ενημέρωσης. Εικονική πίνακες μπορούσαν να παρουσιάσουν ανά πάσα στιγμή στους χρήστες τα δεδομένα με διάφορους τρόπους αλλά οι προβολές δεν μπορούσαν να ενημερώνονται απευθείας. [24]

Η χρήση πρωτευόντων κλειδιών για την αναπαράσταση σχέσεων μεταξύ πινάκων αντί διευθύνσεων δίσκου γινόταν για δυο βασικούς λόγους. Αρχικά από την μεριά της μηχανικής επέτρεπε την μετεγκατάσταση και την αλλαγή μεγέθους των πινάκων χωρίς επιπτώσεις στη βάση δεδομένων. Αλλά ο Codd είχε εστιάσει την προσοχή του στην διάφορα της σημασιολογίας, με την χρήση με την χρήση ρητών αναγνωριστικών διευκόλυνε τον ορισμό λειτουργιών ενημέρωσης με καθαρού μαθηματικούς ορισμούς και επέτρεψε επίσης τον ορισμό των πράξεων ερωτημάτων με όρους της

καθιερωμένης πειθαρχίας του κατηγορηματικού λογισμού πρώτης τάξης. Λόγο τις καθαρής μαθηματικής ιδιότητας που έχουν οι λειτουργίες αυτές, είναι εφικτό η επανεγγραφή ερωτημάτων με αποδεδειγμένα σωστούς τρόπους, που αποτελεί βασικό ρόλο στην βελτισποίηση των ερωτημάτων. Δεν υπάρχει απώλεια εκφραστικότητα σε σύγκριση με τα ιεραρχικά μοντέλα ή τα μοντέλα δικτύου αν και οι συνδέσεις πινάκων δεν είναι πλέον τόσο ακριβείς. [24]

Στα ιεραρχικά και δικτυακά μοντέλα επιτράπηκε στα αρχεία να έχουν πολύπλοκη εσωτερική δομή. Για παράδειγμα το ιστορικό μισθών ενός υπαλλήλου μπορεί να αναπαρίσταται ως επαναλαμβανόμενη ομάδα στο αρχείο υπαλλήλου. Αντίθετα στο σχεσιακό μοντέλο η διαδικασία ομαδοποίησης οδήγησε στην αλλαγή τέτοιων εσωτερικών δομών από δεδομένα που διατηρούνται σε πολλαπλούς πίνακες, συνδεδεμένα μόνο με λογικά κλειδιά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός συστήματος βάσης δεδομένων είναι η παρακολούθηση πληροφοριών σχετικά με τους χρήστες, το όνομα τους, τα στοιχεία σύνδεσης, διάφορες διευθύνσεις και αριθμούς τηλεφώνου. Στο μοντέλο πλοήγησης όλα τα δεδομένα θα βρισκόντουσαν σε ένα ενιαίο αρχείο μεταβλητού μήκους, στο σχεσιακό μοντέλο όμως τα δεδομένα θα διαχωριστούν σε πίνακες ανάλογα με το περιεχόμενό τους, δηλαδή ένα πίνακας θα έχει δεδομένα μόνο για το όνομα άλλος θα έχει τις διευθύνσεις και τα υπόλοιπα στοιχεία αντίστοιχα. [24]

Χάρης τις μαθηματικές μεθόδους του Codd, εκτός από την αναγνώριση εγγράφων χρησιμοποιώντας λογικά αναγνωρίσιμα αντί για διευθύνσεις δίσκους, άλλαξε και τον τρόπο με τον οποίο οι εφαρμογές συγκέντρωναν δεδομένα από πολλαπλές εγγραφές. Αντί λοιπόν να απαιτούν από τις εφαρμογές να συλλέγουν δεδομένα καταγράφοντας μια εγγραφή ανά πέρασμα με πλοήγηση στους συνδέσμους, θα χρησιμοποιούσαν μια δηλωτική γλώσσα από ερωτήματα που θα καθορίζει πια δεδομένα είναι αυτά που απαιτούνται, αντί για την διαδρομή πρόσβασης με την οποία θα έπρεπε να βρεθούν. Η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής δεδομένων δεν είναι δουλειά του προγραμματιστή, αλλά του συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων λόγω των μαθηματικών μοντέλων που ακολουθούν. [24]



Εικόνα 4.3 σχεσιακή βάση δεδομένων [63]

4.2.3 ολοκληρωμένη προσέγγιση

Ανάμεσα στις δεκαετίες του 1970 και 1980, πραγματοποιήθηκαν προσπάθειες για την κατασκευή βάσεων δεδομένων με ενσωματωμένο υλικό και λογισμικό, με βασικό σκοπό την μείωση του κόστους ενώ παράλληλα θα αυξάνονταν οι αποδόσεις. Παραδείγματα ήταν το IBM System/38, η πρώτη προσφορά της Teradata και η μηχανή βάσης δεδομένων Britton Lee, Inc. [24]

Μια άλλη προσπάθεια κατασκευής βάσης δεδομένων με την υποστήριξη υλικού ήταν ο επιταχυντής CAFS της ICL, που ήταν ένας ελεγκτής δίσκου υλικού με προγραμματιζόμενες δυνατότητες αναζήτησης. Σε γενικές γραμμές με το πέρασμα των χρόνων και έπειτα από πολλές προσπάθειες, διαπιστώθηκε το μοντέλο αυτό δεν μπορούσε να επιτευχθεί επειδή οι μηχανές βάσεων δεδομένων δεν μπορούσαν να συμβαδίσουν με την ταχεία ανάπτυξη και πρόοδο των υπολογιστών γενικής χρήσης. Έτσι τα περισσότερα συστήματα βάσεων δεδομένων σήμερα είναι συστήματα λογισμικού που λειτουργούν σε υλικό γενικής χρήσης, χρησιμοποιώντας για την αποθήκευση δεδομένων υπολογιστή γενικής χρήσης. Ωστόσο ορισμένες εταιρείες σήμερα όπως η Netezza και η Oracle, χρησιμοποιούν σε ορισμένες εφαρμογές τους την ιδέα αυτή. [24]

4.2.4 Τέλη δεκαετίας 1970, SQL DBMS

Η IBM εφαρμόζοντας ορισμένες εννοιές του Codd, άρχισε να εργάζεται σε ένα πρότυπο σύστημα γνωστό και ως System R. Η πρώτη έκδοση ήταν έτοιμη το 1975 και στην συνέχεια ξεκίνησαν τις διαδικασίες για την δημιουργία ενός μοντέλου πολλαπλών πινάκων στους οποίους τα δεδομένα μπορούσαν να χωριστούν έτσι ώστε όλα τα δεδομένα σε μια εγγραφή ώστε να μην χρειάζεται να αποθηκεύονται σε ένα μεγάλο “κομμάτι”. Οι επόμενες εκδόσεις πολλαπλών χρηστών ήρθαν σε επαφή με τους πελάτες το 1978 και το 1979, όπου είχε προστεθεί μια γλώσσα ερωτημάτων που είναι γνωστή και σήμερα η SQL. Οι ιδέες του Codd πλέον μπορούσαν να εφαρμοστούν, με πρώτη εταιρεία την IBM δημιουργώντας την βάση δεδομένων 2 (IBM Db2). Η Oracle του Larry Ellison, ξεκίνησε να φτιάχνει το δικό της μοντέλο βιασμένη στα έγγραφα της IBM για το System R. Το έργο της ολοκληρώθηκε το 1978 και κατάφερε να κερδίσει στην αγορά την IBM.

Ένα ακόμη μοντέλο δεδομένων παρουσιάστηκε το 1976, το μοντέλο οντότητας-σχέσης το οποίο κέρδισε δημοτικότητα για τον σχεδιασμό βάσεων δεδομένων καθώς ήταν πιο οικείο λόγω ότι έδωσε έμφαση στο προηγούμενο σχεσιακό μοντέλο. Αργότερα, οι δομές οντοτήτων-σχέσεων μετασκευάστηκαν ως δομή μοντελοποίησης δεδομένων για το σχεσιακό μοντέλο και η διαφορά μεταξύ των δύο έχει καταστεί άνευ σημασίας. [24]

4.2.5 δεκαετία 1980, στους επιτραπέζιους υπολογιστές

Η δεκαετία του 1980 ήταν η αρχή για τους επιτραπέζιους υπολογιστές, οι νέοι υπολογιστές προσέφεραν πολλαπλά οφέλη στον χρήστη ένα εκ των οποίων ήταν το λογισμικό βάσεων δεδομένων dBASE. Το λογισμικό ήταν ελαφρύ και εύκολο για κάθε ώστε να το καταλάβει από μια οθόνη του υπολογιστή. Ο δημιουργός του λογισμικού Wayne Ratliff ανέφερε ότι το dBASE ήταν διαφορετικό από τα υπόλοιπα προγράμματα βάσεων δεδομένων διότι, ο χειρισμός των δεδομένων γίνεται από το ίδιο και όχι από τον χρήστη, οποίος μπορεί να επικεντρωθεί αποκλειστικά και μόνο σε αυτό που θέλει να κάνει αφήνοντας την διατήρηση της βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα. Το dBASE ήταν ένας από τους τίτλους λογισμικού με τις μεγαλύτερες πωλήσεις στη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990. [24]

4.2.6 δεκαετία 1990, αντικειμενοστραφής

Η δεκαετία του 1990 για την τεχνολογία σήμανε την αύξηση του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού, το οποίο έπαιξε σημαντικό ρόλο στον τρόπο χειρισμού σε διάφορες βάσεις δεδομένων. Οι προγραμματιστές και οι σχεδιαστές αντιμετώπιζαν πλέον τα δεδομένα σαν αντικείμενα σε μια βάση δεδομένων, δηλαδή εάν τα δεδομένα ενός ατόμου βρισκότουσαν σε μια βάση δεδομένων τότε αυτομάτως και τα χαρακτηριστικά του όπως ύψος, ηλικία και αλλά θα βρισκόταν στην ίδια βάση. Οι αντικειμενικές βάσεις δεδομένων και οι αντικείμενο-σχεσιακές βάσεις δεδομένων προσπαθούν να συσχετίσουν τα δεδομένα με τα αντικείμενα και τις ιδιότητες τους και όχι με τα μεμονωμένα πεδία, παρέχοντας μια αντικειμενοστραφή γλώσσα που οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως εναλλακτική λύση στην καθαρά σχεσιακή SQL. [24]

4.2.7 2000, NoSQL και NewSQL

Ένας νέος τύπος βάσεων δεδομένων XML κυκλοφόρησε, βασισμένος σε έγγραφα που επιτρέπει την υποβολή ερωτημάτων με βάση χαρακτηρίστηκα εγγράφου XML. Οι βάσεις αυτές είναι χρήσιμες σε εφαρμογές όπου τα δεδομένα θεωρούνται βολικά ως συλλογή εγγράφων, με δομή όλων των ειδών μπορεί να είναι απλή έως εξαιρετικά άκαμπτη.

Τα τελευταία χρόνια πολλοί είναι αυτοί που ζήτησαν κατανεμημένες βάσεις δεδομένων με υψηλή ανοχή κατατμήσεων, αλλά σύμφωνα με το θεώρημα CAP είναι σχεδόν αδύνατο ένα για ένα κατανεμημένο σύστημα να παρέχει ταυτόχρονα εγγυήσεις συνέπειας, διαθεσιμότητας και ανοχής κατατμήσεων. Ένα κατανεμημένο σύστημα μπορεί να ικανοποιεί τις δυο από τις τρεις λειτουργίες. Για τον λόγο αυτό πολλές βάσεις δεδομένων NoSQL, προσφέρουν εγγυήσεις διαθεσιμότητας και ανοχής διαμερισμάτων με μειωμένο επίπεδο συνέπειας δεδομένων. Η NewSQL έρχεται για να βοηθήσει στην απόδοση των συστημάτων NoSQL για φόρτους επεξεργασίας ηλεκτρονικών συναλλαγών, ενώ εξακολουθεί να χρησιμοποιεί SQL για την διατήρηση της ποιότητας των δεδομένων ανεξάρτητα από όλες τις συνθήκες που μπορεί να το επηρεάσουν. [24]

4.3 DBMS

Σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων η αλλιώς DBMS, είναι ένα λογισμικό που έχει σχεδιαστεί ώστε να οργανώνει και να διαχειρίζεται δεδομένα με δομημένο τρόπο. Δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργούν, να τροποποιούν και να υποβάλουν ερωτήματα σε μια βάση δεδομένων, καθώς και να μπορούν να διαχειρίζονται ορισμένες καταστάσεις για αυτήν την βάση. Ας δούμε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά ενός DBMS: [27]

- Μοντελοποίηση δεδομένων: Παρέχει εργαλεία τα οποία χρησιμεύουν στην τροποποίηση μοντέλων δεδομένων, τα οποία καθορίζουν την δομή και τις σχέσεις δεδομένων σε μια βάση δεδομένων.
- Αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων: Ένα DBMS είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση και την ανάκτηση δεδομένων, παρέχοντας τρόπους εξερεύνησης δεδομένων εντός της βάσης.
- Έλεγχος ταυτοχρονισμού: Το DBMS έχει μεγάλη ευθύνη στον έλεγχο πρόσβασης σε μια βάση δεδομένων ώστε να εξασφαλίσει την επικοινωνία του κάθε χρήστη με την βάση, καθώς πολλοί χρήστες μπορεί να εισέρχονται ταυτόχρονα.

- Ακεραιότητα και ασφάλεια δεδομένων: Ένα DBMS παρέχει εργαλεία για την επιβολή περιορισμών της ακεραιότητας και της ασφάλειας των δεδομένων, όπως περιορισμούς στις τιμές που μπορούν να πάρουν τα δεδομένα και έλεγχος προσβασιμότητας.
- Δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και ανάκτηση: Σε περίπτωση βλάβης ή απώλειας αρχείων, το DBMS παρέχει μηχανισμούς για την δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας.
- Το DBMS χωρίζετε σε δυο τύπους ανάλογα με την βάση δεδομένων: (RDBMS) σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και μη σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων.

