



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ARDUINO UNO

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

των

Ζορμπά Αχιλλέα, Κωνσταντέλλου Παναγιώτη

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή



Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

(Εγχειρίδιο χρήσης)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΩΝ

Ζορμπά Αχιλλέα, Κωνσταντέλλου Παναγιώτη

Επιβλέπων Καθηγητής: Κωνσταντίνος Ευσταθίου

Copyright © Ζορμπάς Αχιλλέας, Κωνσταντέλλος Παναγιώτης 2020.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστήμιου Δυτικής Αττικής.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Περίληψη | 9 |
| Abstract | 10 |
| 1 Εισαγωγή | 11 |
| 1.1 Μετεωρολογικές μετρήσεις | 11 |
| 1.2 Αντικείμενο διπλωματικής | 12 |
| 2 Μετεωρολογικά Στοιχεία | 13 |
| 2.1 Αυτόνομος Μετεωρολογικός Σταθμός (ΑΜΣ)..... | 13 |
| 2.2 Μετεωρολογικά Φαινόμενα | 13 |
| 2.2.1 Θερμοκρασία | 13 |
| 2.2.2 Ατμοσφαιρική Πίεση..... | 14 |
| 2.2.3 Υγρασία..... | 14 |
| 3 ARDUINO | 15 |
| 3.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ | 15 |
| 3.2 Arduino UNO | 17 |
| 3.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ARDUINO UNO..... | 18 |
| 3.3.1 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... | 18 |
| 3.3.2 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ..... | 18 |
| 3.3.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΙΔΩΝ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR..... | 18 |
| 3.3.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR | 19 |
| 3.3.5 ΧΑΡΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR..... | 20 |
| 3.4 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ARDUINO | 20 |
| 3.4.1 ΔΟΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ARDUINO..... | 20 |
| 3.4.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ AVR | 21 |
| 3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ..... | 21 |
| 3.6 ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ..... | 21 |
| 3.7 PINOUT ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ..... | 22 |
| 3.7.1 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ & POWER PINS..... | 22 |
| 3.8 ΕΙΣΟΔΟΙ/ΕΞΟΔΟΙ(I/O) | 23 |
| 3.8.1 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΑΚΙΔΕΣ(DIGITAL PINS) ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ..... | 24 |
| 3.8.2 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΑΚΙΔΕΣ(ANALOG PINS) ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ..... | 24 |
| 3.9 ΜΝΗΜΕΣ(MEMORIES)..... | 25 |
| 3.9.1 Ημιαγωγικές Μνήμες..... | 25 |
| 3.10 INTERRUPTS(ΔΙΑΚΟΠΕΣ) | 27 |
| 3.10.1 HARDWARE INTERRUPTS..... | 27 |
| 3.10.2 INTERRUPT ΤΟΥ ARDUINO | 27 |
| 3.11 ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ARDUINO | 28 |
| 3.11.1 Η ΕΝΤΟΛΗ serial.begin | 28 |
| 3.11.2 Η ΕΝΤΟΛΗ serial.print..... | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 3.11.3 Η ΕΝΤΟΛΗ <i>serial.println</i> | 29 |
| 3.11.4 Η ΕΝΤΟΛΗ <i>serial.read</i> | 29 |
| 3.11.5 Η ΕΝΤΟΛΗ <i>serial.available</i> | 29 |
| 3.11.6 Ο ΔΙΑΥΛΟΣ I2C..... | 29 |
| 3.11.7 SPI BUS | 30 |
| 4 Λογισμικό Arduino(IDE) | 33 |
| 4.1 Γενικά..... | 33 |
| 4.2 Δημιουργία Sketches..... | 33 |
| 4.3 Βιβλιοθήκες | 37 |
| 4.3.1 Standard Libraries..... | 37 |
| 4.3.2 Only Libraries | 38 |
| 4.3.3 Due Only Libraries..... | 38 |
| 4.3.4 Due, Zero and MKR1000 Library..... | 38 |
| 4.3.5 Zero, MKRZERO and MKR1000 Libraries | 38 |
| 4.3.6 WiFi 101 και MKR1000 Library | 38 |
| 4.3.7 MKRFOX1200 Only Library..... | 38 |
| 4.3.8 Esplora Only Library..... | 38 |
| 4.3.9 Arduino Robot Library..... | 39 |
| 4.3.10 Yun devices Library | 39 |
| 4.3.11 USB Libraries (Leonardo, Micro, Due, Zero, Esplora)..... | 39 |
| 4.3.12 Contributed Libraries | 39 |
| 4.4 Σειριακή Οθόνη | 40 |
| 4.5 Αναφορά στην γλώσσα | 41 |
| 4.5.1 Δομή..... | 41 |
| 4.5.2 Τιμές (Μεταβλητές και Σταθερές) | 43 |
| 4.5.3 Συναρτήσεις..... | 44 |
| 5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ FRITZING | 47 |
| 5.1 Γενικά..... | 47 |
| 5.3 Περιεχόμενα του Fritzing | 48 |
| 5.3.1 Γραμμή Μενού (Menu Bar)..... | 48 |
| 5.3.2 Προθολή του Project (Project View) | 52 |
| 5.3.3 Κάτω Γραμμή (Bottom Bar)..... | 54 |
| 5.3.4 Παλέτα των των Windows (Pallette Windows)..... | 54 |
| 5.3.5 Κομμάτι Δημιουργίας (Part Creator) | 57 |
| 5.3.6 Πληκτρολόγιο και Ποντίκι..... | 58 |
| 6 Raspberry Pi..... | 60 |
| 6.1 Εισαγωγή | 60 |
| 6.2 Εκδόσεις / Γενιές | 60 |
| 6.2.1 Raspberry Pi 1 | 60 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2.2 Raspberry Pi 2 | 62 |
| 6.2.3 Raspberry Pi 3 | 63 |
| 6.2.4 Raspberry Pi 4 | 64 |
| 6.3 Raspberry Pi pineout | 64 |
| 6.4 Λογισμικό | 66 |
| 7 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ | 67 |
| 7.1 Επίπεδο εξόρυξης δεδομένων (Data retrieval layer) | 69 |
| 7.1.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 | 69 |
| 7.1.2 Αισθητήρας υγρασίας Honeywell HIH-4030..... | 71 |
| 7.1.3 Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης bmp180 | 72 |
| 7.1.4 LCD Screen Module. | 73 |
| 7.1.5 Λογικό & τυπωμένο κύκλωμα | 75 |
| 7.1.6 Πηγαίος κώδικας Arduino | 76 |
| 7.1.7 Αποστολή δεδομένων στον Application Server: | 78 |
| 7.2 Επίπεδο εφαρμογής (Application Server layer) | 80 |
| 7.2.1 REST API | 80 |
| 7.2.2 Αποθήκευση δεδομένων (PERSISTANCE) | 80 |
| 7.2.3 Επεκτασιμότητα..... | 83 |
| 7.2.4 Ασφάλεια του συστήματος..... | 84 |
| 7.2.5 Μελλοντικές προσθήκες..... | 84 |
| 7.3 Επίπεδο παρουσίασης (Presentation/UI layer – Web app) | 85 |
| 7.3.1 Η αρχική οθόνη..... | 85 |
| 7.3.2 Η εσωτερική οθόνη..... | 86 |
| 7.3.3 Εύρεση τοποθεσίας | 86 |
| 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 89 |
| 8.1 Βιβλιογραφία..... | 89 |
| 8.2 Πηγές Έρευνας..... | 89 |

Περίληψη

Άνθρωποι κάθε ηλικίας καθημερινά έχουν την ανάγκη να ενημερώνονται σχετικά με τις κλιματολογικές συνθήκες που θα επικρατήσουν τις επόμενες ημέρες. Επίσης υπάρχουν κατηγορίες εργαζομένων που οι καιρικές συνθήκες καθορίζουν αν θα έχουν την δυνατότητα να εργαστούν ή όχι π.χ. ναυτικοί, αγρότες, εργαζόμενοι στις κατασκευές κ.α. Ακριβώς αυτή την ανάγκη καλούμαστε να καλύψουμε με την παρούσα πτυχιακή. Θα έχει την πρόσβαση ο κάθε αναγνώστης στην ιστοσελίδα και να ενημερωθεί για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Λέξεις Κλειδιά: Ενσωματωμένα συστήματα, Arduino, WIRING, Αισθητήρας Θερμοκρασίας, Αισθητήρας Υγρασίας, Αισθητήρας Ατμοσφαιρικής Πίεσης, LCD.

Abstract

People of all ages every day need to be informed about the weather conditions that will prevail in the coming days. There are also groups of workers that the weather conditions will determine whether they have the ability to work or not, for example sailors, farmers, construction workers, etc. Just this we need to cover with this thesis. Every reader has access to the website and learn about the weather conditions.

Keywords: Embedded systems, ARDUINO, WIRING, temperature sensor, humidity sensor, air pressure sensor, LCD.