Πίνακας 4.1 πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός DBMS [27]

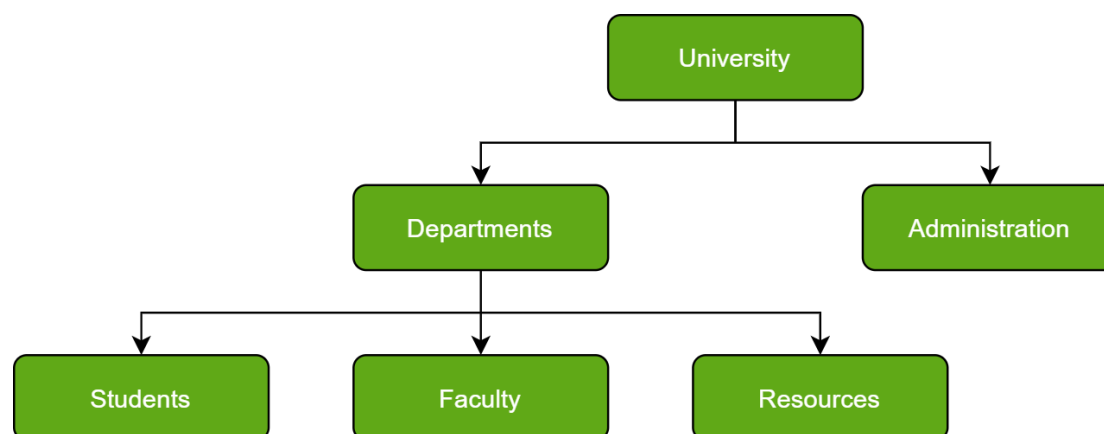
<u>Πλεονεκτήματα DBMS</u>	<u>Μειονεκτήματα DBMS</u>
Οργάνωση δεδομένων	κόστος
Ασφάλεια δεδομένων	περιπλοκότητα
Διαμοιρασμός δεδομένων	Αύξηση θερμοκρασίας
Πολλαπλή πρόσβαση	Περιορισμένες περιπτώσεις χρήσης
Ακεραιότητα δεδομένων	επεκτασιμότητα
Δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και ανάκτηση	

4.4 Τύποι βάσεων δεδομένων

Στην σύγχρονη εποχή η ανάγκη για αποθήκευση μεγάλων κομματιών δεδομένων είναι αναγκαία, για αυτό το λόγο οι βάσεις δεδομένων πρέπει να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για το σκοπό που έχουν σχεδιαστεί να κάνουν. Αυτό δεν συμβαίνει λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που έχουμε και όλο συνεχώς αυξάνεται, αλλά της κοινωνικής αξίας που κάθε άτομο τους έχει αναθέσει, οι βάσεις δεδομένων αποτελούν την ραχοκοκαλιά της αξίας μιας επιχείρησης. [28]

Ο κατάλληλος σχεδιασμός βάσεων δεδομένων για τις ανάγκες του κάθε χρήστη, βρίσκεται στον πυρήνα της λειτουργικότητας τους, εφόσον τα δεδομένα είναι μια δυναμική οντότητα ο τρόπος αποθήκευσης τους διαφέρει αρκετά. Είναι επίσης ο λόγος πίσω από τις εταιρείες που σχεδιάζουν τους δικούς τους τύπους βάσεων δεδομένων που συμμορφώνονται με τις ανάγκες τους. Παρακάτω θα αναφέρουμε και θα εξηγήσουμε τους βασικούς τύπους βάσεων δεδομένων, εκ των οποίων τρεις από αυτούς τους έχουμε δει στην ιστορική αναδρομή, οπότε δεν θα ξαναμιλήσουμε για αυτούς, που είναι οι συριακές, NoSQL, αντικειμενοστραφείς και δικτυακές βάσεις δεδομένων. [28]

Ιεραρχικές βάσεις δεδομένων: όπως γίνεται και στις ιεραρχίες, έτσι σε αυτού του τύπου βάσεις δεδομένων τα δεδομένα κατηγοριοποιούνται ιεραρχικά με βάση ένα κοινό σημείο σύνδεσης. Ως αποτέλεσμα, δύο οντότητες δεδομένων θα είναι χαμηλότερες στην κατάταξη και η ομοιότητα θα αναλάβει υψηλότερη κατάταξη. Αν το δούμε από μια οπτική γωνιά θα παρατηρήσουμε ότι τα δεδομένα οργανώνονται σε μια σχέση γονέα παιδιού, που μοιάζει με δέντρο. Η γονική εγγραφή η πρώτη δηλαδή, μπορεί να έχει πολλές θυγατρικές που επικοινωνεί με όλες όμως η θυγατρικές δεν έχουν όλες επικοινωνία μεταξύ τους. Λόγω αυτής της δομής η ιεραρχικές βάσεις δεδομένων δεν είναι εμπορεύσιμες διότι για την εισαγωγή δεδομένων απαιτείται η διέλευση από όλη την βάση δεδομένων. [28]



Εικόνα 4.4 αναπαράσταση ιεραρχικής βάσης δεδομένων [64]

Βάσεις δεδομένων cloud: Είναι υπηρεσίες βάσεων δεδομένων όπου η αποθήκευση τους γίνεται σε ένα απομακρυσμένο σέρβερ και η επικοινωνία απαιτεί σύνδεση στο ιντερνέτ. Οι βάσεις δεδομένων cloud συνήθως είναι NoSQL, διότι καθημερινά χειρίζονται πολύ μεγάλο όγκο μη δομημένων, ημίδομημενων και δομημένων δεδομένων έχοντας την δυνατότητα να έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτά, κάτι το οποίο δεν θα ήταν εύκολο εάν χρησιμοποιούσαμε SQL. Ένα ακόμη πλεονέκτημα σε μια βάση δεδομένων NoSQL είναι οι πολλές δομές που μπορεί να έχει όπως γράφημα, έγγραφο κλπ. Χαρακτηριστικές βάσεις δεδομένων Cloud είναι ο σέρβερ της Amazon (AWS), η πλατφόρμα της Google (GCP), και ο Azure της Microsoft. [29]



Εικόνα 4.5 βάση δεδομένων Cloud [65]

Κεντρική βάση δεδομένων: Μια κεντρική βάση δεδομένων είναι ένας τύπος βάσης, στον οποίο τα δεδομένα βρίσκονται, αποθηκεύονται και διατηρούνται σε μια μόνο τοποθεσία, προσφέροντας με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη ασφάλεια στον χρήστη όταν αυτός θέλει να ανάκτηση τα δεδομένα από την κεντρική βάση δεδομένων. Η χρήση μιας κεντρικής βάσης δεδομένων μπορεί να προσφέρει πολλά οφέλη για τον χρήστη όπως, γρήγορη ενημέρωση των δεδομένων καθώς μόνο ένα μηχάνημα χρειάζεται να ενημερωθεί, υψηλότερη απόδοση διότι οι πόροι που διαθέτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένες διαδικασίες και ευκολότερη υλοποίηση καθώς διαθέτουν λιγότερους και ευκολότερους αλγόριθμους και πρωτοκόλλα. [30]

Αυτοί είναι ορισμένοι τύποι βάσεων δεδομένων που εκπροσωπούν τις βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία. Ωστόσο οι περισσότεροι χρήστες έχουν την τάση να δημιουργούν την δική τους βάση δεδομένων η οποία θα ταιριάζει στις δικές τους ανάγκες και προσδοκίες. Επομένως ανέρχεται μεγάλη ανάπτυξη στα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και τις βάσεις δεδομένων.

Κεφάλαιο 5^ο: Αισθητήρες και μικροελεγκτής μετεωρολογικού σταθμού

5.1 εισαγωγή

Κάθε συσκευή ή μηχανήμα αποτελείται από ηλεκτρονικές διάταξης και υλικών, έτσι και στην περίπτωση του μετεωρολογικού σταθμού χρειάστηκαν ένας μικροελεγκτής και αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, υπεριώδης ακτινοβολίας. Τα οποία θα αναλύσουμε και θα εξηγήσουμε παρακάτω σύμφωνα με τα datasheets των κατασκευαστών.

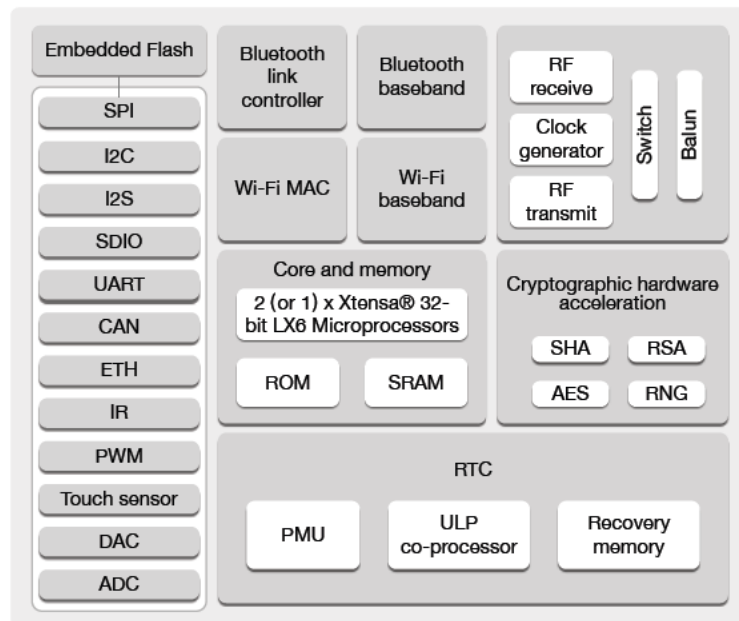
Συγκεκριμένα τα υλικά που θα δούμε είναι:

- Μικροελεγκτής ESP32
- Αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας dht 11
- Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης BMP 180
- Αισθητήρας υπεριώδης ακτινοβολίας LTR-390

5.2 Μικροελεγκτής ESP 32

5.2.1 περιγραφή

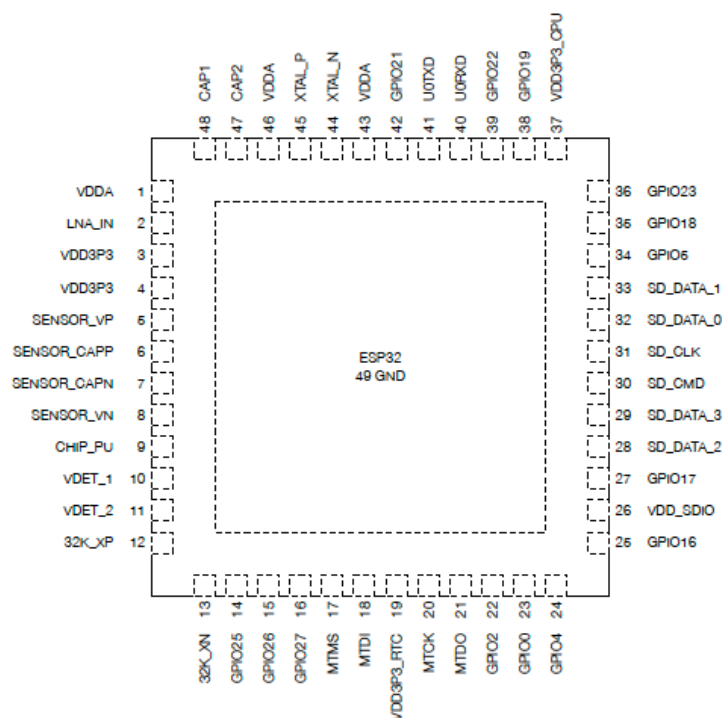
Το ESP 32 είναι ένα σύνθετο τσιπ Wi-Fi και Bluetooth σχεδιασμένο από την TSMC με δυνατότητα εξαιρετικά χαμηλής κατανάλωσης ισχύος και πάχος 40 nm. Με τις καλύτερες προδιαγραφές για την καλύτερη απόδοση ισχύος και ραδιοσυχνοτήτων, προσδίδοντας στιβαρότητα, ευελιξία και αξιοπιστία σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και προγραμμάτων ισχύος. Η κύρια χρήση του είναι σε φορητές συσκευές λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας αλλά και έξυπνη διαχείριση της, με την χαμηλή λειτουργία να χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της ποσότητας ενέργειας που καταναλώνει το τσιπ. Αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για εφαρμογές με πρόσβαση στο διαδίκτυο, με περίπου 20 εξωτερικά εξαρτήματα. Ο διακόπτης κεραίας, ενισχυτής ισχύος, ενισχυτή λήψης χαμηλού θορύβου, φίλτρα και μονάδες διαχείρισης ενέργειας αποτελούν ορισμένα από τα εξωτερικά εξαρτήματα. Επιπλέον διαθέτει προηγμένα κυκλώματα βαθμονόμησης, που επιτρέπουν να αφαιρεί τις ατέλειες του εξωτερικού κυκλώματος ή να προσαρμόζεται στις αλλαγές. [1]



Εικόνα 5.1 λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα ESP32 [1]

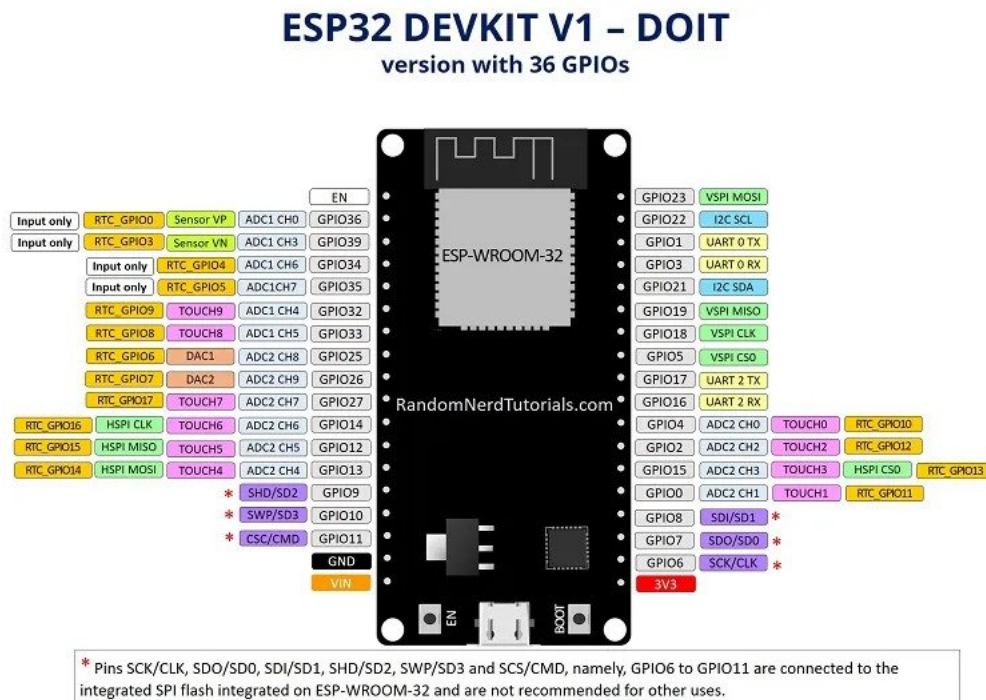
5.2.2 ορισμός θυρών

Το τσιπ του μικροελεγκτή διαθέτει 48 θύρες με πολλαπλές λειτουργίες, δεν έχουμε διαθέσιμες όλες τις θύρες ορισμένες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ας ριξουμε μια ματιά στην παρακάτω εικόνα που βρίσκονται οι θύρες. [1]



Εικόνα 5.2 διαρρύθμιση θυρών [1]

Οι δυνατότητες μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και το αντίστροφο υπάρχουν σε ορισμένες στατικές θύρες, ωστόσο μπορούμε να καθορίσουμε τον τύπο της θύρας μέσω του κώδικα. Αυτό είναι εφικτό λόγω της δυνατότητας πολυπλεξίας του τσιπ του μικροελεγκτή. Παρόλο που μπορούμε να ορίσουμε τις ιδιότητες των θυρών μέσω κώδικα, υπάρχουν θύρες που οι ιδιότητες τους είναι εκχωρημένες από προεπιλογή όπως θα δούμε στην παρακάτω εικόνα. [31]



Εικόνα 5.3 οι θύρες του ESP32 και οι δυνατότητες τους [66]

Ας εξηγήσουμε τι σημαίνουν όλες αυτές οι ονομασίες δίπλα από κάθε θύρα:

Inputs only: Οι θύρες GPIO34-35-36-39, είναι μόνο θύρες εισόδου διότι δεν έχουν εσωτερική αντίσταση pull-up ή pull-down επομένως χρησιμοποιούνται μόνο ως εισόδου. [31]

SPI FLASH MEMORY ενσωματωμένη στο τσιπ: Οι θύρες GPIO 6-11 εκτίθενται στην πλακέτα ανάπτυξης του ESP 32, ωστόσο αυτές οι θύρες συνδέονται με την μνήμη FLASH και δεν προτείνονται από τον κατασκευαστή για άλλες χρήσεις. [31]

Θύρες χωρητικής επαφής: Ο ESP32 διαθέτει 10 αισθητήρες χωρητικής επαφής, έχουν μεγάλη ευαισθησία και μπορούν να αισθάνονται διακυμάνσεις σε οτιδήποτε έχει ηλεκτρικό φορτίο, όπως το ανθρώπινο δέρμα. Οι θύρες αυτές μπορούν εύκολα να αντικαταστήσουν μηχανικά κουμπιά, επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να ξυπνήσουν τον μικροελεγκτή από βαθύ ύπνο. Οι θύρες με χωρητική επαφή είναι οι GPIO 0,2,4,12,13,14,15,27,32,33. [31]

Αναλογικό σε ψηφιακό σήμα μετατροπέας: Ο μικροελεγκτής διαθέτει 18 θύρες των 12 bits μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικού σήματος οι οποίες είναι GPIO 0,2,4,12,13,14,15,25,26,27,32,33,34,35,36,37,38,39. [31]

Ψηφιακό σε αναλογικό σήμα μετατροπέας: Σε αυτή την περίπτωση έχουμε δυο θύρες με αυτό τον μετατροπέα των 8 bits, στις θύρες GPIO 25,26. [31]