1 Εισαγωγή

1.1 Μετεωρολογικές μετρήσεις

Για την παρατήρηση των καιρικών φαινομένων έχουν κατασκευαστεί ποικίλα μετεωρολογικά συστήματα τα οποία κυμαίνονται σε ένα ευρύ φάσμα τιμών και δυνατοτήτων, ώστε να απευθύνονται σε κοινό το οποίο αποτελείται από ερασιτέχνες καθώς και επαγγελματίες όπως αγρότες, μετεωρολόγους, αλιείς κτλ. Αυτές οι λύσεις μπορεί να είναι από μια απλή απεικόνιση των δεδομένων, έως πολύπλοκα συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν την καταγραφή και τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη του καιρού. Όμως σε τι θα χρησίμευε ένα σύστημα καταγραφής και πρόβλεψης μετεωρολογικών φαινομένων στον απλό χρήστη; Η αλήθεια είναι ότι στις καθημερινές του ασχολίες, ο σύγχρονος άνθρωπος της πόλης δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τα φαινόμενα του καιρού. Όμως υπάρχουν άνθρωποι οι οποίοι επηρεάζονται άμεσα και σημαντικά από τις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα ο αγρότης, ο οποίος θέλει να γνωρίζει με ακρίβεια τις μεταβολές του καιρού ώστε να προγραμματίζει τις εργασίες του και να προετοιμάζεται κατάλληλα για κάθε αλλαγή των καιρικών φαινομένων. Τα περισσότερα όμως δελτία καιρού, τα οποία μεταδίδονται από τα τηλεοπτικά μέσα, αναφέρονται συνήθως στις αστικές περιοχές όπου και διαμένει το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της χώρας. Στις περιπτώσεις αυτές λοιπόν, όπου οι πληροφορίες οι οποίες δίδονται στους επαγγελματίες είναι λιγοστές και ελλιπείς, την λύση έρχονται να δώσουν οι φορητοί μετεωρολογικοί σταθμοί, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα για την περιοχή που είναι εγκατεστημένοι και εξάγουν μια σχετικά ασφαλή πρόγνωση. Συνήθως, τα μηχανήματα αυτά έχουν υψηλό κόστος, με αποτέλεσμα για ορισμένους χρήστες και σε συνάρτηση πάντα με τα οφέλη τα οποία προκύπτουν από την χρήση τέτοιων σταθμών, να είναι απαγορευτικά. Στον αντίποδα αυτών των συστημάτων, το Arduino αποτελεί ένα χαμηλού κόστους υπολογιστικό σύστημα, με μεγάλο εύρος περιφερειακών συσκευών, εύκολα προγραμματίσιμο και με μεγάλη κοινότητα μελών, οι οποίοι είναι έτοιμοι να παράσχουν κάθε βοήθεια μεταξύ τους. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού ο οποίος θα συλλέγει τα απαραίτητα δεδομένα μέσων των αισθητήρων του και στην συνέχεια με βάση τα δεδομένα αυτά θα αποδίδει μια αξιόπιστη πρόβλεψη για τις επόμενες 12 έως 24 ώρες. Ένα βασικό μειονέκτημα των περισσοτέρων μετεωρολογικών σταθμών είναι ότι απαιτείται η φυσική παρουσία του χρήστη στην τοποθεσία που βρίσκεται εγκατεστημένος ο σταθμός. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται εν μέρη στα ποιο ακριβά μοντέλα τα οποία διαθέτουν ασύρματη μετάδοση των δεδομένων τους. Ο υπό κατασκευή σταθμός θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος δράσης και η πρόσβαση σε αυτόν θα επιτρέπεται με μέσα που διαθέτει ήδη ο χρήστης ώστε να μην απαιτηθεί η κατασκευή ή αγορά του δέκτη, μειώνοντάς με αυτόν τον τρόπο το τελικό κόστος κατασκευής του. Σε αυτήν την περίπτωση η ιδανική λύση που προτείνεται είναι η σύνδεση του σταθμού στο διαδίκτυο, καθώς οι τεχνολογίες του μας επιτρέπουν να εκτελούμε εργασίες οι οποίες μας διευκολύνουν είτε σε επαγγελματικό είτε σε προσωπικό επίπεδο. Με αυτόν τον τρόπο, η προβολή των δεδομένων θα γίνεται μέσω ιστοσελίδας έτσι ώστε με την χρήση ενός προσωπικού υπολογιστή ή ακόμα ενός «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου θα επιτρέπεται η πρόσβαση στα δεδομένα του σταθμού από οποιοδήποτε σημείο και να βρίσκεται ο χρήστης, χωρίς επιπλέον κόστος.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η κατασκευή ενός αυτόνομου μετεωρολογικού σταθμού (ΑΜΣ) με δυνατότητα πρόγνωσης καιρού, κάνοντας χρήση απλοποιημένων μοντέλων μετεωρολογίας. Ο ΑΜΣ θα βασίζει την λειτουργία του στην υπολογιστική πλατφόρμα Arduino, μία πρότυπη τεχνολογία η οποία διαθέτει διαδραστικότητα με το περιβάλλον μέσω των υφιστάμενων αισθητήρων και αποτελεί μια ιδανική λύση για εφαρμογές αυτοματισμού και απλοποιημένης ρομποτικής. Ο μικροελεγκτής θα δέχεται στις εισόδους του, αισθητήρες καταγραφής μετεωρολογικών φαίνομένων οι οποίοι είναι:

αισθητήρας θερμότητας

αισθητήρας υγρασίας

αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης

Οι τιμές των αισθητήρων θα καταγράφονται σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα που έχουν καθοριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (World Meteorological Organization - WMO).

2 Μετεωρολογικά Στοιχεία

2.1 Αυτόνομος Μετεωρολογικός Σταθμός (ΑΜΣ)

Αυτόνομος μετεωρολογικός σταθμός (ΑΜΣ)¹ ορίζεται ένας μετεωρολογικός σταθμός στον οποίο γίνονται λήψεις μετεωρολογικών δεδομένων με αυτοματοποιημένη διαδικασία και στην συνέχεια τοπικά ή σε κεντρικές μονάδες όπου αποστέλλονται, γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων τους. Στους ΑΜΣ, οι μετρήσεις των οργάνων λαμβάνονται από μια κεντρική μονάδα δεδομένων, στην περίπτωση μας από το Arduino. Ο αυτόνομος σταθμός καιρού μπορεί να αποτελούν μέρος ενός δικτύου συνολικής καταγραφής, ονομάζονται δε συνήθως «Αυτοματοποιημένο Σύστημα Παρατήρησης Καιρικών Συνθηκών» (Automated Weather Observing System - AWOS) ή «Αυτοματοποιημένο Σύστημα Παρατήρησης Επιφάνειας» (Automatic System Observation Surface - ASOS). Όμως η ευρεία χρήση αναφοράς σε ένα τέτοιο σύστημα είναι ΑΜΣ, αν και ο όρος "σταθμός" δεν ανταποκρίνεται πλήρως σε αυτόν τον ορισμό. Παρ' όλα αυτά, στην παρούσα εργασία η αναφορά στον όρο ΑΜΣ θα εννοεί ένα τέτοιο σύστημα.

2.2 Μετεωρολογικά Φαινόμενα

Καιρός ονομάζεται το σύνολο των μετεωρολογικών φαινομένων που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα της Γης σε καθορισμένο τόπο και χρόνο. Τέτοια φαινόμενα είναι η Θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, οι κινήσεις των ανέμων, η παρουσία νεφών κλπ. Ο καιρός προσδιορίζεται για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και η πρόγνωση του βασίζεται στα αποτελέσματα των παρατηρήσεων του. Στην πραγματικότητα είναι μια συνάρτηση στην οποία εισάγονται μετεωρολογικά δεδομένα, ο τόπος, ο χρόνος κλπ. και με βάση τις καταγραφές και παρατηρήσεις που έχουν γίνει, εξάγεται ένα αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί την πρόγνωση του καιρού και η ακρίβεια του εξαρτάται από το μετεωρολογικό μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί. Με την εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων τα οποία πλέον εκτελούν τρισεκατομμύρια πράξεις ανά δευτερόλεπτο και τους δορυφόρους από τους οποίους μπορούμε να παρατηρούμε τα μετεωρολογικά φαινόμενα με μεγαλύτερη ακρίβεια και για μεγαλύτερο γεωγραφικό εύρος, τα μοντέλα αυτά έχουν εξελιχθεί και εξάγουν ασφαλέστερα και πιο μακροπρόθεσμα αποτελέσματα².

2.2.1 Θερμοκρασία

Θερμοκρασία ατμόσφαιρας ονομάζεται η θερμοκρασία την οποία έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από μια περιοχή. Η πρόγνωση του καιρού σε μια περιοχή βασίζεται κυρίως στη γνώση της εκάστοτε ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της υπ' όψιν περιοχής και των γύρω αυτής εκτάσεων. Συνεπώς η αναφορά της θερμοκρασίας σχετίζεται πάντα με κάποια περιοχή, είτε μικρή, είτε μεγάλη, στην περίπτωση μας δε στην περιοχή εμβέλειας του σταθμού. Η αναφορά σε παγκόσμια κλίμακα, ανάγεται σε αντικείμενο άλλης επιστήμης³. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μετριέται με τα θερμόμετρα και υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης, με συνηθισμένες κλίμακες τις Κελσίου (Celsius, σύμβολο $^{\circ}\text{C}$), Κέλβιν (Kelvin, σύμβολο K) και Φαρενάιτ (Fahrenheit, σύμβολο $^{\circ}\text{F}$). Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η κλίμακα Κελσίου και ορίζεται ως «Το σημείο βρασμού του νερού είναι στους $100\ ^{\circ}\text{C}$ και το σημείο παγιοποίησης του, στους $0\ ^{\circ}\text{C}$ ».

2.2.2 Ατμοσφαιρική Πίεση

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι ένα από τα πιο σημαντικά μετεωρολογικά στοιχεία, γιατί οι καιρικές καταστάσεις και οι μεταβολές τους συνδέονται άμεσα μαζί της⁴. Για τον λόγο αυτό, το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση του ΑΜΣ βασίζεται κυρίως στις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Ατμοσφαιρική πίεση ή «Βαρομετρική πίεση» ονομάζεται η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα, με το βάρος της, στην επιφάνεια της Γης. Στην επιφάνεια της Γης η ατμοσφαιρική πίεση ισούται κατά μέσον όρο με το βάρος στήλης ύδατος ύψους 11 μ.(m) περίπου, ή 1 εκατομμύριοδύνες ανά cm². Στην μετεωρολογία 1000 δύνες/cm² αντιστοιχούν σε ένα χιλιοστόμετρο (milibar). Κατά μέσο όρο στην επιφάνεια της γης η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1000 milibar. Με απόφαση του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) καθιερώθηκε ως μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης το Εκτοπασκάλ (1 hPa) το οποίο η αντιστοιχία είναι 1 hPa=1 milibar^{5,6}. Η πίεση μειώνεται ανάλογα με υψόμετρο. Για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις που γίνονται σε ύψος μεγαλύτερο από αυτό της επιφάνειας της θάλασσας, πρέπει να τροποποιηθούν ώστε να αντιστοιχούν σε μηδενικό ύψος. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ως αναγωγή στην επιφάνεια της θάλασσας.

2.2.3 Υγρασία

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει υδρατμούς με διαφορετική ποσότητα από τόπο σε τόπο και από ώρα σε ώρα. Ο αέρας όμως δεν είναι δυνατόν να περιέχει απεριόριστη ποσότητα υδρατμών, αλλά για κάθε θερμοκρασία υπάρχει μια μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών. Όταν ο αέρας περιέχει τη μέγιστη τέτοια ποσότητα ονομάζεται κορεσμένος. Όσο ψυχρότερος είναι ο αέρας τόσο μικρότερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει. Αν λοιπόν μια μάζα υγρού και θερμού αέρα ψυχθεί θα φτάσει σε μια θερμοκρασία όπου δεν είναι δυνατόν πλέον να συγκρατήσει άλλους τους υδρατμούς από τους οποίους περιέχει. Οι υδρατμοί που περισσεύουν θα συμπυκνωθούν ως σταγονίδια πάνω στα αιωρούμενα μικροσωματίδια και θα δημιουργήσουν το νέφος. Αν δε, συμπυκνωθούν πάνω σε ψύχρα αντικείμενα θα δημιουργήσουν τη δρόσο. Η θερμοκρασία στην οποία ο ακόρεστος αέρας καθώς ψύχεται φτάνει στο κορεσμό, ονομάζεται σημείο δρόσου. Η υγρασία παίζει σημαντικό ρόλο στην μορφή του κλίματος, τη βλάστηση και τη ζωή ενός τόπου. Μετράμε την υγρασία με τα υγρόμετρα, τα οποία δείχνουν πόσους υδρατμούς περιέχει η ατμόσφαιρα επί της εκατό (%) (όπου 100 θεωρούνται οι υδρατμοί οι οποίοι θα περιέχονταν για την ιδία θερμοκρασία αν είχαμε κορεσμό).

3 ARDUINO

3.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

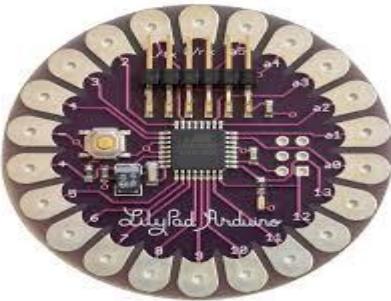
ο Arduino αποτελεί μια υπολογιστική πλατφόρμα βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, η οποία κατασκευάζεται για να παρέχει περισσότερο έλεγχο του «πραγματικού κόσμου» απ' ότι ο προσωπικός υπολογιστής. Η πλατφόρμα του Arduino χρησιμοποιείται για να για την ανάπτυξη δια δραστικών αντικειμένων, περνώντας δεδομένα εισόδου από διακόπτες, αισθητήρες κ.α., εξάγοντας έπειτα από επεξεργασία αποτελέσματα, τα οποία είτε μπορεί να τα στείλει σε διάφορες μονάδες εξόδου (πχ. Μια LCD οθόνη ή να ανάψει ένα led λαμπτήρα) ή να κινήσει κάποιον μότορα.

Βασικά Πλεονεκτήματα πλατφόρμας Arduino:

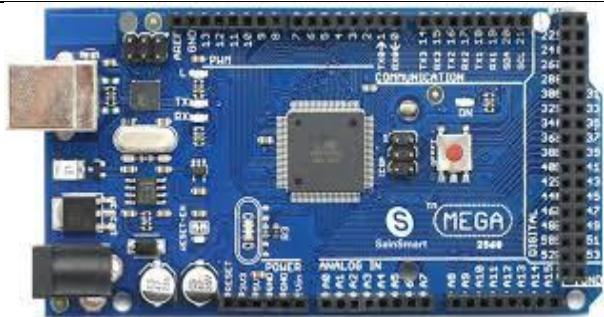
- Οικονομική: Η πλατφόρμα Arduino αποτελεί οικονομική λύση διότι είναι φθηνότερη. Επιπλέον, είναι αρχιτεκτονικά ανοιχτή και μπορεί ο οποιοσδήποτε να την αναπτύξει από μόνος του.
- Μεταφέρσιμη: Σε σχέση με τις υπάρχουσες πλατφόρμας στο εμπόριο η πλατφόρμα Arduino παρέχει πλήρη μεταφερσιμότητα με αποτέλεσμα να μπορεί να προγραμματιστεί στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα.
- Επεκτάσιμη: Το υλικό και το λογισμικό της πλατφόρμας Arduino είναι ανοιχτά και ελεύθερα για όλους. Καθημερινά, χιλιάδες υποστηρικτές του ελεύθερου λογισμικού αναπτύσσουν διάφορες βιβλιοθήκες για την υποστήριξη της πλατφόρμας. Παράλληλα, τόσο η αρχιτεκτονική όσο και το υλικό της πλατφόρμας εξελίσσονται συνεχώς.

Τα μοντέλα Arduino που κυκλοφορούν στην αγορά, παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Στην διπλωματική εργασία, επιλέχθηκε το μοντέλο Arduino UNO μιας και καλύπτει όλες τις ανάγκες της εργασίας καθώς τα pins που διαθέτει επαρκούν για όλες τις λειτουργίες.

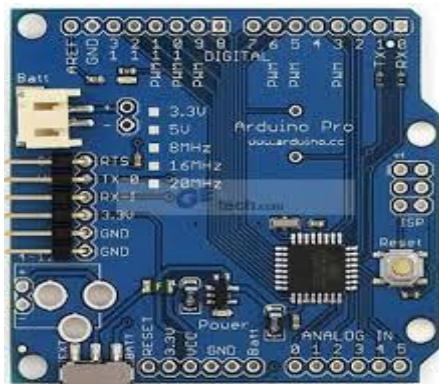
| | |
|---|--|
| ARDUINO UNO | ARDUINO LEONARDO |
|  |  |
| ARDUINO LILYPAD | ARDUINO MEGA 2560 |