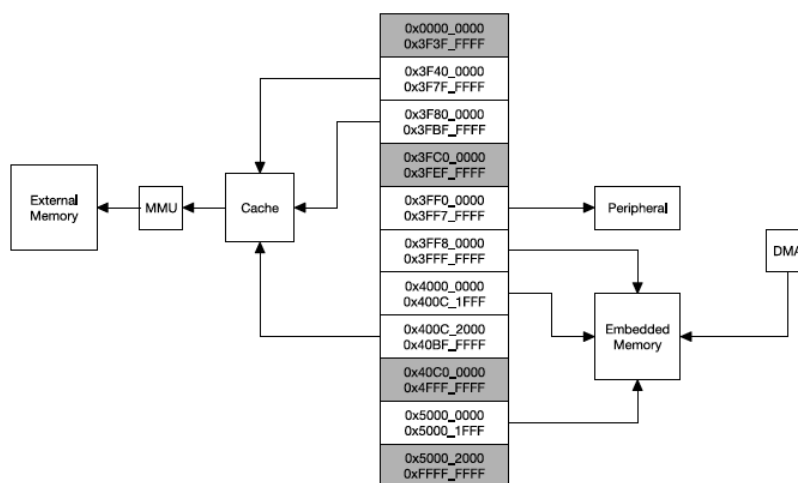
RTC: θύρες που μπορούμε να τις ελέγξουμε σε πραγματικό χρόνο υποστηρίζονται από τον μικροελεγκτή, καταλήγοντας στο υποσύστημα χαμηλής κατανάλωσης που χρησιμοποιείτε όταν ο μικροελεγκτής βρίσκεται σε βαθύ ύπνο. Οι θύρες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξωτερική πηγή αφύπνισης. Οι θύρες είναι οι εξής GPIO 0,2,4,12,13,14,15,25,26,27,32,33,34,35,36,39. [31]

PWM: Ο ESP32 διαθέτει 16 θύρες led PWM ελεγκτή, με αυτό τον τρόπο μπορεί να παράγει σήματα PWM σε διαφορετικά αντικείμενα. Όλες οι θύρες που έχουν PWM μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θύρες εξόδου εκτός από τις θύρες 34 έως 39. Για το σήμα PWM θα πρέπει να το παραμετροποιήσουμε από τον κώδικα ρυθμίζοντας την συχνότητα του σήματος, τον κύκλο λειτουργίας, το κανάλι PWM και την θύρα που θα επιλέξουμε. [31]

I2C: Είναι μόνο δυο θύρες αυτού του τύπου και είναι χρήσιμες όταν θέλουμε να προγραμματίσουμε τον ESP32 με το πρόγραμμα Arduino ide. [31]

5.2.3 Εσωτερικά στοιχεία

- **Επεξεργαστής και μνήμη:** Στον πυρήνα του μικροελεγκτή συναντάμε ένα ή δυο χαμηλής ισχύος μικροεπεξεργαστές της Xtensa 32bit. Διαθέτοντας αγωγό 7 σταδίων που υποστηρίζει συχνότητες ρολογιού πάνω από 240 MHz, επιπλέον έχουμε ένα Interface RAM/ROM για οδηγίες και δεδομένα και τοπικό interface μνήμης για γρήγορη πρόσβαση στα περιφερικά. Η εσωτερική μνήμη αποτελείται από 448 kB ROM για λειτουργίες του πυρήνα, 520 kB SRAM για δεδομένα και οδηγίες, 8 kB SRAM για RTC γρήγορης μνήμης και ακόμη 8 kB SRAM για RTC αργής μνήμης και επιπλέον ενσωματωμένη μνήμη FLASH. Ο ESP32 μπορεί να υποστηρίξει και εξωτερική μνήμη Flash πάνω από 16 MB η οποία θα είναι μόνο για ανάγνωση.



Εικόνα 5.4 χάρτης διευθύνσεων μνήμης [1]

- **Χρονοστής:** Υπάρχουν τέσσερις χρονιστές γενικού τύπου στον μικροελεγκτή, όλοι είναι 64 bit όπου βασίζονται σε prescalers 16 bit και χρονοδιακόπτες με δυνατότητα αυτόματης επαναφόρτισης 64 bit. [1]
- **Ρολόγια συστήματος:** Ο μικροελεγκτής διαθέτει τρία ρολόγια που ρυθμίζουν τον παλμό του συστήματος το πρώτο το οποίο αποτελεί και το βασικό ρολόι είναι ένα κρυσταλλικό ρολόι, το ρολόι PLL υψηλής συχνότητας συνήθως 160 MHz και το τρίτο είναι ένας εσωτερικός ταλαντωτής 8 MHz. [1]
- **Συχνότητα πομπού και δέκτη:** Η συχνότητα του δέκτη είναι στα 2,4 GHz σε τετραγωνικά σήματα βασικής ζώνης, τα οποία μετατρέπονται σε ψηφιακά από δυο μετατροπείς υψηλής ανάλυσης και ταχύτητας. Για την κατάλληλη προσαρμογή σε διαφορετικές συνθήκες καναλιού ο μικροελεγκτής διαθέτει φίλτρα RF, αυτόματο έλεγχο κέρδους και φίλτρα βασικής ζώνης.

Αντίθετα ο πομπός διαμορφώνει τα σήματα τετραγωνικής ζώνης και καθοδηγεί την κεραία με ενισχυτή ισχύος ημιαγωγού μεταλλικού οξειδίου υψηλής ισχύος. Η χρήση ψηφιακού βαθμονομητή βελτιώνει περισσότερο τη γραμμικότητα του ενισχυτή ισχύος, επιτρέποντας την τρομερή απόδοση στην μεταφορά πάνω από 20,5 dBm ισχύς για μετάδοση στα 802,11b [1]

- **Διαχείριση χαμηλής ισχύος:** Με την χρήση των εξελιγμένων τεχνολογιών διαχείρισης ισχύος, ο ESP32 μπορεί να εναλλάσσεται ανάμεσα σε ορισμένες λειτουργίες. Αναρχικά έχει την ενεργό λειτουργία όπου το τσιπ είναι ενεργό και μπορεί να δέχεται να εκπέμπει η να ακούει. Μετά έχουμε την αναστολή λειτουργίας που έχει τρεις εκδοχές στην πρώτη ο επεξεργαστής είναι ενεργός αλλά το Bluetooth/Wi-Fi δεν είναι, στην δεύτερη ο επεξεργαστής δεν λειτουργεί, αλλά η μνήμη RTC και τα αντίστοιχα περιφερικά είναι ενεργά περιμένοντας ένα γεγονός για να επανέλθει σε λειτουργία ο μικροελεγκτής και η τελευταία εκδοχή λειτουργούν μόνο η μνήμη RTC και τα αντίστοιχα περιφερικά. Τέλος έχουμε την κατάσταση αδρανοποίησης όπου ο 8 MHz ταλαντωτής και ο συνεπεξεργαστής είναι εκτός λειτουργίας, η μνήμη RTC είναι και αυτή εκτός λειτουργίας, μόνο ο χρονιστής RTC είναι ενεργός με τις αντίστοιχες θύρες. [1]

Power mode	Description		Power consumption
Active (RF working)	Wi-Fi Tx packet		Please refer to Table 15 for details.
	Wi-Fi/BT Tx packet		
	Wi-Fi/BT Rx and listening		
Modem-sleep	The CPU is powered on.	240 MHz *	Dual-core chip(s) 30 mA ~ 68 mA
			Single-core chip(s) N/A
		160 MHz *	Dual-core chip(s) 27 mA ~ 44 mA
			Single-core chip(s) 27 mA ~ 34 mA
		Normal speed: 80 MHz	Dual-core chip(s) 20 mA ~ 31 mA
Single-core chip(s) 20 mA ~ 25 mA			
Light-sleep	-		0.8 mA
Deep-sleep	The ULP co-processor is powered on.		150 μ A
	ULP sensor-monitored pattern		100 μ A @1% duty
	RTC timer + RTC memory		10 μ A
Hibernation	RTC timer only		5 μ A
Power off	CHIP_PU is set to low level, the chip is powered off.		0.1 μ A

Εικόνα 5.5 κατανάλωση ισχύος ανά λειτουργία [1]

5.2.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
VDDA, VDD3P3_RTC ¹	Voltage applied to power supply pins per power domain	2.3	3.3	3.6	V
VDD3P3, VDD_SDIO (3.3 V mode) ²					
VDD3P3_CPU	Voltage applied to power supply pin	1.8	3.3	3.6	V
I _{VDD}	Current delivered by external power supply	0.5	-	-	A
T ³	Operating temperature	-40	-	125	°C

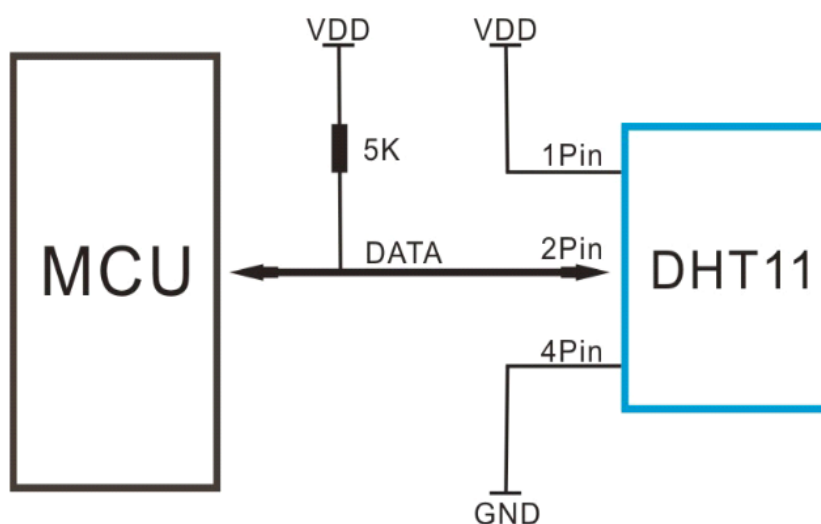
Εικόνα 5.6 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά [1]

5.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11

5.3.1 περιγραφή

Ο σύνθετος αισθητήρας DHT11 θερμοκρασίας και υγρασίας, έχει μια βαθμονομημένη έξοδο ψηφιακού σήματος. Χρησιμοποιώντας την τεχνική λήψης ψηφιακού σήματος και την τεχνολογία ανίχνευσης υγρασίας, εξασφαλίζει τα σωστά αποτελέσματα και με μεγάλη ακρίβεια. Για την μέτρηση της υγρασίας έχουμε ένα στοιχείο τύπου αντιστάσεις και ένα στοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας NTC, τα οποία συνδέονται σε ένα μικροελεγκτή υψηλής απόδοσης των 8 bit, προσφέροντας εξαιρετική ποιότητα, γρήγορη απόκριση, ανοχή στις εξωτερικές παρεμβολές και καλή διαχείριση της ενέργειας. Κάθε στοιχείο μέτρησης υγρασίας βαθμονομητές στο εργαστήριο με εξαιρετικά ακριβείς διαδικασίες βαθμονόμησης υγρασίας. Η σειριακή διασύνδεση ενός καλωδίου καθιστά την ενσωμάτωση του συστήματος γρήγορη και εύκολη. Το μικρό μέγεθος, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η μετάδοση σήματος έως 20 μέτρα καθιστούν τον αισθητήρα ως μια από τις βασικές επιλογές για διάφορες εφαρμογές συμπεριλαμβανομένων και των πιο απαιτητικών.

5.3.2 τρόπος σύνδεσης



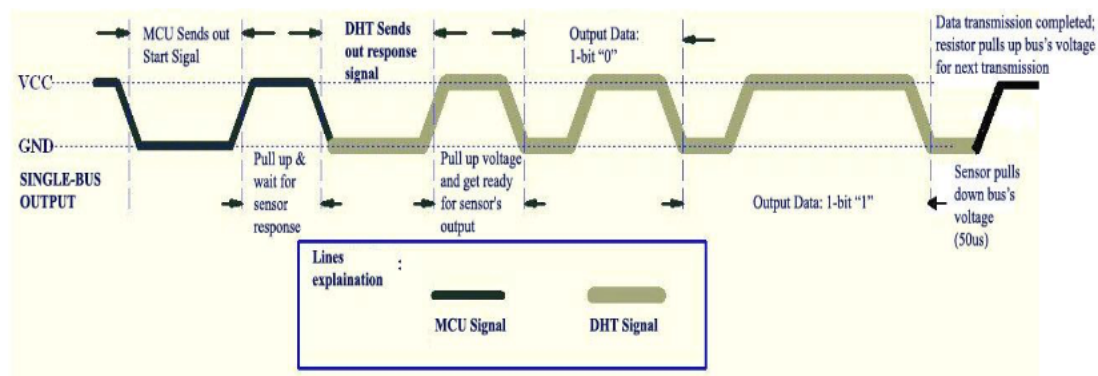
Εικόνα 5.14 τυπική εφαρμογή [3]

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα ο τρόπος σύνδεσης του αισθητήρα είναι απλώς και εύκολος. Ο πρώτος ακροδέκτης συνδέεται στην πηγή ο δεύτερος σε κάποιο μικροεπεξεργαστή ο τρίτος είναι κενό και ο τέταρτος συνδέεται στην γείωση. Όταν το καλώδιο σύνδεσης είναι μικρότερο από 20 μέτρα η αντίσταση των 5kΩ προτείνεται για χρήση, στην περίπτωση που το καλώδιο σύνδεσης είναι μεγαλύτερο από 20 μέτρα τότε η αντίσταση είναι υποχρεωτική. Η τροφοδοσία του αισθητήρα παίρνει τιμές από 3-5,5v DC. Όταν δίνουμε τροφοδοσία στον αισθητήρα, θε πρέπει για ένα δευτερόλεπτο να μην δώσουμε κάποια οδηγία ώστε να περάσει την ασταθή κατάσταση. Επιπλέον μπορεί να τοποθετηθεί ένα πυκνωτής με τιμή 100nF μεταξύ της τροφοδοσίας και της γείωσης για να φιλτράρεται η ισχύς. [3]

5.3.3 επικοινωνία με μικροεπεξεργαστή

Η διάταξη μονής γραμμής χρησιμοποιείτε για επικοινωνία και συγχρονισμό μεταξύ μικροεπεξεργαστή και αισθητήρα, με την συνολική διάρκεια διαδικασίας να διαρκεί 4ms. Η διαδικασία ξεκινάει με το σήμα από τον μικροεπεξεργαστή αλλάζοντας την λειτουργία του αισθητήρα από χαμηλής ισχύς σε ενεργή, αναμένοντας από τον μικροεπεξεργαστή να στείλει το σήμα αρχής. Αφού λάβει το σήμα ο αισθητήρας στέλνει απάντηση με ένα σήμα χωρητικότητας 40 bit δεδομένων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται πληροφορίες για την θερμοκρασία και την υγρασία. Αφού τα δεδομένα έχουν

ληφθεί από τον μικροεπεξεργαστή, ο αισθητήρας ξαναμπάνει σε λειτουργία χαμηλής ισχύος αναμένοντας το επόμενο σήμα. [3]



Εικόνα 15 διαδικασία επικοινωνίας [3]

5.3.4 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Power Supply	DC	3V	5V	5.5V
Current Supply	Measuring	0.5mA		2.5mA
	Average	0.2mA		1mA
	Standby	100uA		150uA
Sampling period	Second	1		

Εικόνα 16 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά DHT11 [3]

Να σημειωθεί ότι τα δείγματα που παίρνονται ανά περίοδο δεν θα πρέπει να γίνονται νωρίτερα από ένα δευτερόλεπτο.