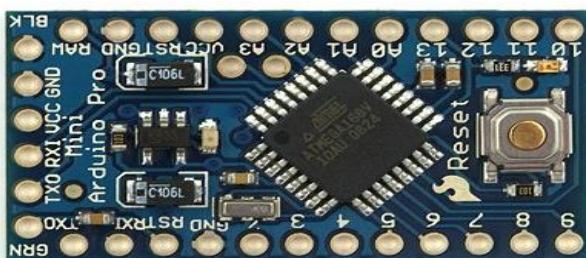
ARDUINO MEGA ADK



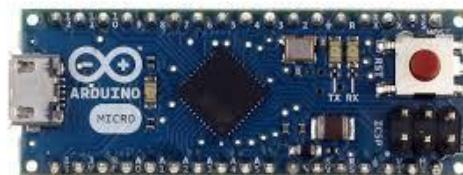
ARDUINO PRO



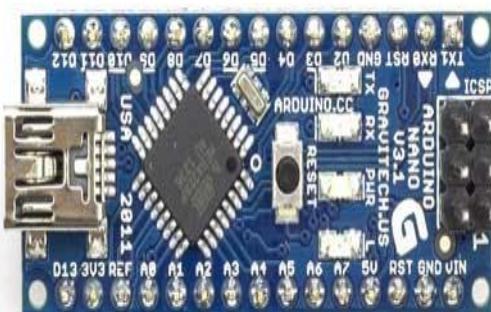
ARDUINO PRO MINI



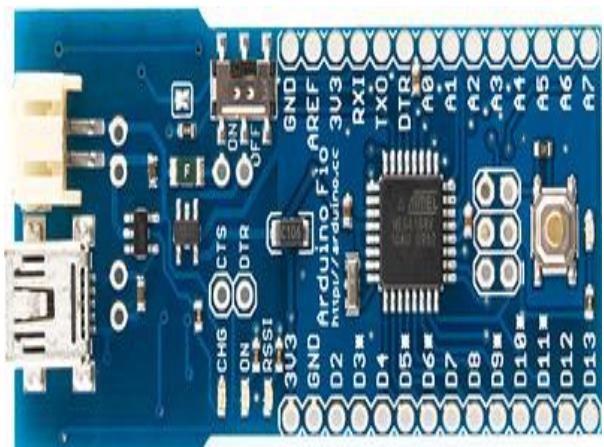
ARDUINO MICRO



ARDUINO NANO



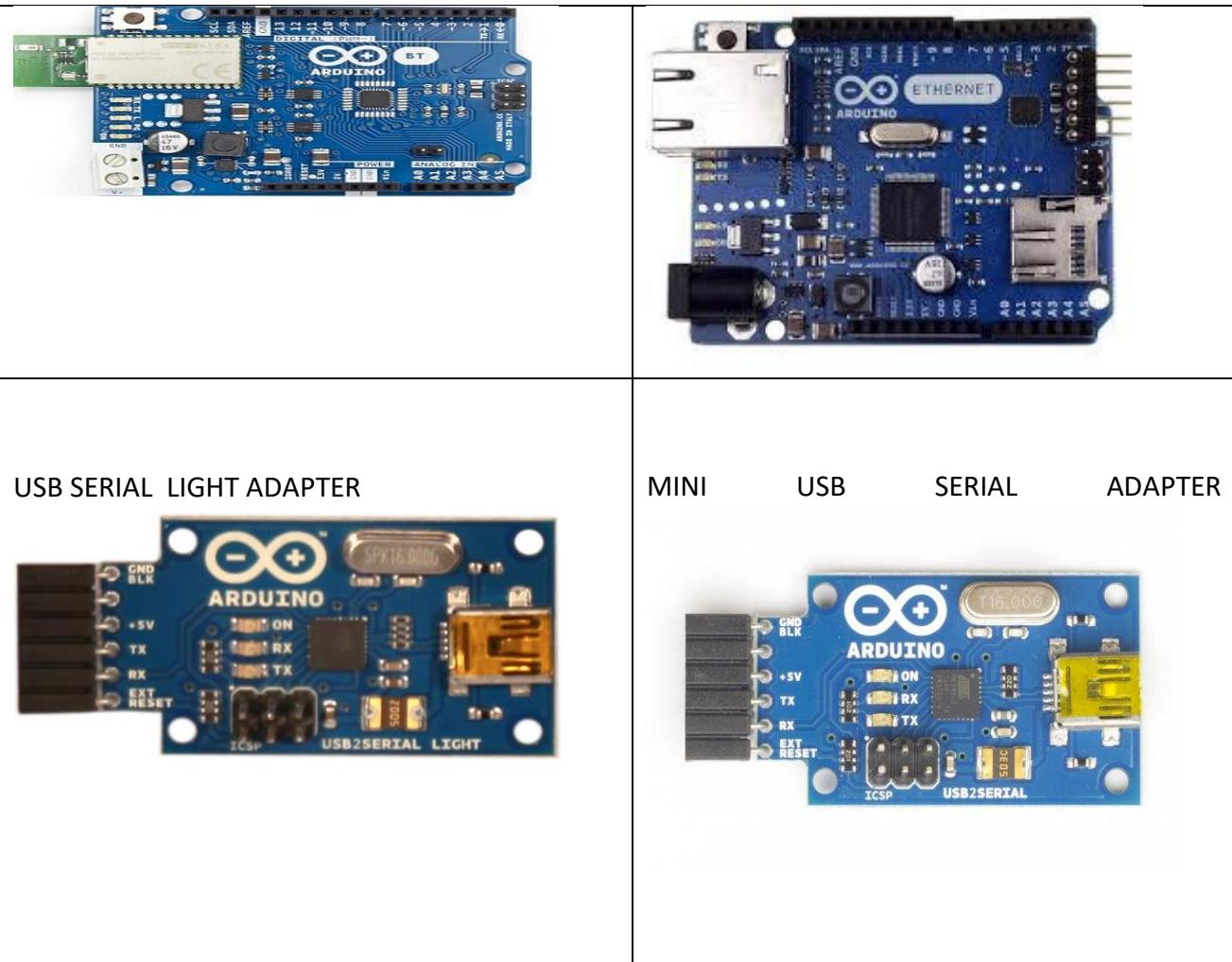
ARDUINO FIO



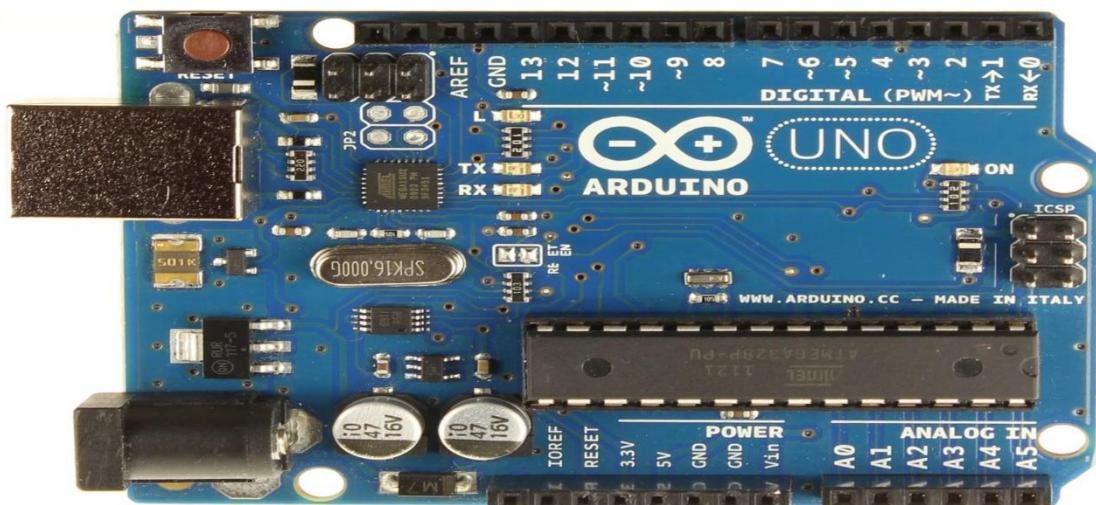
ARDUINO BT

ARDUINO ETHERNET

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO



3.2 Arduino UNO



To Arduino είναι μια πλακέτα βασισμένη στον AT mega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή AVR, ο οποίος χρονίζει στα 16MHz. Η πλακέτα του Arduino UNO περιλαμβάνει, έναν γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες εκδόσεις). Ο μικροελεγκτής του Arduino είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, ο οποίος απλοποιεί την διαδικασία προγραμματισμού της υπολογιστικής πλατφόρμας, επιτρέποντας τον προγραμματισμό

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

του μέσω οποιουδήποτε προσωπικού υπολογιστή, σε αντίθεση με άλλες πλακέτες που χρειάζονται εξωτερικό προγραμματιστή. Επίσης το Arduino UNO αποτελείται από ένα USB interface, έξι αναλογικές εισόδους/εξόδους και δεκατέσσερις ψηφιακές εισόδους/εξόδους.

To Arduino επιγραμματικά ενσωματώνει:

| Microcontroller | ATmega328 |
|------------------------------------|--|
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |

3.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ARDUINO UNO

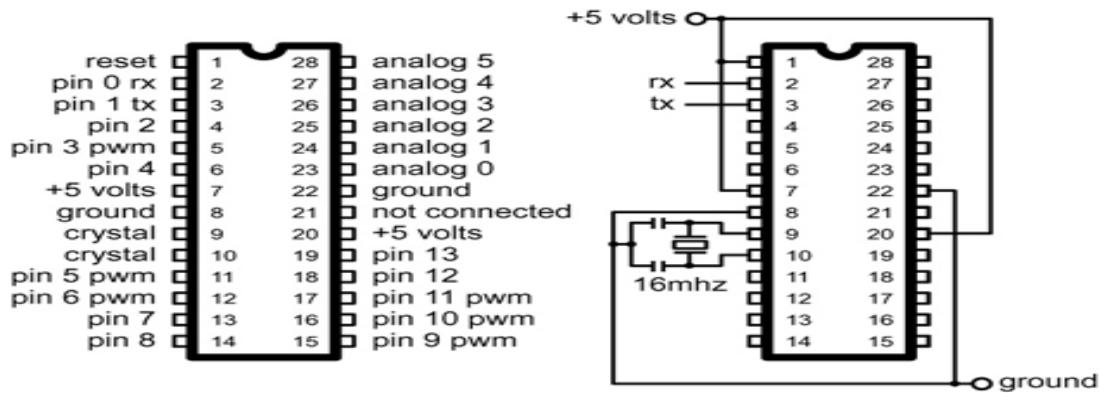
3.3.1 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ενσωματωμένο σύστημα (embedded system) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα σχεδιασμένο να εκτελεί μία ή περισσότερες εξειδικευμένες λειτουργίες συχνά με περιορισμούς πραγματικού χρόνου. Το ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα είναι εξάρτημα μιας αυτόνομης συσκευής που περιλαμβάνει και άλλα κυκλώματα και μηχανικά μέρη. Αντίθετα, ένα υπολογιστικό σύστημα γενικού σκοπού, σχεδιάζεται ώστε να είναι ευέλικτο και να καλύπτει μια ευρεία περιοχή αναγκών των τελικών χρηστών. Τα ενσωματωμένα υπολογιστικά συστήματα περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες μονάδες επεξεργασίας που ανάλογα είναι μικροελεγκτές ή επεξεργαστές ψηφιακών σημάτων.