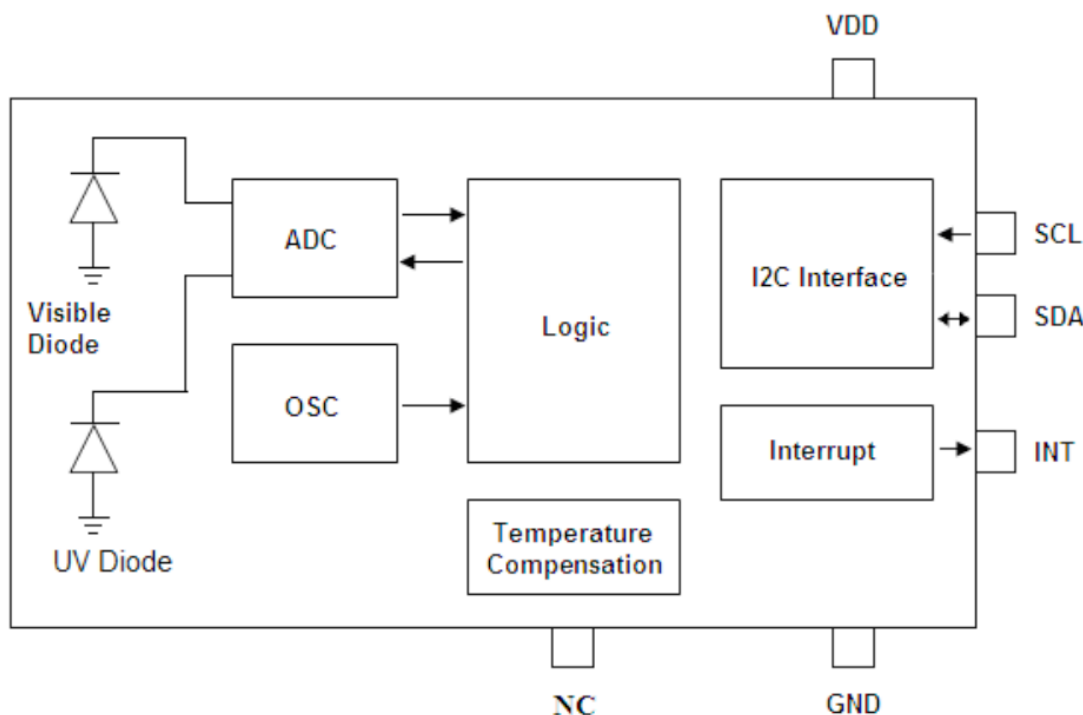
5.4 Αισθητήρας φωτός UV LTR390

5.4.1 περιγραφή

Ο LTR390 είναι ένας σύνθετος αισθητήρας φωτισμού περιβάλλοντος και υπεριώδους φωτός σε ένα ενιαίο πακέτο μικροσκοπικής επιφανειακής τοποθέτησης χωρίς μόλυβδο. Μετατρέπει την ένταση του φωτός σε ψηφιακό σήμα εξόδου αναγνωρίσιμο από την διεπαφή I2C που είναι υπεύθυνη για επικοινωνία με το λογισμικό Arduino IDE, παρέχει γραμμική απόκριση σε ένα εύρη δυναμικό εύρος

και είναι κατάλληλο για εφαρμογές με υψηλή φωτεινότητα περιβάλλοντος. Ο αισθητήρας διαθέτει προγραμματισμένη διακοπή με υστέρηση σε συμβάντα και αυτό αφαιρεί την ανάγκη προγραμματισμού του αισθητήρα σε περιπτώσεις διακοπής. Ο σχεδιασμός CMOS και η εργοστασιακή δυνατότητα κοπής που διαθέτει προσφέρει μεγάλη ευκολία κατασκευής στους χρήστες. Ο αισθητήρας διαθέτει ορισμένες λειτουργίες μεταξύ αυτών είναι πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας στην λειτουργία ύπνου, θερμοκρασίες λειτουργίας από -40 έως +85 βαθμούς κελσίου, τάση λειτουργίας από 1,7 V έως 3,6 V και εσωτερικό σύστημα αντιστάθμισης θερμοκρασίας των αντικειμένων του κυκλώματος. [2]

5.4.2 λειτουργικό μπλόκ διάγραμμα



Εικόνα 5.10 λειτουργικό διάγραμμα LTR390 [2]

Ο αισθητήρας περιέχει δυο ενσωματωμένες φωτοδιόδους για μετρήσεις έντασης φωτός και υπεριώδης ακτινοβολίας. Οι ανάλογες τιμές των φωτοδίοδων μετατρέπονται σε ψηφιακές μέσω τους μετατροπείς, επιπλέον ο αισθητήρας διαθέτει ορισμένα περιφερειακά κυκλώματα όπως εσωτερικό ταλαντωτή και αναφορά τάσης. [2]

5.4.3 λειτουργία συσκευής

0x00	MAIN_CTRL (default = 0x00)							
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	Reserved			Software Reset	UVS_Mode	0	ALS/UVS Enable	0

Εικόνα 5.11 λειτουργίες του καταχωρητή MAIN_CTRL [2]

Οι μετρήσεις UV μπορούν να ενεργοποιηθούν θέτοντας το bit1 και bit3 σε τιμή 1 στον καταχωρητή MAIN_CTRL, μόλις ενεργοποιηθεί ο UV αισθητήρας μέσω μια εντολής I2C ενεργοποιούνται τα εσωτερικά μπλοκ υποστήριξης. Αφού διαμοιραστούν οι τάσεις και τα ρεύματα (συνήθως διαρκεί 5ms) ο μηχανισμός της συσκευής εξετάζει για συμβάντα ενεργοποίησης από έναν προγραμματιστή μέτρησης για να ξεκινήσει τις μετατροπές UV σύμφωνα με τους επιλεγμένους ρυθμούς επανάληψης μέτρησης. Μόλις το bit 1 πάρει την τιμή 0 θα ολοκληρωθεί μια μετατροπή που εκτελείτε στο αντίστοιχο κανάλι τότε ο μετατροπέας θα μπει σε κατάσταση αναμονής. [2]

5.4.3 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Description	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	VDD	1.7		3.6	V
Interface signal input high	V _{I2Chigh}	1.5		VDD	V
Interface signal input low	V _{I2Clow}	0		0.4	V
Operating Temperature	T _{ope}	-40		85	°C

Εικόνα 5.12 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά LTR390 [2]

5.5 Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης BMP180

5.5.1 περιγραφή

Ο BMP180 είναι ο διάδοχος του BMP05, αποτελεί μιας νέας γενιάς ψηφιακών αισθητήρων πίεσης υψηλής ακριβείας για εφαρμογές χρηστών. Ο αισθητήρας είναι κατάλληλος για χρήση σε φορητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, PDA και GPS λόγω της χαμηλής ισχύς και τάσης που διαθέτουν. Διαθέτουν διεπαφή I2C το οποία καθίστε εύκολη την επικοινωνία με ένα μικροελεγκτή. Ο αισθητήρας βασίζεται σε τεχνολογία πιεζοαντίστασης προσφέροντας μεγάλη ακρίβεια, γραμμικότητα καθώς και μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα δεδομένα πίεσης πρέπει να αντισταθμίζονται από τα δεδομένα βαθμονόμησης του E2PROM, όπου βρίσκονται 176 bit μεμονωμένων δεδομένων βαθμονόμησης. [4]

5.5.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	T _A	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	V _{DD}	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
			1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	I _{DDLOW}	ultra low power mode		3		μA
	I _{DDSTD}	standard mode		5		μA
	I _{DDHR}	high resolution mode		7		μA
	I _{DDUHR}	Ultra high res. mode		12		μA
	I _{DDAR}	Advanced res. mode		32		μA
Peak current	I _{peak}	during conversion		650	1000	μA
Standby current	I _{DDSBM}	@ 25°C		0.1	4 ¹	μA
Relative accuracy pressure V _{DD} = 3.3V		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		±0.12		hPa
		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		±1.0		m
				±0.12		hPa
Absolute accuracy pressure V _{DD} = 3.3V		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C	-4.0	-1.0*	+2.0	hPa
		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C	-6.0	-1.0*	+4.5	hPa
Resolution of output data		pressure		0.01		hPa
		temperature		0.1		°C
Noise in pressure			see table on page 12-13			

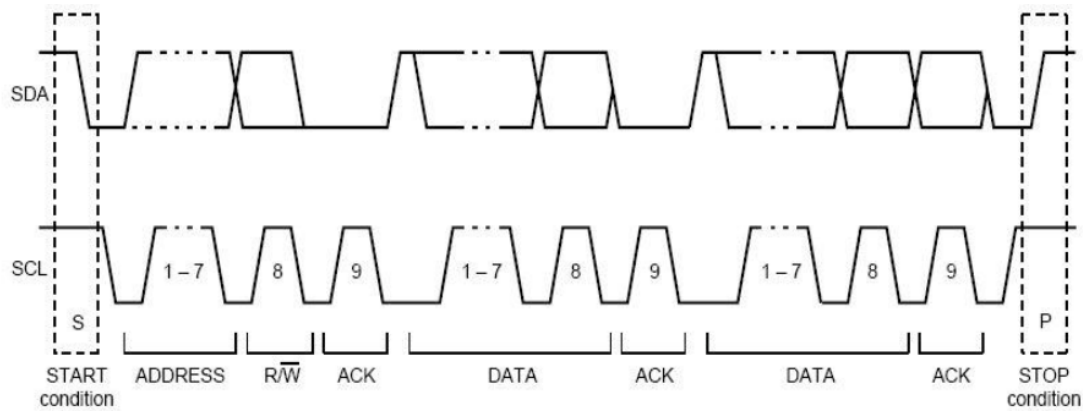
Εικόνα 5.13 ηλεκτρικά χαρακτηριστικά BMP180 [4]

5.5.3 διαδικασία μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης

Για τους υπολογισμούς διατίθενται ένας κώδικας ANSI C από την εταιρεία Bosch. Ο μικροελεγκτής στέλνει μια ακολουθία εκκίνησης για να ξεκινήσει για να ξεκινήσει τη μέτρηση πίεσης, στην συνέχεια η τιμή του αποτελέσματος διαβάζεται μέσω της διεπαφής I2C του μικροελεγκτή. Για τον υπολογισμό της πίεσης σε hPa πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα βαθμονόμησης από την E2PROM μέσω της διεπαφής I2C κατά την αρχικοποίηση του λογισμικού. Ο ρυθμός δειγματοληψίας μπορεί να αυξηθεί έως και 128 δείγματα ανά δευτερόλεπτο. [4]

5.5.4 πρωτόκολλο I2C

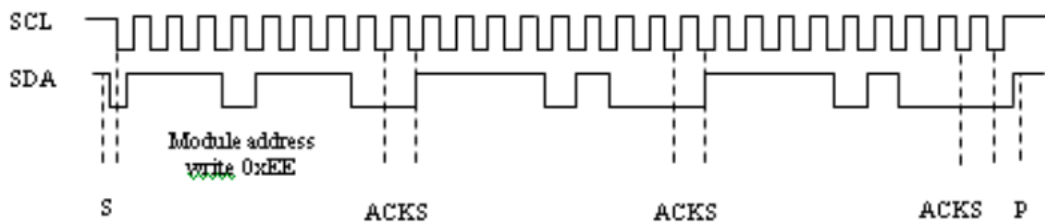
Το πρωτόκολλο διασύνδεσης I2C διαθέτει ειδικές συνθήκες διασύνδεσης σήματος. Παρακάτω θα δούμε ένα διάγραμμα που αναπαριστά το πρωτόκολλο αυτό με (S) συμβολίζεται η αρχή και με (P) το τέλος. Στην αρχή της διαδικασίας το SCL είναι σε λειτουργία ενώ το SDA ξεκινάει να αλλάζει κατάσταση από ενεργό σε ανενεργό. Μετά ακολουθούν τα 7 bits διεύθυνσης και στην συνέχεια το bit ελέγχου κατεύθυνσης R/W επιλέγει την λειτουργία ανάγνωσης ή εγγραφής. Όταν μια εξαρτημένη συσκευή αναγνωρίζει ότι έγινε δεκτή, πρέπει να ορίσει τον δείκτη SDA ανενεργό στον ένατο κύκλο SCL. Στην κατάσταση τέλους, SCL είναι ενεργό ενώ το SDA ξεκινάει και παραμένει ενεργό, τα δεδομένα πρέπει να είναι σταθερά όταν το SCL είναι ενεργό. [4]



Εικόνα 5.14 πρωτόκολλο I2C [4]

5.5.5 Έναρξη καταμέτρησης

Παρακάτω έχουμε το διάγραμμα χρονισμού για την έναρξη της μέτρησης της τιμής της πίεσης UP. Μετά την έναρξη της διαδικασίας ο Master στέλνει την διεύθυνση εγγραφής της συσκευής και τα δεδομένα καταχωριτή ελέγχου. Ο αισθητήρας στέλνει μια επιβεβαίωση (ACKS) κάθε 8 bit δεδομένων που λαμβάνει. Εφόσον έχει σταλθεί και το τελευταίο bit ο Master στέλνει μια συνθήκη διακοπής. [4]

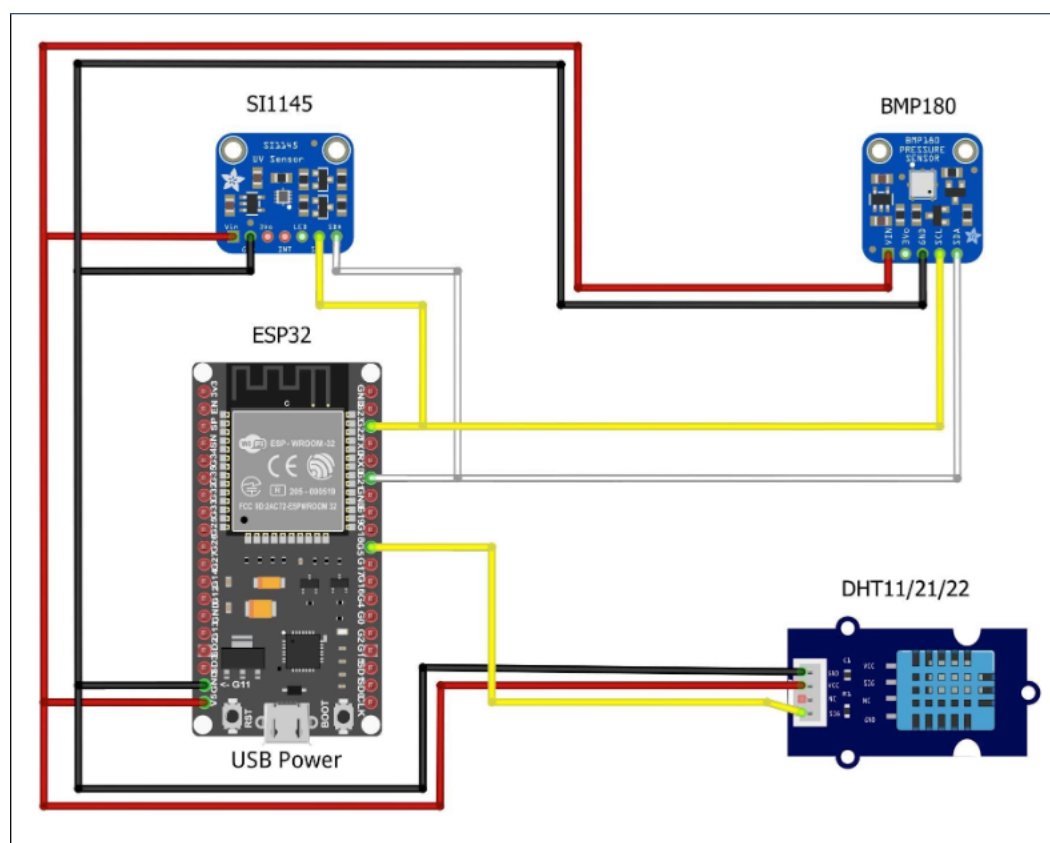


Εικόνα 5.15 διάγραμμα χρόνου για την αρχή της μέτρησης της πίεσης [4]