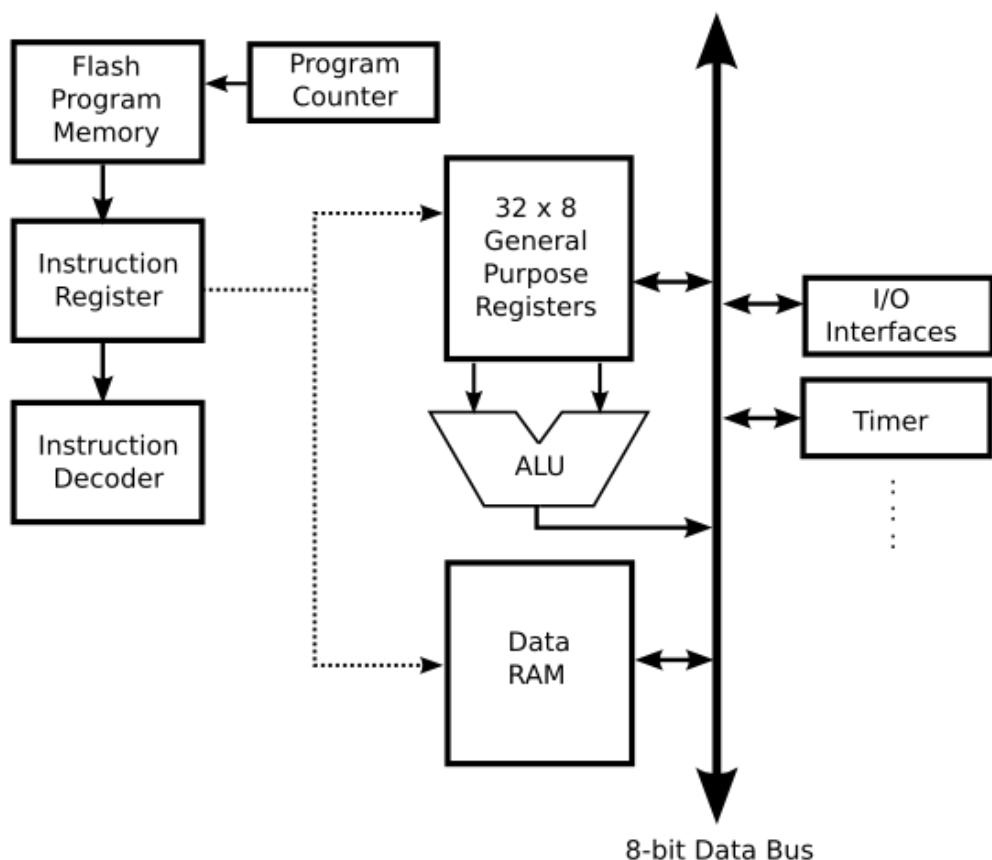
3.3.2 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Ένας μικροελεγκτής (ή MCU, μικρή για μονάδα μικροελεγκτή) είναι ένα μικρός υπολογιστής σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα (SoC) που περιέχει επεξεργαστή, τη μνήμη και προγραμματιζόμενη εισόδου / εξόδου. Οι μικροελεγκτές έχουν σχεδιαστεί για ενσωματωμένες εφαρμογές, σε αντίθεση με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται σε προσωπικούς υπολογιστές ή άλλες εφαρμογές γενικής χρήσης.

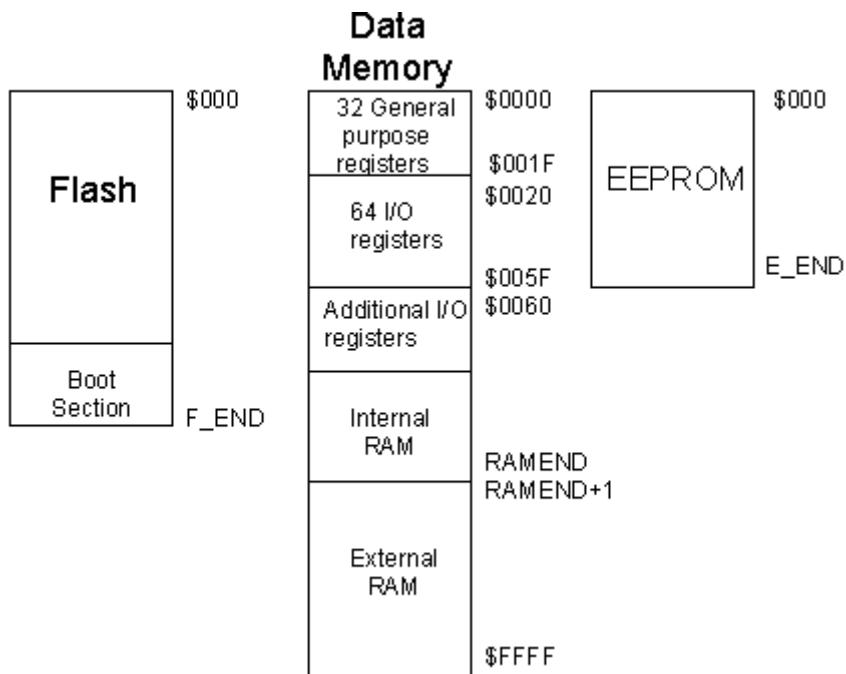
3.3.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΙΔΩΝ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR



3.3.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR

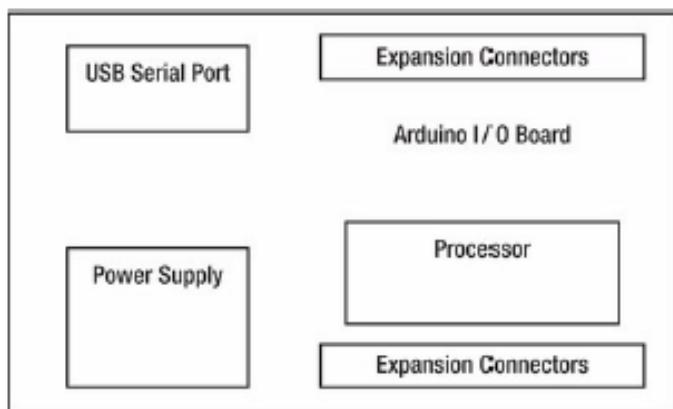


3.3.5 ΧΑΡΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ AVR

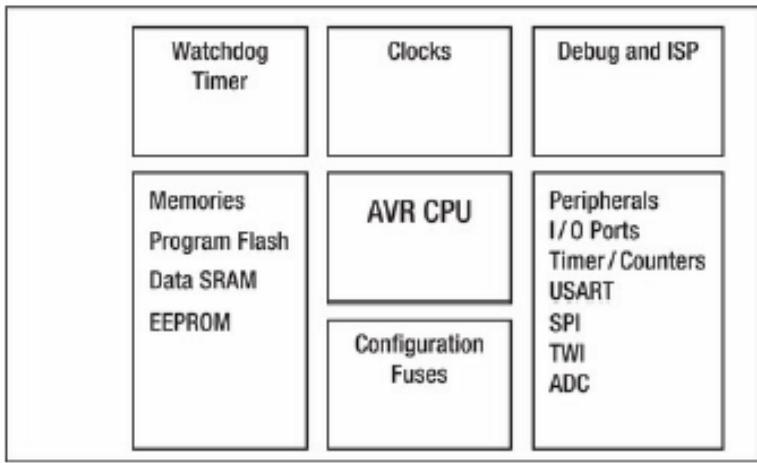


3.4 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ARDUINO

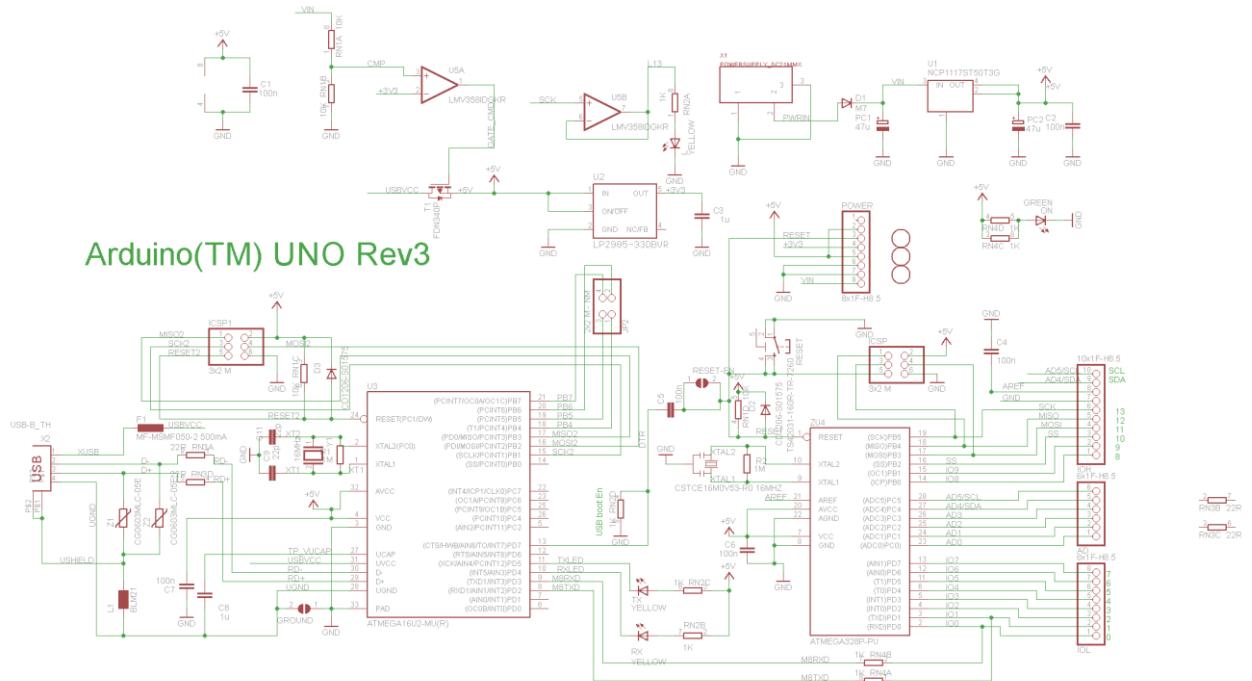
3.4.1 ΔΟΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ARDUINO