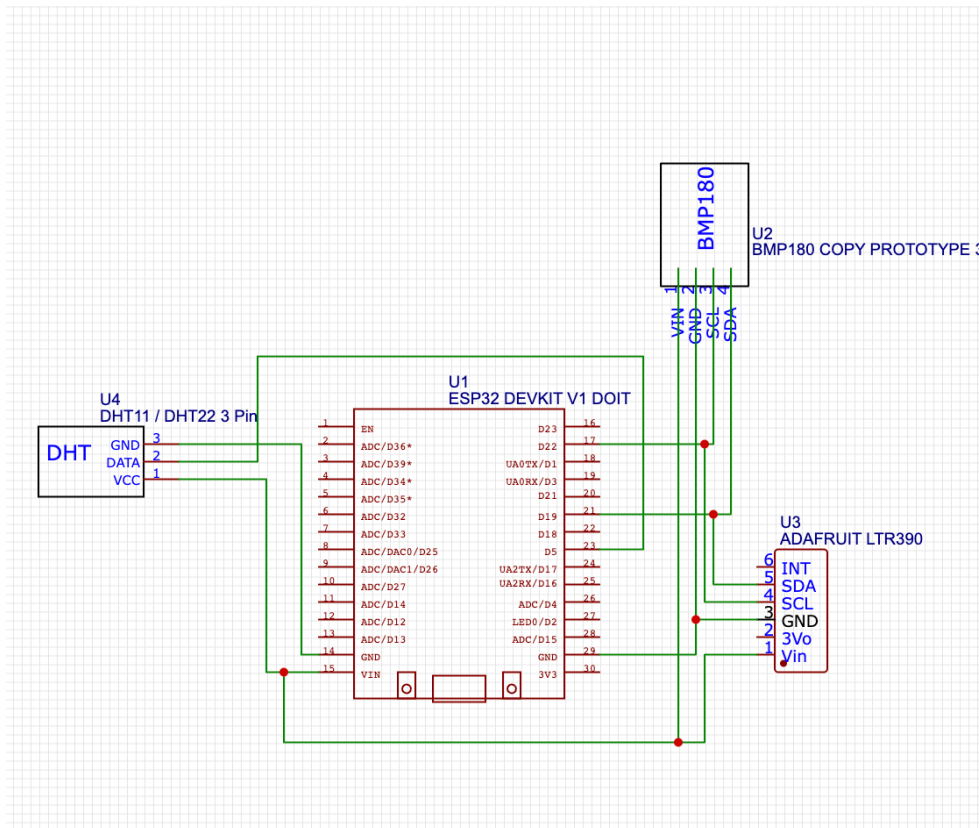
Κεφάλαιο 6⁰: Σχεδίαση και εφαρμογή

6.1 Σχεδίαση και κατασκευή πλακέτας

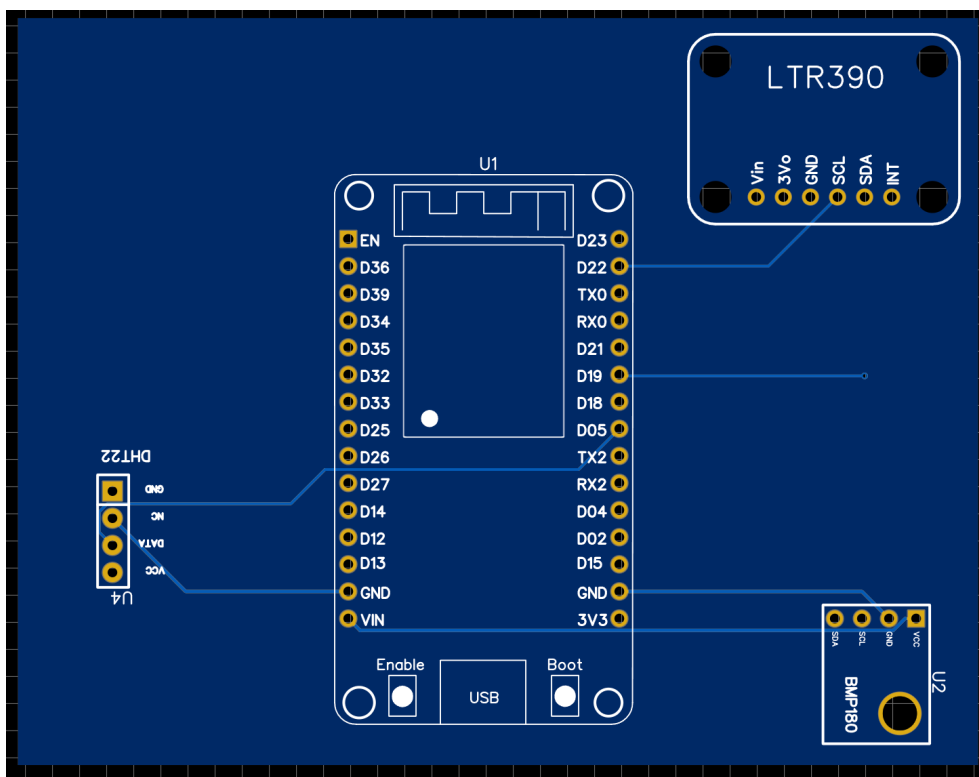
Ο σχεδιασμός της πλακέτας έγινε με την χρήση του λογισμικού EasyEDA το οποίο βασίζεται σε μια διαδικτυακή βάση ηλεκτρονικών αυτοματισμών σχεδίασης, έκδοσης 6.5.34. αρχικά έγινε ο σχεδιασμός του κυκλώματος σε ένα περιβάλλον παρόμοιο του Pspice, όπου μετέπειτα το σχηματικό μετατράπηκε σε τυπωμένο κύκλωμα πλακέτας (PCB). Στην συνέχεια μέσω της τρισδιάστατης αναπαράστασης έχουμε την δυνατότητα να δούμε τον μικροελεγκτή και τους αισθητήρες, πως θα τοποθετηθούν στην επιφάνεια της πλακέτας. Η διαστάσεις της πλακέτας είναι 7 εκατοστά ύψος και 9 εκατοστά πλάτος και οι διαδρομές των τροφοδοσιών έχουν πάχος 3,1 χιλιοστών. Η πλακέτα είναι διπλής όψης.



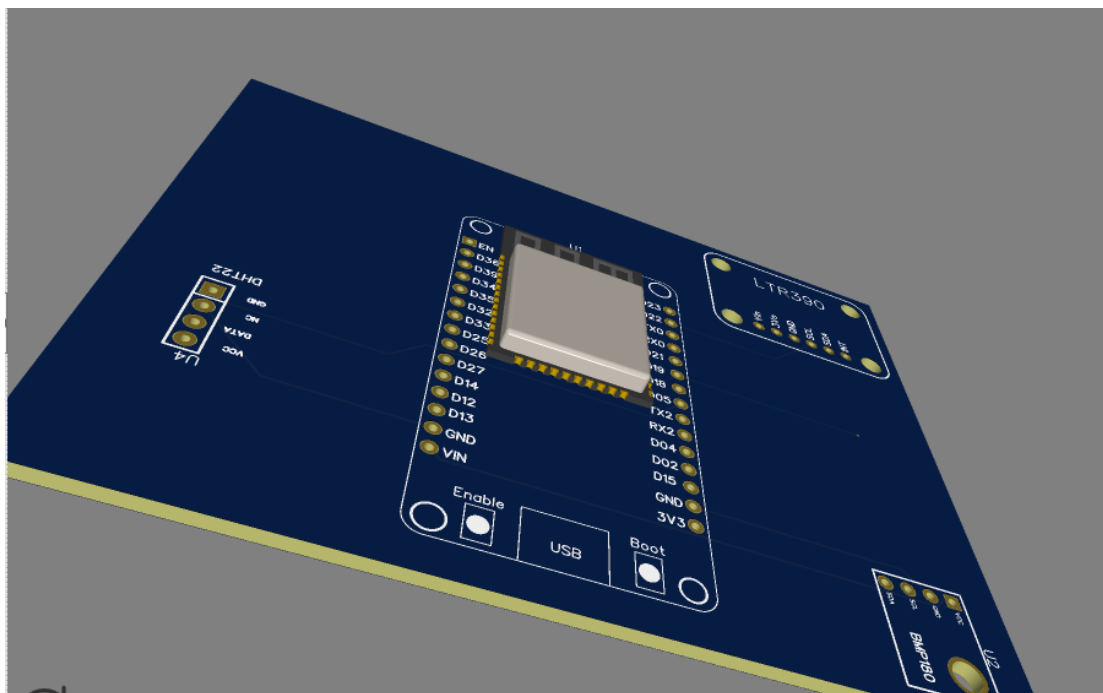
Εικόνα 6.1 σχεδιασμός κυκλώματος



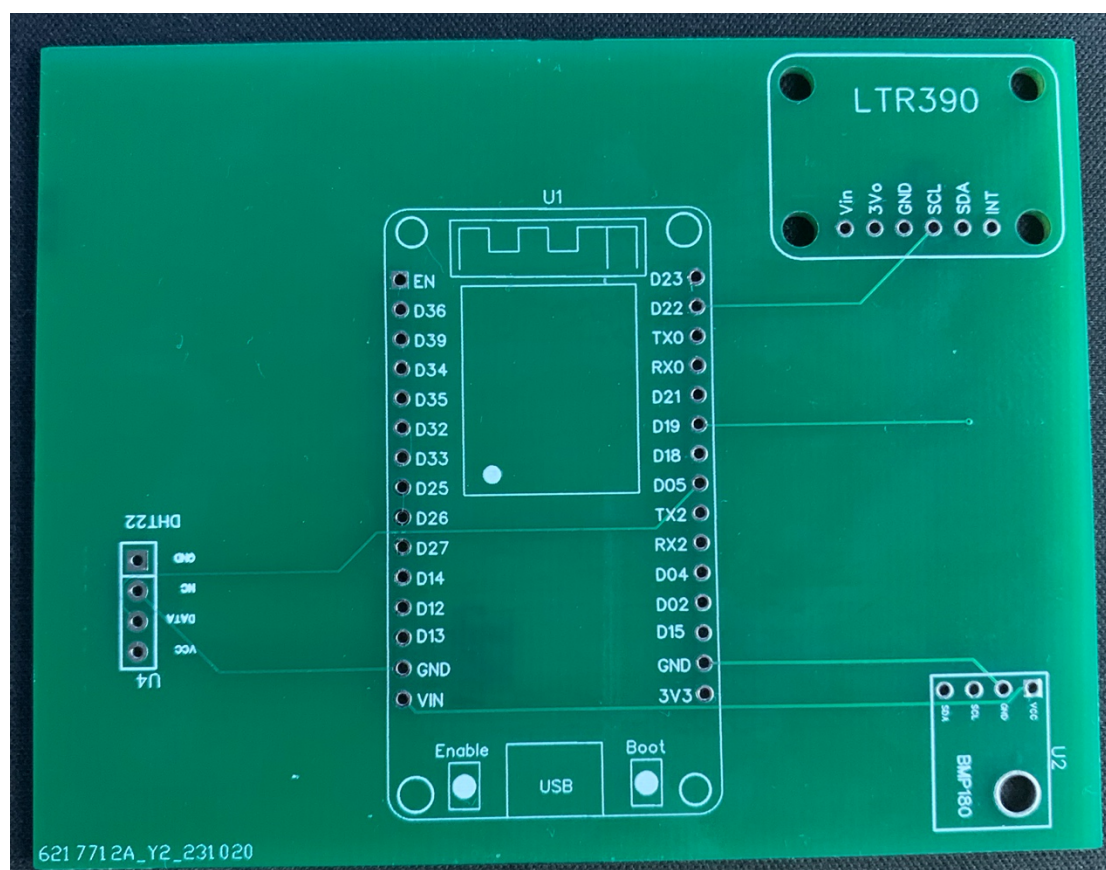
Εικόνα 6.2 σχεδιασμός στο πρόγραμμα EasyEDA



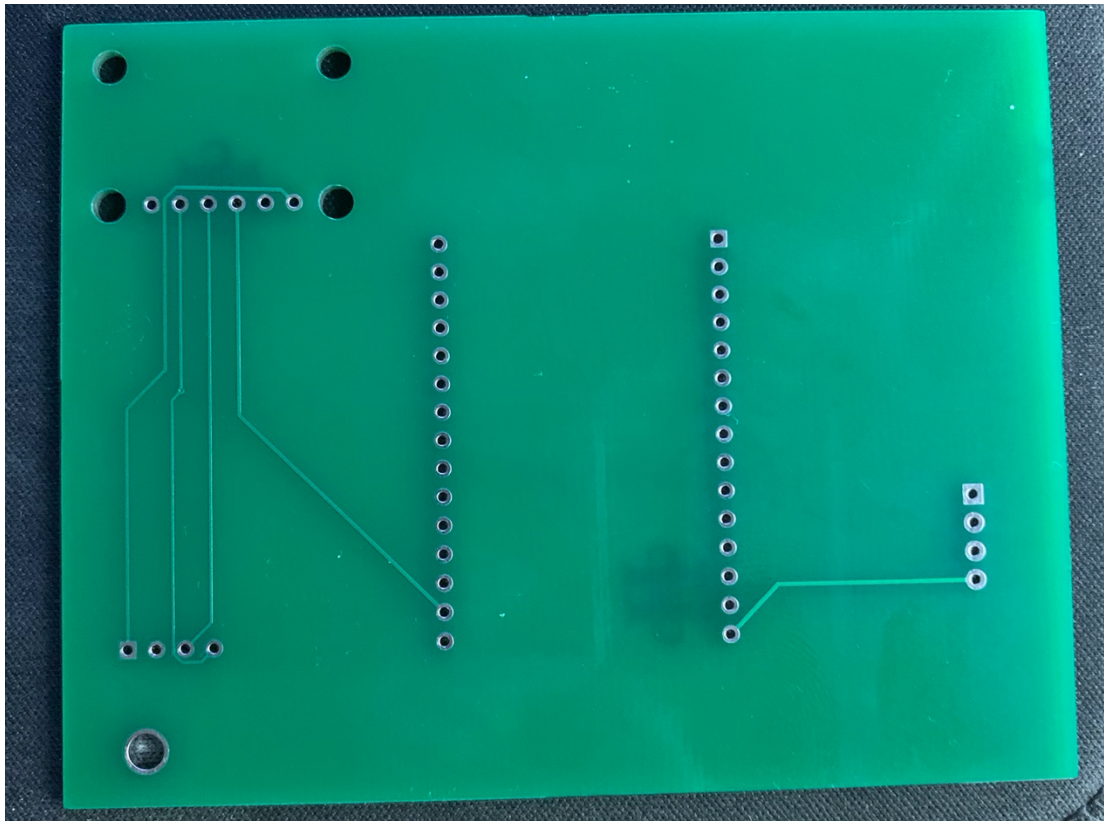
Εικόνα 6.3 2D αναπαράσταση της πλακέτας



Εικόνα 6.4 3D αναπαράσταση της πλακέτας



Εικόνα 6.5 μπροστά όψη πλακέτας




Εικόνα 6.6 πίσω όψη πλακέτας


6.2 Δημιουργία βάσης δεδομένων και επικοινωνία

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι του Arduino, μια βάση δεδομένων τύπου cloud που προσφέρει με μεγάλη ευκολία στον χρήστη. Ένας ακόμη παράγοντας που έκανε την βάση δεδομένων Arduino πιο προσιτή, είναι το λογισμικό ανοιχτού κώδικα της εταιρείας Arduino το οποίο υποστηρίζει τον μικροελεγκτή ESP32 καθιστώντας πιο άμεση και ευκολότερη επικοινωνία μεταξύ της βάσης και του μετεωρολογικού σταθμού.


Αρχικά για τον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων πρέπει να ελέγξουμε εάν ο μικροελεγκτής υποστηρίζεται από το λογισμικό του Arduino και εάν υπάρχουν βιβλιοθήκες για τον προγραμματισμό του. Ο ESP32 μπορεί να συνεργαστεί διαθέτοντας πολλές βιβλιοθήκες και εγχειρίδια χρήσης, επομένως δημιουργούμε μια εικονική συσκευή του μικροελεγκτή για να καταλάβει το λογισμικό ποια συσκευή θα χρησιμοποιήσουμε. Στην συνέχεια πρέπει να ορίσουμε το δίκτυο το οποίο θα συνδεθεί ο μικροελεγκτής για να μπορούμε να έχουμε άμεση επικοινωνία με την απομακρυσμένη βάση του Arduino, δίνοντας τα στοιχεία (Wi-Fi name και κωδικό) του ρούτερ αυτόματα το λογισμικό δημιουργεί τον απαραίτητο κώδικα μέσα και από τις βιβλιοθήκες του ESP32 για να πραγματοποιήσει την σύνδεση με το δίκτυο. Το επόμενο βήμα που πρέπει να κάνουμε είναι η δημιουργία των μεταβλητών της βάσης και ο καθορισμός των τιμών τους, το οποίο δημιουργεί αυτόματα τις αντίστοιχες τιμές στον κώδικα χωρίς να χρειαστεί να τις ορίσουμε εμείς. Αφού γίνουν όλα αυτά σειρά έχει ο κώδικας που θα προγραμματίσει τις λειτουργίες του μικροελεγκτή και η μεταφορά του σε αυτό που γίνεται αυτόματα μέσω ενός πράκτορα του Arduino.



Associated Device

 master

ID: ff5b9add-39d5-4151-b337-... 

Type: DOIT ESP32 DEVKIT V1

Status:  Offline

Change Detach


Εικόνα 6.7 εισαγωγή του ESP32 στο λογισμικό

Network

Wi-Fi Name: VODAFO...

Password:

Secret Key:



Change

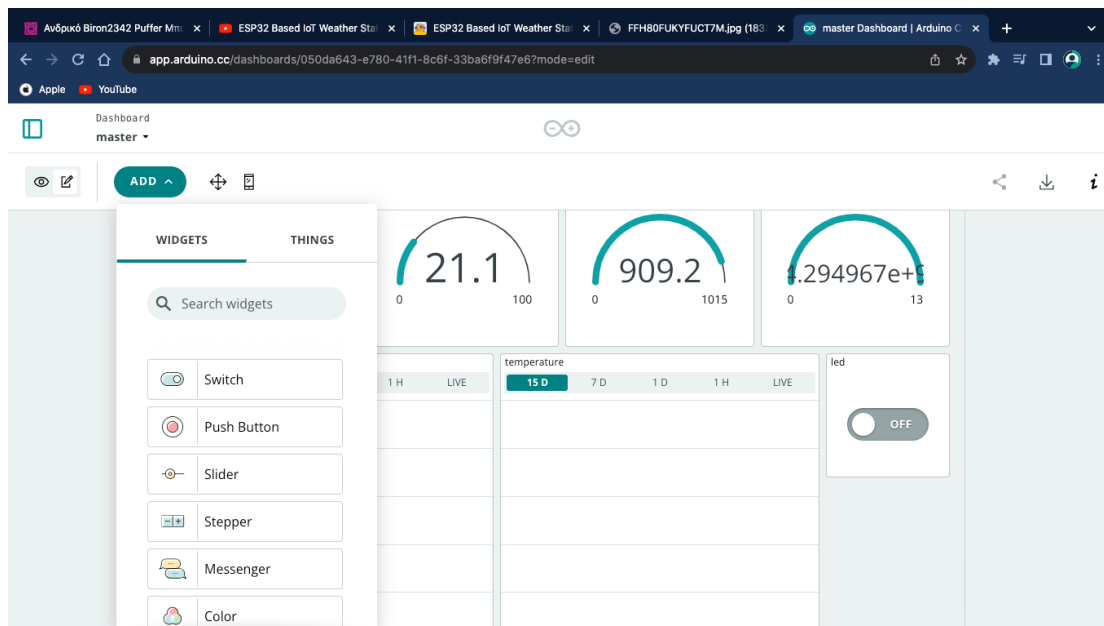
Εικόνα 6.8 καθορισμός του δικτύου

Cloud Variables			ADD
Name ↓	Last Value	Last Update	
<input type="checkbox"/> Humidity CloudRelativeHumidity humidity;	53.8	10 Nov 2023 19:29:05	⋮
<input type="checkbox"/> led CloudLight led;	false	10 Nov 2023 21:18:11	⋮
<input type="checkbox"/> pressure CloudPressure pressure;	909.2	10 Nov 2023 19:29:58	⋮
<input type="checkbox"/> Temperature CloudTemperatureSensor temperatur...	21.1	10 Nov 2023 19:29:05	⋮
<input type="checkbox"/> UV float uV;	4.294967e+9	10 Nov 2023 16:07:03	⋮

Εικόνα 6.9 δημιουργία μεταβλητών

6.3 Δημιουργία ψηφιακού πίνακα ελέγχου

Για την σωστή καταγραφή και παρακολούθηση των τιμών που καταγράφουν οι αισθητήρες, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός πίνακα ελέγχου. Στο λογισμικό του Arduino η διαδικασία αυτή είναι εύκολη και γρήγορη, μέσω μιας επιλογής που διαθέτει η διαδικτυακή βάση δεδομένων στην οποία μπορούμε να προσθέσουμε γραφικά στοιχεία διάφορων τύπων και να τα προσαρμόσουμε στο εύρος των τιμών που θέλουμε. Συγκεκριμένα προσθέσαμε τέσσερις μετρητές για θερμοκρασία, υγρασία, βαρομετρική πίεση και υπεριώδης ακτινοβολίας, αντίστοιχα για την κάθε τιμή προσθέσαμε και ένα πίνακα αναπαράστασης των τιμών που συλλέγονται κάθε δευτερόλεπτο, δημιουργώντας ένα γράφημα.



Εικόνα 6.10 διαμόρφωση ψηφιακού πίνακα ελέγχου

6.4 επεξήγηση κώδικα

```

1  */
2  Sketch generated by the Arduino IoT Cloud Thing "Untitled"
3  https://create.arduino.cc/cloud/things/f80852fd-e9b0-40f1-b928-7b2fcdda691e
4
5  Arduino IoT Cloud Variables description
6
7  The following variables are automatically generated and updated when changes are made to the
8
9  float uV;
10 CloudLight led;
11 CloudTemperatureSensor temperature;
12 CloudRelativeHumidity humidity;
13 CloudPressure pressure;
14
15 Variables which are marked as READ/WRITE in the Cloud Thing will also have functions
16 which are called when their values are changed from the Dashboard.
17 These functions are generated with the Thing and added at the end of this sketch.
18 */
19

```

Εικόνα 6.11 κώδικας μικροελεγκτή

Στην εικόνα 6.11 βλέπουμε το κομμάτι του κώδικα το οποίο έχει δημιουργηθεί αυτόματα από το λογισμικό του Arduino, όταν είχαμε δημιουργήσει τις μεταβλητές του συστήματος. Τα αντικείμενα για τις τιμές των μεταβλητών θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης και υπεριώδης ακτινοβολίας δημιουργήθηκαν αυτόματα, με την δυνατότητα να μεταβάλλονται συνεχώς οι τιμές τους στον πίνακα ελέγχου.

```

20 #include "thingProperties.h"
21 #include "DHT.h"
22 #include "BMP085.h"
23 #include <Wire.h>
24 #include "Adafruit_LTR390.h"
25
26 #define DHTPIN 5
27 #define DHTTYPE DHT11
28
29 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
30 BMP085 myBarometer;
31 Adafruit_LTR390 ltr = Adafruit_LTR390();
32
33

```

Εικόνα 6.12 κώδικας μικροελεγκτή

Στην εικόνα 6.12 έχουμε την εισαγωγή των αισθητήρων και των καθορισμό των μεταβλητών τους. Συγκεκριμένα στις γραμμές 20 έως 24 εισάγουμε τις βιβλιοθήκες των αισθητήρων και ορισμένων λειτουργιών του λογισμικού. Στις γραμμές 26 και 27 καθορίζουμε τον τύπο του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας και σε ποια θύρα του μικροελεγκτή βρίσκεται.

```

34 void setup() {
35   // Initialize serial and wait for port to open:
36   Serial.begin(9600);
37   pinMode(2, OUTPUT);
38
39   // This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without l
40   delay(1500);
41   while (!Serial);
42   myBarometer.init();
43   dht.begin();
44
45   // Defined in thingProperties.h
46   initProperties();
47
48   // Connect to Arduino IoT Cloud
49   ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
--

```

Εικόνα 6.13 κώδικας μικροελεγκτή

Στην εικόνα 6.13 έχουμε τον καθορισμό της σειριακής οθόνης όπου εκεί αναγράφονται τα αποτελέσματα που συλλέγονται από τους αισθητήρες και τυχόν προβλήματα εάν προκύψουν. Εφόσον καθοριστεί σε ποια πόρτα θα βρίσκεται η σειριακή οθόνη στην συνέχεια ξεκινάνε οι αισθητήρες, γίνεται και η επικοινωνία με την βάση δεδομένων του Arduino και καθορίζονται οι συνθήκες λειτουργίας.

```

62 void loop() {
63   ArduinoCloud.update();
64   // Your code here
65   DHT_SENSOR_READ();
66   BAROMETER_SENSOR_READ();
67   UV_SENSOR_READ();
68
69
70 }
71
72

```

Εικόνα 6.14 κώδικας μικροελεγκτή

```

79 void UV_SENSOR_READ() {
80   float UV = ltr.readUVS();
81   uV = UV;
82   Serial.print("UV: "); Serial.println(UV);
83   delay(1000);
84 }
85
86
87 void BAROMETER_SENSOR_READ() {
88   float Pressure = myBarometer.bmp085GetPressure(myBarometer.bmp085ReadUP());
89   float mbar = Pressure / 100;
90   pressure = mbar;
91   Serial.print("Pressure: "); Serial.println(Pressure);
92   delay(1000);
93 }
94
95

```

Εικόνα 6.15 κώδικας μικροελεγκτή

```

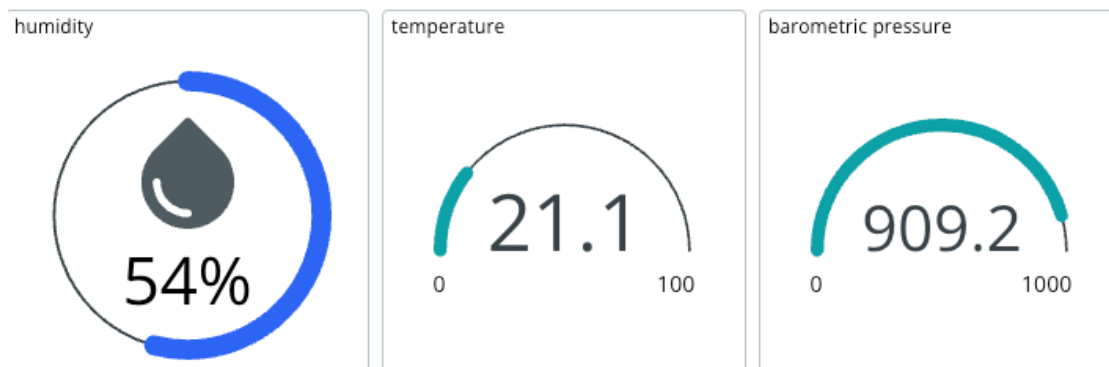
95
96 void DHT_SENSOR_READ() {
97   float h = dht.readHumidity();
98   float t = dht.readTemperature();
99   temperature = t;
100  humidity = h;
101  Serial.print("Temperature: "); Serial.println(t);
102  Serial.print("Humidity: "); Serial.println(h);
103  delay(1000);
104 }
105 void onLedChange() {
106   if (led == 1) {
107     digitalWrite(2, HIGH);
108   }
109   else {
110     digitalWrite(2, LOW);
111   }
112 }

```

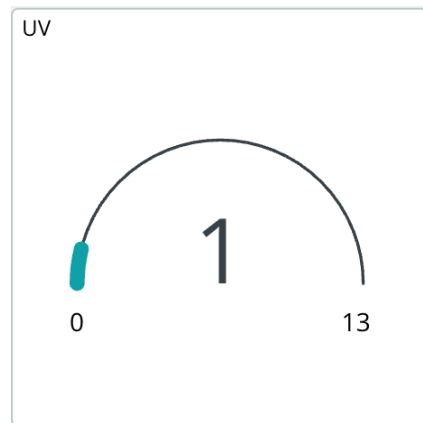
Εικόνα 6.16 κώδικας μικροελεγκτή

Στις εικόνες 6.14-15-16 είναι ο βασικός κώδικας του προγράμματος, όπου αρχικά έχουμε την void μέθοδο loop η οποία ενημερώνει την βάση δεδομένων για τις νέες τιμές των μεταβλητών και λαμβάνει κάθε δευτερόλεπτο νέες τιμές. Επιπλέον έχουμε τις void μεθόδους για να διαβάζουμε τι τιμές από κάθε αισθητήρα ανά δευτερόλεπτο και μια μέθοδο που μεταβάλλει την κατάσταση του led του μικροελεγκτή από ανενεργή σε ενεργή και το αντίστροφο.

6.4 Εφαρμογή



Εικόνα 6.17 πίνακας ελέγχου μεταβλητών

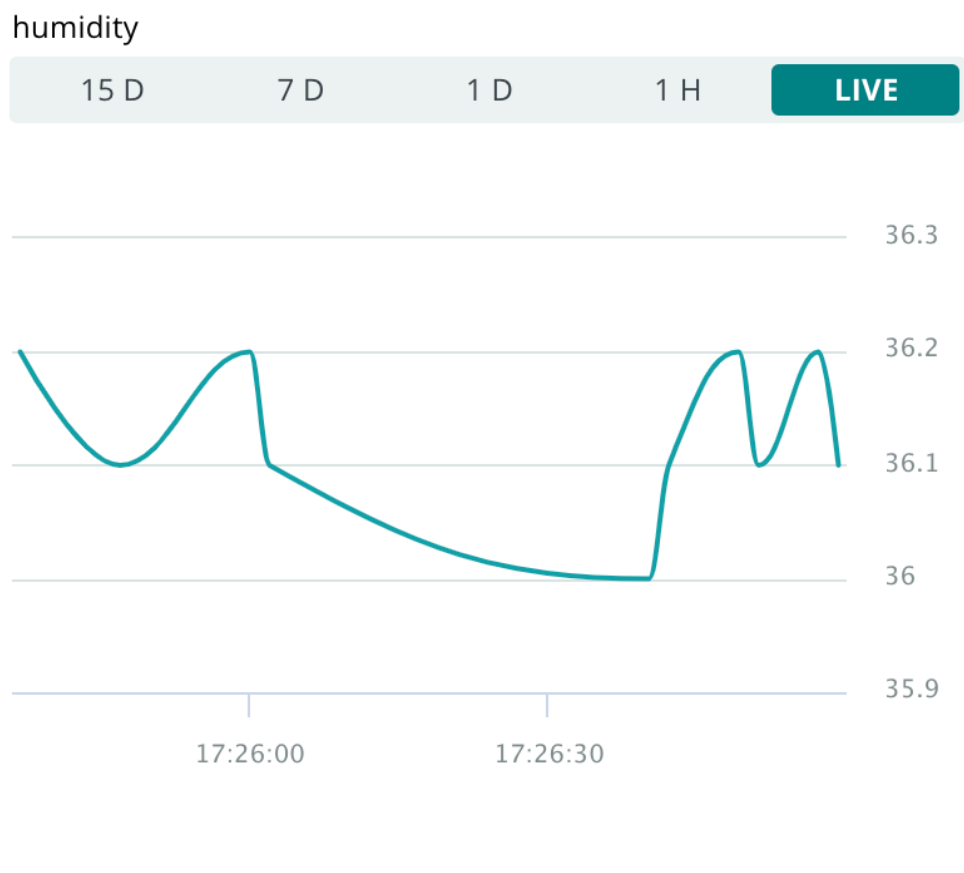


Εικόνα 6.18 πίνακας ελέγχου μεταβλητών

Στην εικόνα 6.17-18 αναγράφονται τα στιγμιαία αποτελέσματα βαθμονομημένα στον πίνακα ελέγχου. Παρακάτω υπάρχουν εικόνες από την καταγραφή των τιμών σε πίνακες τα οποία είναι αποθηκευμένα στην βάση δεδομένων του Arduino και είναι διαθέσιμα και σε εφαρμογή σε smartphones.