3.4.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ AVR

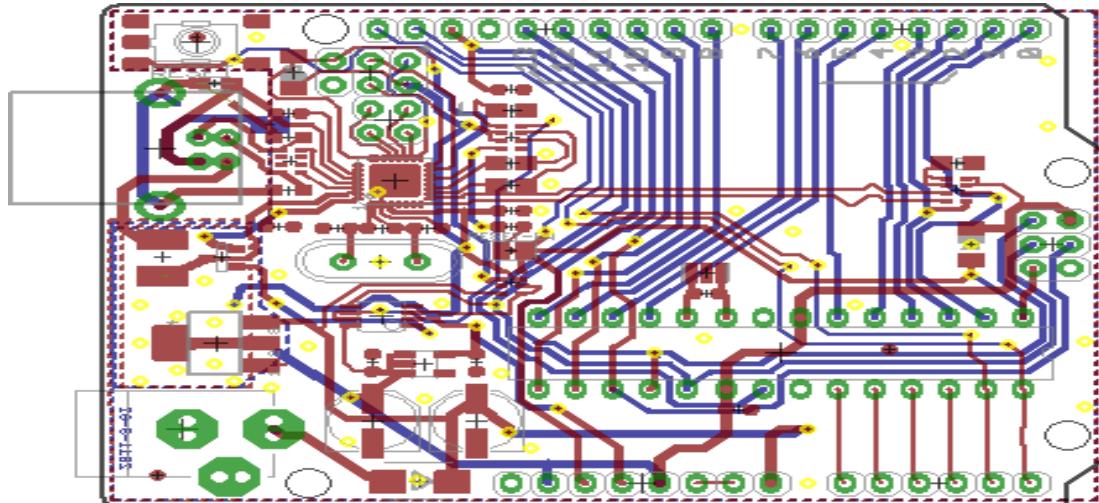


3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

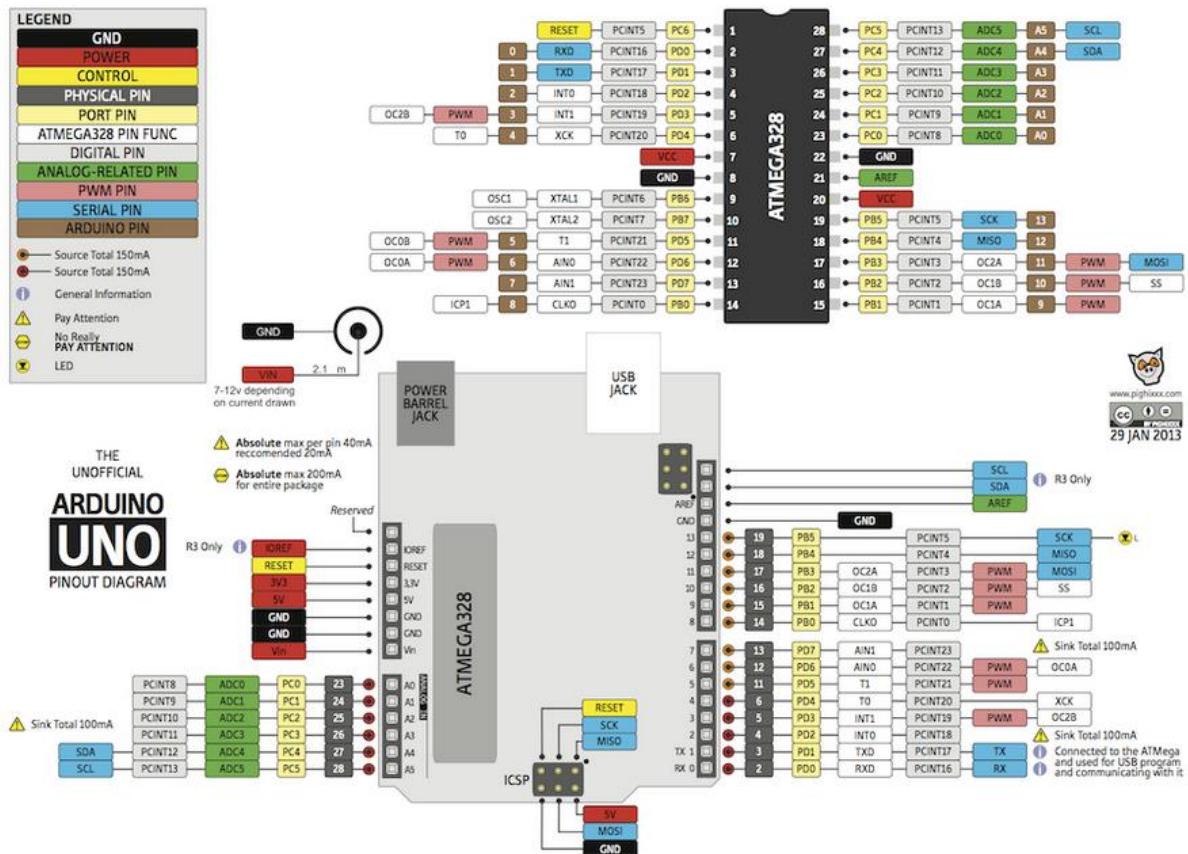


3.6 ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Τα σύγχρονα τυπωμένα κυκλώματα (*Printed Circuit Boards* ή *PCB*) είναι τμήματα fiberglass πάνω στα οποία έχουν δημιουργηθεί συνδέσεις από επιχρυσωμένο χαλκό. Στην συνέχεια φαίνεται τμήμα τυπωμένου κυκλώματος στο οποίο έχει επικολληθεί ολοκληρωμένο κύκλωμα με την τεχνολογία SMT (Surface Mount Technology).



3.7 PINOUT ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



3.7.1 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ & POWER PINS

Το Arduino UNO μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε μέσω της USB διασύνδεσης του, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φις των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο). Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Δίπλα από τα pin αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής:

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

- **VIN:** Αυτό το pin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino. Αν όμως το Arduino τροφοδοτείται ήδη από εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φις, τότε αυτό το pin μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει εξαρτήματα με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας, πριν αυτή περάσει από τον γραμμικό ρυθμιστή τάσης.
- **5V:** Αυτό το pin δίνει ως έξοδο τάση 5V για την τροφοδοσία περιφερειακών εξαρτημάτων.
- **3.3V:** Αυτό το pin δίνει ως έξοδο τάση 3.3V και μέγιστο ρεύμα 50mA για την τροφοδοσία περιφερειακών εξαρτημάτων.
- **GND (x2):** Pins για γείωση.
- **IOREF:** Το συγκεκριμένο pin δίνει την τάση λειτουργίας του μικροελεγκτή και χρησιμοποιείται κυρίως από τα διάφορα shields, ώστε να αναγνωρίζεται από αυτά εάν αυτό το κύκλωμα δουλεύει με 5 ή 3.3 Volt.
- **RESET:** Το συγκεκριμένο pin χρησιμοποιείται από shields ως επιπλέον κουμπί για reset

3.8 ΕΙΣΟΔΟΙ/ΕΞΟΔΟΙ(I/O)

Κάθε ένα από τα 14 συνολικά pins του Arduino UNO μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι και έξοδοι κάνοντας χρήση των συναρτήσεων **pinMode()**, **digitalWrite()** και **digitalRead()**. Λειτουργούν στα 5V και μπορούν να δώσουν μέχρι 40mA.

Επιπλέον κάποια από αυτά τα pins έχουν ειδικές λειτουργίες:

Serial RX & TX: Τα pins αυτά χρησιμοποιούνται για την αποστολή (TX) και την λήψη (RX) δεδομένων μέσω της TTL σειριακής θύρας.

External Interrupts 2 & 3: Τα pins αυτά χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση εξωτερικών διακοπών κάνοντας χρήση της συνάρτησης attachInterrupt().

PWM 3,5,6,10,11: Τα pins αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι παλμών (8-bit PWM) με χρήση της συνάρτησης analogWrite().

SPI 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK): Τα pins αυτά επιτυγχάνουν την επικοινωνία μέσω SPI κάνοντας χρήση της SPI βιβλιοθήκης.

LED 13: Υπάρχει ενσωματωμένο LED στο pin 13. Όταν υπάρχει λογικό 1 (HIGH) τότε το led ανάβει ενώ όταν υπάρχει λογικό 0 (LOW) το led είναι σβηστό

Το Arduino UNO έχει 6 αναλογικές εισόδους οι οποίες διακρίνονται από A0 έως A5, κάθε μία από αυτές μπορούν να πάρουν 1024 διακριτές τιμές (10bits). Από προεπιλογή μπορούν να δώσουν τιμές από 0V (GND) μέχρι 5V. Τα όρια των αναλογικών pins μπορούν να αλλάξουν με χρήση του AREF pin και της συνάρτησης AnalogReference().

Κάποια από αυτά τα pins έχουν ειδικές λειτουργίες:

TWI A4 or SDA pin and A5 or SCL pin: Χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση TWI επικοινωνίας κάνοντας χρήση της βιβλιοθήκης wire.

Τέλος υπάρχουν μερικά επιπλέον pins.

AREF: Τάσης αναφοράς για τις αναλογικές εισόδους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την συνάρτηση analogReference().

RESET: Δίνοντας λογικό 0 (LOW) σε αυτό το pin γίνεται εξωτερικό RESET του μικροελεγκτή. Κυρίως χρησιμοποιείται από shields τα οποία μπλοκάρουν το εσωτερικό RESET της πλακέτας.