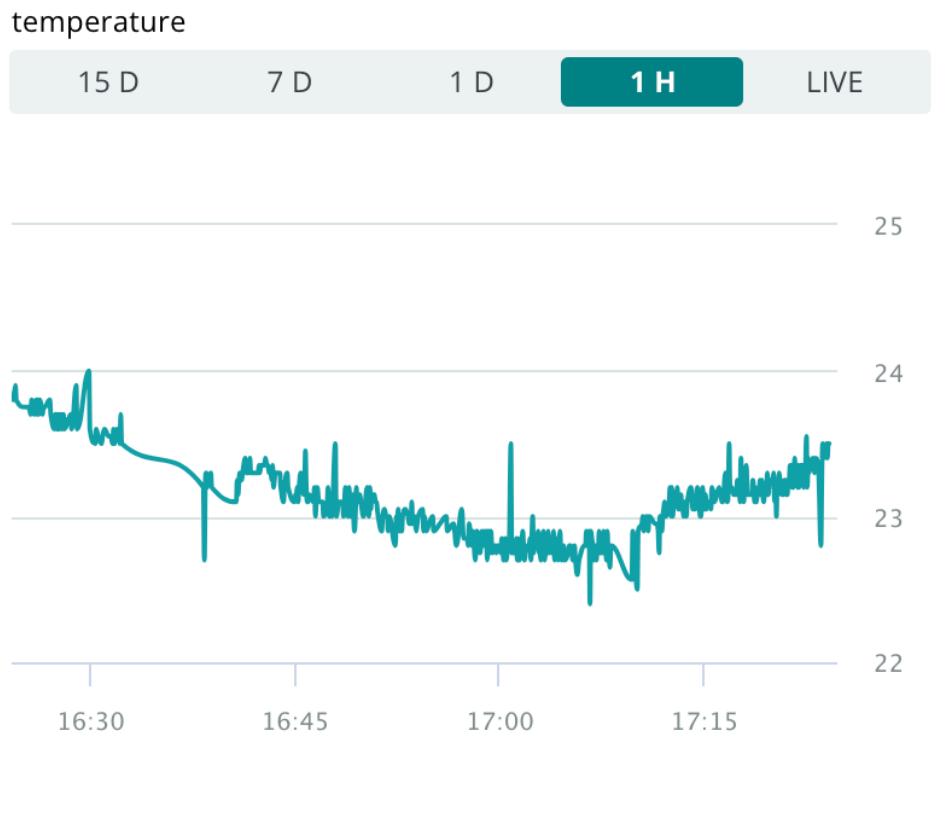
Εικόνα 6.19 διάγραμμα υγρασίας διάρκειας μιας ώρας



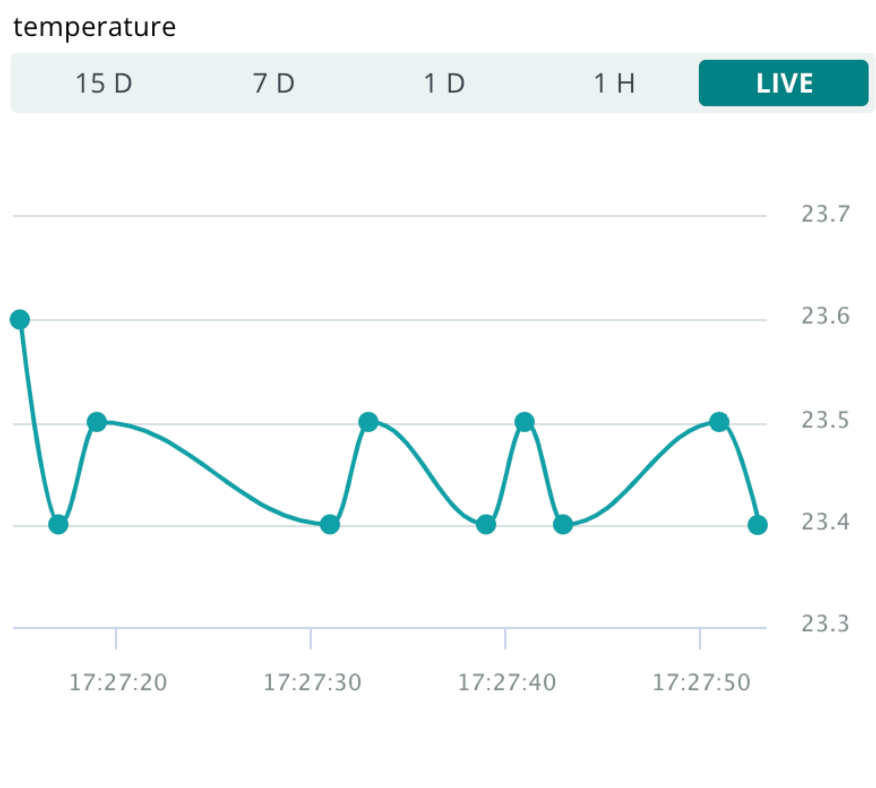
Εικόνα 6.20 διάγραμμα υγρασίας



Εικόνα 6.21 διάγραμμα υγρασίας διάρκειας μιας μέρας



Εικόνα 6.22 διάγραμμα θερμοκρασίας διάρκειας μιας ώρας



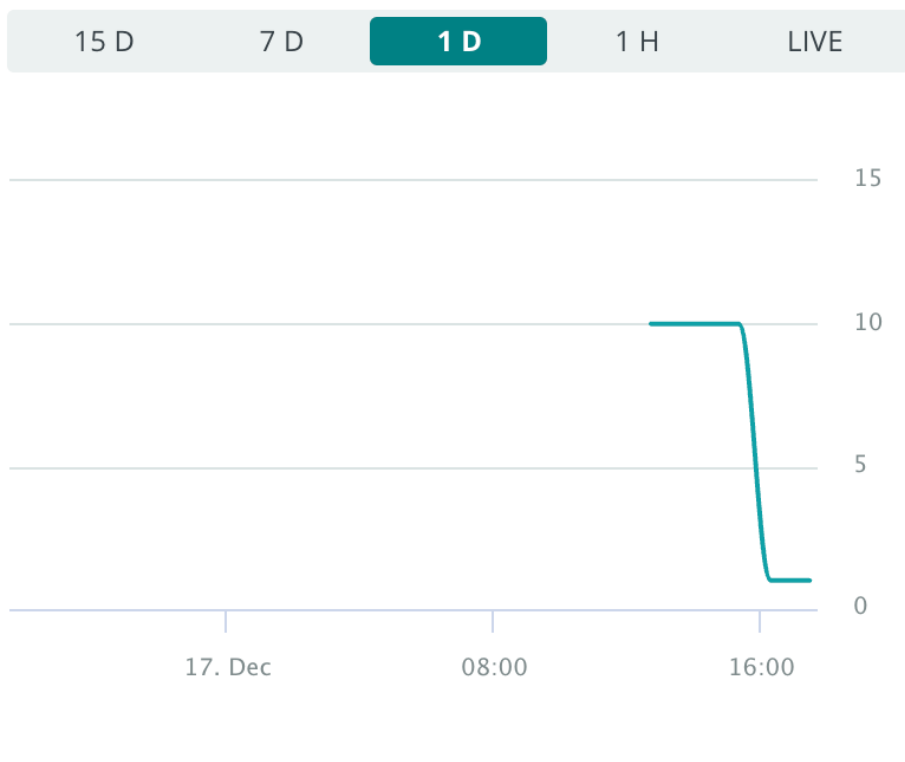
Εικόνα 6.23 διάγραμμα θερμοκρασίας

temperature

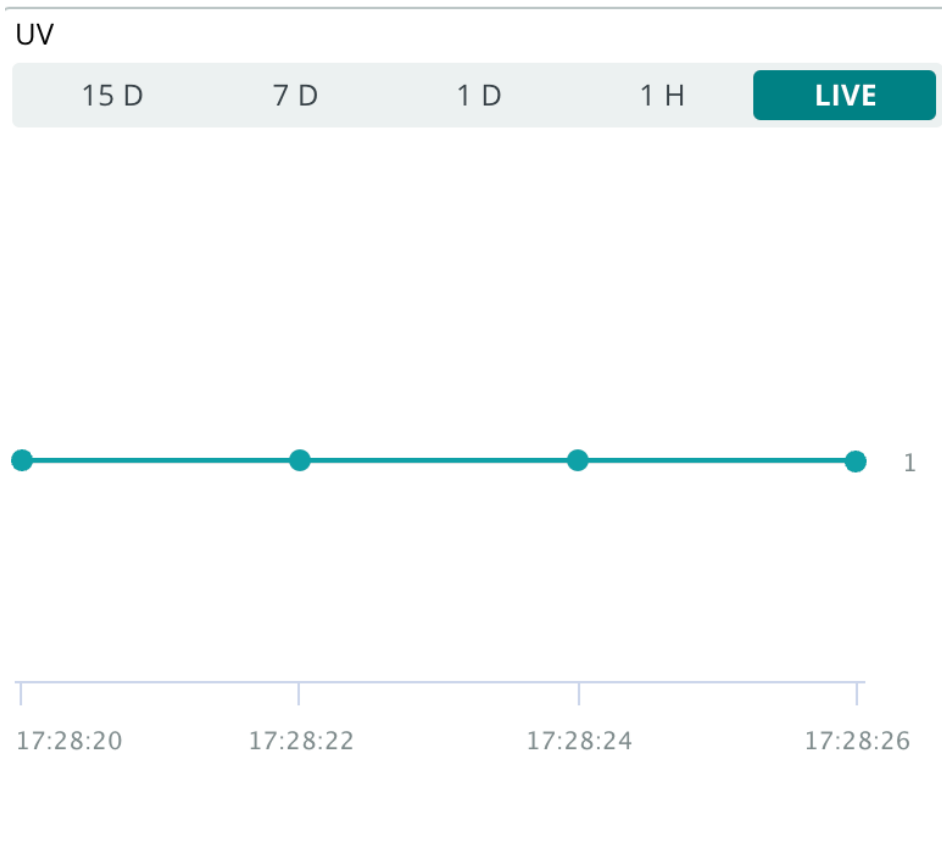


Εικόνα 6.24 διάγραμμα θερμοκρασίας διάρκειας μιας μέρας

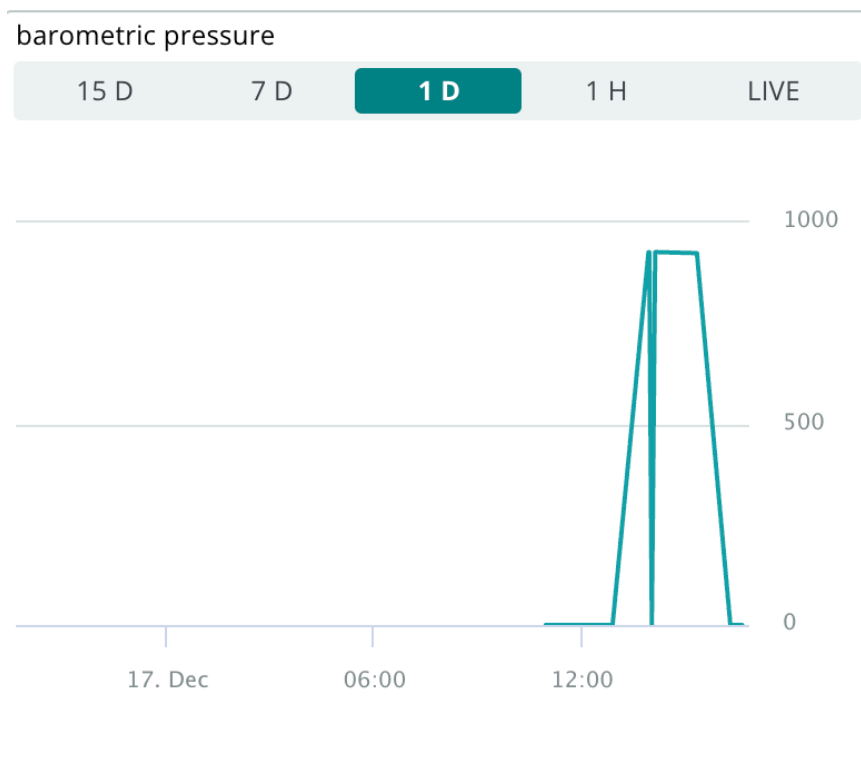
UV



Εικόνα 6.25 διάγραμμα ακτινοβολίας διάρκειας μιας μέρας



Εικόνα 6.26 διάγραμμα ακτινοβολίας



Εικόνα 6.27 διάγραμμα ατμοσφαιρικής πίεσης διάρκειας μιας μέρας

time,value			
2023-11-10T12:41:30.662140779Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:41:32.698257187Z,21.799999237060547			
2023-11-10T12:41:34.726454834Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:41:40.814147457Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:41:42.845333298Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:41:48.930417645Z,21.799999237060547			
2023-11-10T12:41:50.960274288Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:41:55.018661271Z,22			
2023-11-10T12:41:57.056054165Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:03.134725745Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:05.170386533Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:13.280843488Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:15.31284677Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:17.343454551Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:23.428616532Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:25.459395599Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:29.517878903Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:33.576049103Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:35.611677257Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:41.69942574Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:43.727418864Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:42:55.893375498Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:42:57.925284557Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:43:01.98704163Z,21.399999618530273			
2023-11-10T12:43:04.018223978Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:43:20.23885422Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:43:22.27389119Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:43:34.436285868Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:43:36.469456533Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:43:44.582194885Z,21.200000762939453			
2023-11-10T12:43:46.616153203Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:43:56.784610077Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:44:00.831998587Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:44:02.869269824Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:44:04.895157215Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:44:06.926284402Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:44:13.019625183Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:44:27.236865232Z,21.700000762939453			
2023-11-10T12:44:29.255874478Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:44:31.290990125Z,22.399999618530273			
2023-11-10T12:44:33.31886191Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:44:53.600769899Z,20.700000762939453			
2023-11-10T12:44:55.632007387Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:46:02.62425496Z,21.399999618530273			
2023-11-10T12:46:04.654955072Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:46:27.000629155Z,22.700000762939453			
2023-11-10T12:46:29.030537944Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:47:03.537982853Z,21.799999237060547			
2023-11-10T12:47:07.594561576Z,21.600000381469727			
2023-11-10T12:47:11.653606774Z,21.700000762939453			

Εικόνα 6.28 τιμές θερμοκρασίας

time,value			
2023-11-10T12:41:30.662140779Z,51.29999923706055			
2023-11-10T12:41:32.698257187Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:41:34.726454834Z,51.20000076293945			
2023-11-10T12:41:48.930417645Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:41:50.960274288Z,51.20000076293945			
2023-11-10T12:41:55.018661271Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:41:57.056054165Z,51.20000076293945			
2023-11-10T12:42:59.955603871Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:43:01.98704163Z,51.20000076293945			
2023-11-10T12:43:04.018223978Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:43:44.582194885Z,51.29999923706055			
2023-11-10T12:43:46.616153203Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:43:48.644322279Z,51			
2023-11-10T12:43:50.676258469Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:43:52.707876811Z,51			
2023-11-10T12:43:54.739723794Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:43:58.815447291Z,51			
2023-11-10T12:44:02.869269824Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:44:04.895157215Z,51			
2023-11-10T12:44:08.957941443Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:44:10.989051487Z,51			
2023-11-10T12:44:13.019625183Z,50.900001525878906			
2023-11-10T12:44:15.052474443Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:44:17.08105763Z,51			
2023-11-10T12:44:25.194251764Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:44:31.290990125Z,50.70000076293945			
2023-11-10T12:44:33.31886191Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:44:35.349870724Z,51			
2023-11-10T12:44:53.600769899Z,51.400001525878906			
2023-11-10T12:44:55.632007387Z,51			
2023-11-10T12:44:59.690871051Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:01.722240058Z,51			
2023-11-10T12:45:03.753320163Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:05.783375229Z,51			
2023-11-10T12:45:07.816461002Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:09.847080909Z,51			
2023-11-10T12:45:13.904584099Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:15.936428836Z,50.900001525878906			
2023-11-10T12:45:17.986653025Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:19.998488373Z,51			
2023-11-10T12:45:34.190704053Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:36.223097707Z,51			
2023-11-10T12:45:40.284033206Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:42.31391004Z,51			
2023-11-10T12:45:44.34828126Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:46.376944711Z,51			
2023-11-10T12:45:48.408142765Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:50.438941914Z,51			
2023-11-10T12:45:52.468245399Z,51.099998474121094			
2023-11-10T12:45:54.501936104Z,51			

Εικόνα 6.29 τιμές υγρασίας

time,value			
2023-11-10T12:41:30.662140779Z,0			
2023-11-10T13:33:46.209136116Z,0			
2023-11-10T13:40:39.686863989Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:40:41.723825556Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:40:45.800172945Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:40:49.878231108Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:40:51.916794579Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:40:53.955653119Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:40:55.996195139Z,907.25			
2023-11-10T13:40:58.033465263Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:41:02.104715038Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:41:04.144241581Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:41:06.182821086Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:41:08.222873552Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:41:10.259659004Z,907.219970703125			
2023-11-10T13:41:12.297979433Z,907.25			
2023-11-10T13:41:16.383058717Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:41:20.448827728Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:41:22.489500102Z,907.1699829101562			
2023-11-10T13:41:24.527039813Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:41:26.56585743Z,907.1400146484375			
2023-11-10T13:41:28.605121849Z,907.1900024414062			
2023-11-10T13:41:30.647426647Z,907.219970703125			
2023-11-10T13:41:38.80199407Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:41:40.840268593Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:41:42.879649449Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:41:46.956565613Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:41:48.9962845Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:41:53.067031703Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:41:55.105631503Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:41:57.145171038Z,907.4199829101562			
2023-11-10T13:41:59.184364064Z,907.4400024414062			
2023-11-10T13:42:01.221925724Z,907.3599853515625			
2023-11-10T13:42:03.259103759Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:42:05.29741307Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:42:07.337698034Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:42:09.379087753Z,907.3599853515625			
2023-11-10T13:42:11.414932907Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:42:13.456802695Z,907.3099975585938			
2023-11-10T13:42:15.492281226Z,907.4199829101562			
2023-11-10T13:42:17.531097842Z,907.3599853515625			
2023-11-10T13:42:19.570012191Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:42:21.609260207Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:42:27.720386625Z,907.280029296875			
2023-11-10T13:42:29.761090772Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:42:31.794029147Z,907.4400024414062			
2023-11-10T13:42:33.83349264Z,907.3300170898438			
2023-11-10T13:42:35.881862076Z,907.3900146484375			
2023-11-10T13:42:37.913603873Z,907.4400024414062			
2023-11-10T13:42:39.950648654Z,907.3599853515625			

Εικόνα 6.30 τιμές βαρομετρικής πίεσης

time,value			
2023-11-10T12:41:30.662140779Z,0			
2023-11-10T13:33:46.209136116Z,0			
2023-11-10T13:40:39.686863989Z,0			
2023-11-10T14:07:03.781591959Z,4294967296			

Εικόνα 6.31 τιμές υπεριώδες ακτινοβολίας

Κεφάλαιο 7⁰: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

Ανακεφαλαιώνοντας, με την επίτευξη της διπλωματικής εργασίας διαπιστώθηκε, πως με την χρήση ενός μικροελεγκτή και τριών αισθητήρων, κατασκευάστηκε ένας μετεωρολογικός σταθμός που παρέχει ικανοποιητικές πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες του χώρου που βρίσκεται. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σπίτι σε ένα γραφείο, μια επιχείρηση για την παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον με την χρήση της βάσης δεδομένων Arduino και του λογισμικού από την ίδια εταιρεία για την κωδικοποίηση του ESP32, καθιστά την διαδικασία της επικοινωνίας των δυο πολύ απλή και γρήγορη. Οι αισθητήρες λαμβάνουν τιμές μεγάλης ακρίβειας, διαθέτοντας μεγάλη αντοχή σε ακραίες καιρικές συνθήκες.

Για την βελτίωση της εργασίας θα μπορούσαν να προσδεθούν ορισμένοι αισθητήρες ακόμη όπως , ανέμου και βροχής παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μια καλύτερη εικόνα των καιρικών συνθηκών. επιπλέον να διορθωθεί από την εταιρεία Arduino ένα πρόβλημα με την σύνδεση στο δίκτυο από πλευράς μικροελεγκτή για βάσης δεδομένων που υπάρχει ορισμένες φορές. Τέλος με την χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ ο μετεωρολογικός σταθμός θα μπορούσε να είναι ενεργειακά αυτόνομος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Data Sheet

- [1] Espressif Systems, “ESP32 Series,” datasheet, 2023.
- [2] Liteon, “LTR-390UV-01,” datasheet, 23 April 2023.
- [3] OSEP electronic, “DHT11,” technical datasheet.
- [4] Bosch, “BMP180,” datasheet 5 April 2013.

Journal Articles

- [5] R. Muita, P. Kucera, S. Aura, D. Muchemi, D. Gikungu, S. Mwangi, M. Steinson, P. Oloo, N. Maingi, E. Muigai, M. Kamau, “American Journal of Climate Change”, vol. 10, no. 3, Σεπτέμβριος. 2021.
- [6] Kern E. Kenyon “Natural Science”, vol. 10, no. 8, Μάιος. 2018.

Internet Site

- [7] AEM, “Weather Stations Sensors: Types, Use cases, & Selection Criteria”. <https://blog.aem.eco/weather-station-sensors>.
- [8] Wikipedia, “Rain gauge”. https://en.wikipedia.org/wiki/Rain_gauge.
- [9] Wikipedia, “timeline of meteorology”. https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_meteorology
- [10] Wikipedia. “Weather station”. https://en.wikipedia.org/wiki/Weather_station
- [11] Renke, “Top 16 weather sensors for the weather station”. <https://www.renkeer.com/top-16-weather-sensors>.
- [12] ROHM semiconductor, “Barometric pressure Sensor”. <https://www.rohm.com/electronics-basics/sensor/barometric-pressure-sensor>.
- [13] Ministry of the environment government of Japan, “Principles of radiation measurement”. <https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/02-04-02.html>.
- [14] ADI, “Light sensor”. <https://www.analog.com/en/design-center/glossary/light-sensor.html>.
- [15] Renke, “Know more about UV sensor”. <https://www.renkeer.com/what-is-uv-sensor/>.
- [16] RAYMING pcb & Assembly, “All you need to know about sound sensor”. <https://www.raypcb.com/sound-sensors/>.
- [17] Rika, “What is the principle of negative oxygen ion sensor”. <https://www.rikasensor.com/what-is-the-principle-of-negative-oxygen-ion-sensor.html>.
- [18] instrument choice.com.au, “How does a soil pH sensor work”. <https://www.instrumentchoice.com.au/news/how-does-a-soil-ph-tester-work>.

- [19] National science foundation, “About the automatic weather station project”. <https://www.instrumentchoice.com.au/news/how-does-a-soil-ph-tester-work>.
- [20] Wikipedia, “Microcontroller”. <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>.
- [21] digital_Aleksandar_Peulic, “Microcontroller architecture”. <https://www.peulic.com/about-microcontrollers/microcontroller-architecture/>.
- [22] College of engineering Cherthala, “Explain different types of microcontroller”. http://www.cectl.ac.in/images/pdf_docs/studymaterial/cse/s5/mp5.pdf.
- [23] electronics-lab.com, “top 10 popular microcontrollers among makers”. <https://www.electronics-lab.com/top-10-popular-microcontrollers-among-makers/>.
- [24] Wikipedia, “Database”. <https://en.wikipedia.org/wiki/Database>.
- [25] Wikipedia, “Data”. [https://en.wikipedia.org/wiki/Data_\(computer_science\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_(computer_science)).
- [26] Geeks for Geeks, “What is database”. <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-database/>.
- [27] Geeks for Geeks, “Introduction of DBMS”. <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-of-dbms-database-management-system-set-1/>.
- [28] Geeks for Geeks, “Types of databases”. <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-databases/>.
- [29] Geeks for Geeks, “Introduction to no SQL cloud database services”. <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-nosql-cloud-database-services/>.
- [30] Geeks for Geeks, “Comparison of centralized, decentralized and distributed systems”. <https://www.geeksforgeeks.org/comparison-centralized-decentralized-and-distributed-systems/>.
- [31] Random Nerd Tutorials, “Esp32 pinout refence: which GPIO should you use”. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>.

Εικόνες διαδικτύου

- [32] <https://news.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/12/ClimateChaos1.jpg>
- [33] https://media.real.gr/filesystem/images/20230215/engine/fizxvvjxgaa21jq_252863_368246_typed13262.jpg
- [34] <https://agrospecom.gr/wp-content/uploads/2015/06/Autumn-Grass-Field-Wallpaper-Widescreen-HD-1024x346.jpg>
- [35] <https://www.schlegelmilch.com/wp-content/plugins/justified-image-grid/timthumb.php?src=https%3A%2F%2Fwww.schlegelmilch.com%2Fwp-content%2Fgallery%2F2011-14-singapur%2F1114-0025.jpg&h=620&w=928&q=45&f=.jpg>
- [36] <https://content.instructables.com/F04/05HF/JU8N684Q/F0405HFJU8N684Q.jpg?auto=webp&frame=1&fit=bounds&md=ec75fbcff43b02712d3147073d500406>
- [37] <https://hydrometag.com/wp-content/uploads/2021/03/Wind-Speed-and-Direction-Smart-Sensor.jpg>
- [38] <https://www.agry.purdue.edu/turfnew/tips/2006/raingauge.jpg>

- [39]<https://www.faranux.com/wp-content/uploads/2017/07/3e696496-gv-bmp280-3-3-high-precision-atmospheric-pressure-sensor-module-for-arduino-free-shipping--600x600.jpg>
- [40]<https://metone.com/wp-content/uploads/2019/04/Model-094-Solar-Radiation-Sensor.jpg>
- [41]<https://images-cdn.ubuy.co.id/634fa6bbb7626c6fe0367686-waveshare-dc3-3-5v-200nm-370nm-response.jpg>
- [42]<https://ae05.alicdn.com/kf/HTB1RiBBRXXXXXXXXCXpXXq6xXFXXX6/Sound-Detection-Sensor-Module-Sound-Sensor-Intelligent-Vehicle-For-Arduino-DIY-Kit-Parts.jpg>
- [43]<https://www.renkeer.com/wp-content/uploads/2021/06/best-rain-and-snow-sensor.jpg>
- [44] <https://m.media-amazon.com/images/I/61pScDFgHyS.SS700.jpg>
- [45]<https://www.met.ie/cms/assets/uploads/2019/11/KH11-768x576.jpg>
- [46]<https://i0.wp.com/radionigeria.gov.ng/wp-content/uploads/2022/03/Automatic-Weather-Station.jpg?w=750&ssl=1>
- [47]<https://iancoombe.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderpictures/weatherreporterandadvisor.jpg>
- [48]https://www.himiofots.gr/sites/default/files/styles/max2100/public/2019-05/byos_3.jpg?itok=l4QzjX85
- [49]https://as2.ftcdn.net/v2/jpg/03/06/37/73/1000_F_306377307_qupfRHdHYVUMNW9T1xHCXKncrMIXdNIK.jpg
- [50]https://gesrepair.com/wp-content/uploads/shutterstock_384710341-1024x585.jpg
- [51]<https://www.javatpoint.com/embeddedsystem/images/es-8051-microcontroller2.png>
- [52]<https://i.pinimg.com/564x/ba/5d/62/ba5d62474302727c60233fb85847d28c.jpg>
- [53]<https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/70c29b9182f7aa91d84aa098e4412d2d3fe81a92/2-Figure2-1.png>
- [54]<https://www.electricaltechnology.org/wp-content/uploads/2020/05/Embedded-Memory-Microcontroller.png>
- [55]<https://www.electricaltechnology.org/wp-content/uploads/2020/05/External-Memory-Microcontroller.png>
- [56]<https://www.electricaltechnology.org/wp-content/uploads/2020/05/Harvard-Architecture-based-Microcontroller.png>
- [57]<https://www.electricaltechnology.org/wp-content/uploads/2020/05/Von-Neumann-Architecture-based-Microcontroller.png>
- [58]https://www.devobox.com/4955-large_default/stm32f103c8t6-arm-stm32-development-board-gr.jpg
- [59]<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/ATMEGA328P-PU.jpg/1200px-ATMEGA328P-PU.jpg>
- [60]<https://static.rapidonline.com/catalogueimages/product/73/33/s73-3352p01wc.jpg>

[61]https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1400/format:webp/1*A-YghwJAQt3Xvj_z70Wosw.png

[62]<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/CodasyIB.png/723px-CodasyIB.png>

[63]https://docs.oracle.com/cd/B14099_19/bi.1012/b13915/images/tables.gif

[64]<https://media.geeksforgeeks.org/wp-content/uploads/20200414091301/Hierarchical-DB.png>

[65]https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1400/format:webp/1*Iv3g_rCM0kXaHHUpPR2BKA.png

[66]<https://i0.wp.com/randomnerdtutorials.com/wp-content/uploads/2018/08/ESP32-DOIT-DEVKIT-V1-Board-Pinout-36-GPIOs-updated.jpg?w=750&quality=100&strip=all&ssl=1>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Βιβλιοθήκη για τον αισθητήρα πίεσης BMP 180

Barometer_Sensor.ino

```
Example sketch for barometer
Copyright (c) 2012 seeed technology inc.
Website    : www.seeed.cc
Author     : Jim Lindblom, LG
Create Time:
Change Log :
```

The MIT License (MIT)

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

```
*/
```

```
#include "BMP085.h"
#include <Wire.h>
float temperature;
float pressure;
float atm;
float altitude;
BMP085 myBarometer;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial);
    myBarometer.init();
}

void loop() {
    temperature = myBarometer.bmp085GetTemperature(
        myBarometer.bmp085ReadUT()); //Get the
temperature,bmp085ReadUT MUST be called first
    pressure = myBarometer.bmp085GetPressure(myBarometer.bmp085ReadUP()); //Get the
temperature
```

```

/*
  To specify a more accurate altitude, enter the correct mean sea level
  pressure level. For example, if the current pressure level is 1019.00 hPa
  enter 101900 since we include two decimal places in the integer value.
*/
altitude = myBarometer.calcAltitude(101900);

atm = pressure / 101325;

Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(temperature, 2); //display 2 decimal places
Serial.println(" Celsius");

Serial.print("Pressure: ");
Serial.print(pressure, 0); //whole number only.
Serial.println(" Pa");

Serial.print("Related Atmosphere: ");
Serial.println(atm, 4); //display 4 decimal places

Serial.print("Altitude: ");
Serial.print(altitude, 2); //display 2 decimal places
Serial.println(" m");

Serial.println();

delay(1000); //wait a second and get values again.
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Βιβλιοθήκη για τον αισθητήρα UV LTR390

```

/*****
  This is an example for the LTR390 UV Sensor

  Designed specifically to work with the LTR390 UV sensor from Adafruit
  ----> https://www.adafruit.com

  These sensors use I2C to communicate, 2 pins are required to
  interface
  *****/

#include "Adafruit_LTR390.h"

Adafruit_LTR390 ltr = Adafruit_LTR390();

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Adafruit LTR-390 test");

  if ( ! ltr.begin() ) {
    Serial.println("Couldn't find LTR sensor!");
    while (1) delay(10);
  }
  Serial.println("Found LTR sensor!");

  ltr.setMode(LTR390_MODE_UVS);
  if (ltr.getMode() == LTR390_MODE_ALS) {
    Serial.println("In ALS mode");
  } else {
    Serial.println("In UVS mode");
  }

  ltr.setGain(LTR390_GAIN_3);
  Serial.print("Gain : ");
  switch (ltr.getGain()) {
    case LTR390_GAIN_1: Serial.println(1); break;
    case LTR390_GAIN_3: Serial.println(3); break;
    case LTR390_GAIN_6: Serial.println(6); break;
    case LTR390_GAIN_9: Serial.println(9); break;
    case LTR390_GAIN_18: Serial.println(18); break;
  }

  ltr.setResolution(LTR390_RESOLUTION_16BIT);
  Serial.print("Resolution : ");
  switch (ltr.getResolution()) {
    case LTR390_RESOLUTION_13BIT: Serial.println(13); break;
    case LTR390_RESOLUTION_16BIT: Serial.println(16); break;
    case LTR390_RESOLUTION_17BIT: Serial.println(17); break;
    case LTR390_RESOLUTION_18BIT: Serial.println(18); break;
    case LTR390_RESOLUTION_19BIT: Serial.println(19); break;
    case LTR390_RESOLUTION_20BIT: Serial.println(20); break;
  }

  ltr.setThresholds(100, 1000);
  ltr.configInterrupt(true, LTR390_MODE_UVS);
}

void loop() {
  if (ltr.newDataAvailable()) {
    Serial.print("UV data: ");
    Serial.print(ltr.readUVS());
  }

  delay(100);
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C :Βιβλιοθήκη για αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT 11

```
// Example testing sketch for various DHT humidity/temperature sensors
// Written by ladyada, public domain

// REQUIRES the following Arduino libraries:
// - DHT Sensor Library: https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
// - Adafruit Unified Sensor Lib: https://github.com/adafruit/Adafruit\_Sensor

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2 // Digital pin connected to the DHT sensor
// Feather HUZZAH ESP8266 note: use pins 3, 4, 5, 12, 13 or 14 --
// Pin 15 can work but DHT must be disconnected during program upload.

// Uncomment whatever type you're using!
// #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

// Connect pin 1 (on the left) of the sensor to +5V
// NOTE: If using a board with 3.3V logic like an Arduino Due connect pin 1
// to 3.3V instead of 5V!
// Connect pin 2 of the sensor to whatever your DHTPIN is
// Connect pin 3 (on the right) of the sensor to GROUND (if your sensor has 3 pins)
// Connect pin 4 (on the right) of the sensor to GROUND and leave the pin 3
// EMPTY (if your sensor has 4 pins)
// Connect a 10K resistor from pin 2 (data) to pin 1 (power) of the sensor

// Initialize DHT sensor.
// Note that older versions of this library took an optional third parameter to
// tweak the timings for faster processors. This parameter is no longer needed
// as the current DHT reading algorithm adjusts itself to work on faster procs.
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));

  dht.begin();
}

void loop() {
  // Wait a few seconds between measurements.
```

```

delay(2000);

// Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
// Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
float h = dht.readHumidity();
// Read temperature as Celsius (the default)
float t = dht.readTemperature();
// Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
float f = dht.readTemperature(true);

// Check if any reads failed and exit early (to try again).
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
  Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
  return;
}

// Compute heat index in Fahrenheit (the default)
float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
// Compute heat index in Celsius (isFahreheit = false)
float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("%  Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.print(F("°C "));
Serial.print(f);
Serial.print(F("°F  Heat index: "));
Serial.print(hic);
Serial.print(F("°C "));
Serial.print(hif);
Serial.println(F("°F"));
}

```