3.8.1 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΑΚΙΔΕΣ(DIGITAL PINS) ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

- Η συνάρτηση **pinMode()** : Διαμορφώνει το καθορισμένο ψηφιακό pin του Arduino να συμπεριφέρονται είτε ως εισόδου ή εξόδου..

`pinMode(pin, mode)`

pin: ο αριθμός του pin του οποίου τη λειτουργία θέλουμε να ρυθμίσουμε

mode: INPUT, OUTPUT, or INPUT_PULLUP.

Υπάρχουν 20K pullup αντιστάσεις ενσωματωμένες στο τσιπ ATmega που μπορούν να προσπελαστούν από το λογισμικό. Αυτές οι ενσωματωμένες αντιστάσεις pullup μπορούν να προσεγγιστούν από τη ρύθμιση του pinMode () όπως INPUT_PULLUP.

Τα pins που έχουν διαμορφωθεί ως έξοδοι με pinMode () λέγεται ότι είναι σε μια κατάσταση χαμηλής αντίστασης. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να προσφέρουν ένα σημαντικό ποσό του ρεύματος σε άλλα κυκλώματα. ATmega pin μπορούν να προμηθεύονται (παρέχει θετικό ρεύμα) ή βυθίζονται (παροχή αρνητικού ρεύμα) έως 40 mA (milliamps) του ρεύματος σε άλλες συσκευές / κυκλώματα. Αυτό είναι αρκετό ρεύμα για να λαμπρά ανάβει ένα LED (μην ξεχνάτε την αντίσταση σειράς), για παράδειγμα, αλλά δεν είναι αρκετό ρεύμα για να τρέξει πιο ρελέ, πηνία ή κινητήρες.

- Η συνάρτηση **digitalWrite()** γράφει μια υψηλή ή χαμηλή τιμή για ένα ψηφιακό pin. Αν το pin έχει διαμορφωθεί ως μια έξοδος με pinMode (), η τάση θα είναι ίσο με την αντίστοιχη τιμή: 5V (ή 3.3V σε πίνακες 3.3V) για την υψηλή, 0V (έδαφος) για LOW.
- Η συνάρτηση **digitalRead()** διαβάζει την τιμή από ένα συγκεκριμένο ψηφιακό pin, είτε υψηλή ή χαμηλή.

`digitalRead(pin)`

pin: ο αριθμός του ψηφιακού pin που θέλετε να διαβάσετε (int)

- Η συνάρτηση **delay(ms)** παύση του προγράμματος για το χρονικό διάστημα (σε χιλιοστά του δευτερολέπτου) που ορίζεται ως παράμετρος. (Υπάρχουν 1.000 χιλιοστά του δευτερολέπτου σε ένα λεπτό).

3.8.2 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΑΚΙΔΕΣ(ANALOG PINS) ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

Οι ελεγκτές Atmega που χρησιμοποιούνται για την πλατφόρμα Arduino περιέχουν έναν ενσωματωμένο αναλογικό-σε-ψηφιακό μετατροπέα 6 καναλιών. Ο μετατροπέας διαθέτει ανάλυση 10 bit, επιστρέφοντας ακέραιους από 0 έως 1023. Ενώ η κύρια λειτουργία της αναλογικής ακίδας για τους περισσότερους χρήστες Arduino είναι να διαβάζει αναλογικούς αισθητήρες, οι αναλογικές ακίδες έχουν επίσης όλες τις λειτουργίες των γενικών ακίδων εισόδου/εξόδου. Οι συναρτήσεις αναλογικής εισόδου και εξόδου είναι οι παρακάτω:

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

- **analogWrite():** Γράφει μια αναλογική τιμή (PWM κύμα) σε μια ακίδα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα να ανάψει ένα LED σε διάφορες φωτεινότητες ή να οδηγήσει ένα κινητήρα σε διάφορες ταχύτητες. Μετά από μια κλήση της analogWrite(), η ακίδα θα δημιουργήσει ένα σταθερό τετραγωνικό κύμα του καθορισμένου κύκλου λειτουργίας μέχρι την επόμενη κλήση της analogWrite() (ή μια κλήση της digitalWrite() ή digitalRead() για την ίδια ακίδα). Η συχνότητα του σήματος PWM είναι περίπου 490 Hz. Στις περισσότερες πλατφόρμες Arduino η συνάρτηση αυτή λειτουργεί στις ακίδες 3, 5, 6, 9, 10, 11. Σύνταξη: analogWrite(pin, value) Παράμετροι: pin: Ο αριθμός της ακίδας της οποίας θα γράψει επάνω value: ο κύκλος λειτουργίας μεταξύ 0 και 255
- **analogRead():** Διαβάζει την τιμή από την καθορισμένη αναλογική ακίδα. Σύνταξη: analogRead(pin) Παράμετροι: pin: Ο αριθμός της αναλογικής ακίδας εισόδου από όπου θα διαβάζει Επιστέφει: ακέραιο από 0 έως 1023

3.9 ΜΝΗΜΕΣ(MEMORIES)

3.9.1 Ημιαγωγικές Μνήμες

Οι ημιαγωγικές μνήμες είναι δισδιάστατες διατάξεις αποθήκευσης δυαδικών ψηφίων (0 ή 1). Οι μνήμες αυτές κατασκευάζονται υπό μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Διακρίνονται σε μνήμες ανάγνωσης/εγγραφής που έχει επικρατήσει να ονομάζονται RAM (Random Access Memories) και μνήμες μόνο για ανάγνωση που ονομάζονται ROM (Read Only Memories). Οι ημιαγωγικές μνήμες έχουν γραμμές διευθύνσεων, γραμμές δεδομένων και γραμμές ελέγχου λειτουργίας.

3.9.1.1 SRAM

Οι static RAM (SRAM) είναι τύπος ημιαγωγικών μνημάτων τυχαίας προσπέλασης, ανάγνωσης/εγγραφής των οποίων τα κύτταρα αποθήκευσης των 0, 1 διατηρούν το περιεχόμενό τους όσο αυτές τροφοδοτούνται με ηλεκτρική τάση. Ονομάζονται static για να διακρίνονται από τις dynamic RAM από το γεγονός ότι δεν χρειάζονται περιοδική ανανέωση του περιεχομένου τους. Σαν κύτταρα αποθήκευσης των 0, 1 χρησιμοποιούν κυκλώματα που λειτουργούν όπως τα flip-flop (bistable latching circuits).

1.1.1.1 ROM

Οι ROM (Read Only Memories) είναι τύπος ημιαγωγικών μνημάτων των οποίων τα δεδομένα δεν χάνονται εάν διακοπεί η τροφοδοσία τους με τάση. Η εγγραφή δεδομένων στις ROM γίνεται ανάλογα με τον τύπο τους. Οι τύποι των ROM είναι οι εξής:

- **Mask Programmed ROM.** Τα δεδομένα εγγράφονται σε αυτές κατά την διαδικασία κατασκευής του chip.
- **PROM (Programmable ROM).** Κατηγορία ROM στην οποία μπορούν να εγγραφούν δεδομένα μόνο μία φορά. Για να ενγραφούν δεδομένα σε μία PROM χρειάζεται μία ειδική συσκευή που λέγεται PROM programmer or PROM burner.
- **EPROM (Erasable PROM).** Ειδικός τύπος ROM ή οποία μπορεί να σβήσει με την έκθεσή της σε υπεριώδες (ultraviolet) φως. Αφού σβήσει μπορεί να προγραμματισθεί ξανά.

- **EEPROM (Electrically Erasable PROM).** Παρόμοια με την EPROM, αλλά τα περιεχόμενά της σβήνονται ηλεκτρικά. Η διαγραφή και η εγγραφή δεδομένων γίνεται ανά byte.
- **Flash Memory ή Flash EEPROM.** Τύπος ημιαγωγικής μνήμης που σβήνει και επανεγγράφεται πολύ γρήγορα (flash). Διακρίνονται σε τεχνολογίας NAND και τεχνολογίας NOR.

1.1.1.2 ΟΙ ΜΝΗΜΕΣ ΤΟΥ ARDUINO UNO

Ο μικροελεγκτής AT mega 328 έχει συνολική μνήμη 32KB εκ των οποίων τα 0.5KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader. Διαθέτει ακόμη 2KB SRAM και 1KB EEPROM μνήμη, η οποία μπορεί να γραφτεί και να διαβαστεί μέσω της αντίστοιχης βιβλιοθήκης (EEPROM library). Η Flash (PROGMEM) μνήμη μπορεί να συμπληρωθεί μόνο στην αρχή στο πρόγραμμα. Δεν μπορείτε να αλλάξετε τις τιμές αφού το πρόγραμμα έχει ξεκινήσει . Τα ποσά της μνήμης για τον μικροελεγκτή AT mega 328 που χρησιμοποιείται έχει ως εξής:

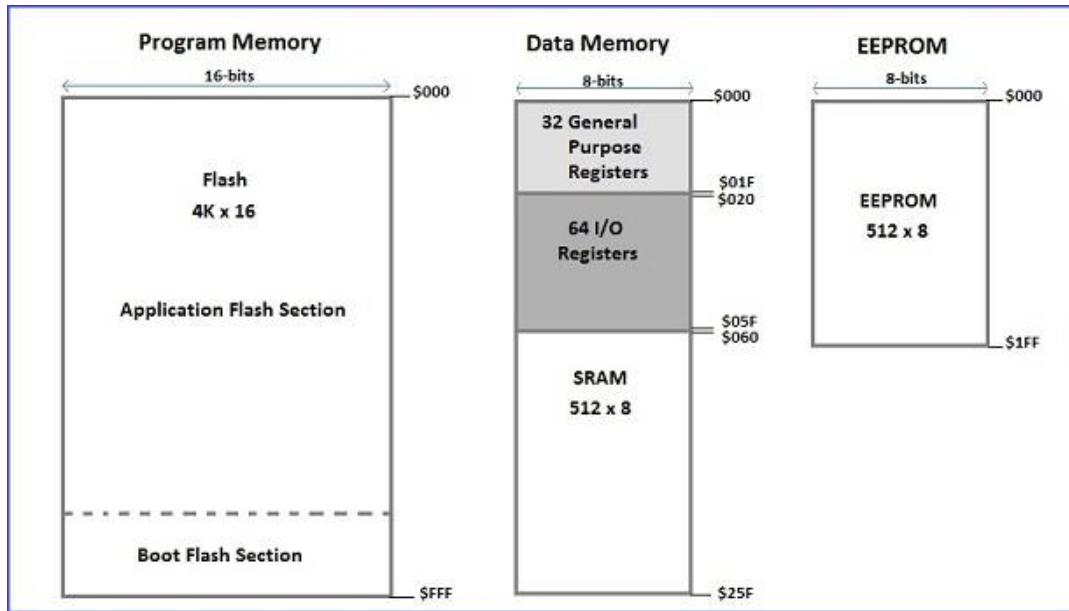
| | ATMega328P |
|---|------------|
| Flash (1 Kbyte used for bootloader) | 32 KBytes |
| SRAM | 2048 bytes |
| EEPROM | 1024 bytes |

Η εντολή **PROGMEM**. Αποθηκεύστε τα δεδομένα στο flash (πρόγραμμα) μνήμη αντί στη SRAM. Υπάρχει μια περιγραφή των διαφόρων τύπων της διαθέσιμης μνήμης σε μια πλακέτα Arduino. Η λέξη-κλειδί PROGMEM είναι μια μεταβλητή τροποποιητή, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο με τους τύπους δεδομένων που ορίζονται στο pgmspace.h. Λέει ο compiler «βάλει αυτές τις πληροφορίες στη μνήμη flash», αντί σε SRAM, όπου κανονικά θα πάει.

PROGMEM είναι μέρος της βιβλιοθήκης pgmspace.h. Έτσι, θα πρέπει πρώτα να περιλαμβάνει τη βιβλιοθήκη στην κορυφή σκίτσου σας, όπως αυτό:

```
#include <avr / pgmspace.h>
```

1.1.1.3 Ο ΧΑΡΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ARDUINO UNO



1.1.1.4 Ο BOOTLOADER

Οι μικροελεγκτές συνήθως προγραμματίζονται μέσω ενός προγραμματιστή, εκτός αν έχει ένα κομμάτι του firmware στο μικροελεγκτή, που επιτρέπει την εγκατάσταση του νέου firmware χρησιμοποιώντας έναν εξωτερικό προγραμματιστή. Αυτό το firmware ονομάζεται bootloader.

Αν θέλουμε να χρησιμοποιήσει το πλήρες χώρο του πρόγραμμα (flash) του τσιπ ή να αποφύγει την καθυστέρηση bootloader, μπορούμε να το κάψουμε χρησιμοποιώντας έναν εξωτερικό προγραμματιστή.

Για να κάψουμε το bootloader, θα χρειαστεί να αγοράσουμε ένα AVR-ISP (in-σύστημα προγραμματιστής), USBtinyISP ή να οικοδομήσουμε μια Parallel-Programming. Ο προγραμματιστής πρέπει να συνδέεται με τις καρφίτσες ICSP (η κεφαλίδα 2 με 3 pin) – φροντίζουμε να το συνδέουμε με το σωστό τρόπο. Το πρόγραμμα θα πρέπει να τροφοδοτείται από μια εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος ή της θύρας USB.

3.10 INTERRUPTS(ΔΙΑΚΟΠΕΣ)

3.10.1 HARDWARE INTERRUPTS

Τα hardware interrupts (σήματα διακοπής) είναι σήματα ελέγχου των CPU των οποίων η ενεργοποίηση διακόπτει την εκτέλεση του προγράμματος που εκτελείται εκείνη την στιγμή και προκαλεί την εκτέλεση ενός "interrupt service" προγράμματος. Μετά το πέρας του interrupt service προγράμματος η CPU συνεχίζει την εκτέλεση του προγράμματος του οποίου η εκτέλεση διακόπηκε από το interrupt. Συνήθως τα σήματα διακοπής προέρχονται από μονάδες I/O.

3.10.2 INTERRUPT TOY ARDUINO

Ο επεξεργαστής στην καρδιά του κάθε Arduino έχει δύο διαφορετικά είδη διακοπών: "external" και "pin change". Υπάρχουν μόνο δύο εξωτερικοί ακροδέκτες διακοπής στο ATmega328, INT0 και INT1, και αντιστοιχίζονται με Arduino pins 2 και 3. Αυτές οι διακοπές μπορεί να ρυθμιστούν ώστε να προκαλέσουν σε RISING ή FALLING του σήματος, ή σε Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

LOW επίπεδο. Οι ωθήσεις ερμηνεύονται από το υλικό, και η διακοπή είναι πολύ γρήγορη. Το Arduino Mega έχει λίγες περισσότερα pins εξωτερικής διακοπής διαθέσιμα.

3.10.2.1 Η ΕΝΤΟΛΗ **ATTACHINTERRUPT()**

attachInterrupt(interrupt, ISR, mode)

interrupt: τον αριθμό της διακοπής (int),

ISR: η ISR (ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής) καλείται όταν συμβεί μια διακοπή. Αυτή η λειτουργία δεν λαμβάνει παραμέτρους και δεν επιστρέφει τίποτα. Αυτή η λειτουργία μερικές φορές αναφέρεται ως μια ρουτίνα διακοπής υπηρεσίας.

mode: καθορίζει πότε πρέπει να ενεργοποιείται η διακοπή. Οι τέσσερις καταστάσεις είναι προκαθορισμένα ως έγκυρες τιμές:

- LOW για να προκαλέσει τη διακοπή όταν το pin είναι χαμηλό,
- ΑΛΛΑΓΗ για να προκαλέσει τη διακοπή κάθε φορά που το pin αλλάζει αξία
- RISING για προκαλέσει όταν το pin πηγαίνει από χαμηλό σε υψηλό,
- FALLING για όταν το pin πηγαίνει από υψηλό σε χαμηλό.

3.10.2.2 ΟΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ **NOINTERRUPT() ΚΑΙ INTERRUPT()**.

noInterrupts(). Απενεργοποιεί διακοπές (μπορείτε να τις ενεργοποιήσετε ξανά με διακοπές ()). Οι διακόπτες επιτρέπουν σε ορισμένα σημαντικά καθήκοντα να συμβαίνουν στο παρασκήνιο και είναι ενεργοποιημένα από προεπιλογή. Ορισμένες λειτουργίες δεν θα λειτουργήσουν, ενώ διακοπές είναι απενεργοποιημένοι, καθώς και τις εισερχόμενες επικοινωνίας μπορεί να τις αγνοήσουν. Οι διακοπές μπορεί ελαφρώς να διαταράξει το χρονοδιάγραμμα της κώδικα, όμως, και μπορεί να απενεργοποιηθεί για ιδιαίτερα κρίσιμα τμήματα του κώδικα.

interrupts(). Επανενεργοποιεί διακοπές (αφού έχουν απενεργοποιηθεί από noInterrupts ()). Οι διακόπτες επιτρέπουν σε ορισμένα σημαντικά καθήκοντα να συμβαίνουν στο παρασκήνιο και είναι ενεργοποιημένα από προεπιλογή. Ορισμένες λειτουργίες δεν θα λειτουργήσουν, ενώ διακοπές είναι απενεργοποιημένοι, καθώς και τις εισερχόμενες επικοινωνίας μπορεί να τις αγνοήσουν. Οι διακοπές μπορεί ελαφρώς να διαταράξει το χρονοδιάγραμμα της κώδικα, όμως, και μπορεί να απενεργοποιηθεί για ιδιαίτερα κρίσιμα τμήματα του κώδικα.

3.11 ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ARDUINO

Το Arduino UNO μπορεί να επικοινωνήσει με έναν υπολογιστή ή κάποιον άλλον μικροελεγκτή με ένα σύνολο τεχνολογιών. Ο ATmega328 παρέχει UART TTL(5v) σειριακή επικοινωνία, η οποία πραγματοποιείται από τα ψηφιακά pins 0 (RX) και 1 (TX). Τα led RX & RT που βρίσκονται πάνω στην πλακέτα θα αναβοσβήνουν όταν μεταδίδονται δεδομένα μέσω του USB-to-Serial ολοκληρωμένου κυκλώματος. Για την χρήση των σειριακών pins χρησιμοποιείται η σειριακή βιβλιοθήκη SoftwareSerial. Ακόμη ο ATmega328 υποστηρίζει I2C (TWI) και SPI επικοινωνία. Για την απλοποίηση της χρήσης του διαύλου I2C παρέχεται η βιβλιοθήκη wire και για την SPI επικοινωνία παρέχεται η SPI βιβλιοθήκη.

3.11.1 Η ΕΝΤΟΛΗ **serial.begin**

Serial.begin(speed)

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

καθορίζει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων σε bits ανά δευτερόλεπτο (baud) για τη σειριακή μετάδοση δεδομένων. Για την επικοινωνία με τον υπολογιστή, χρησιμοποιήστε μία από τις ακόλουθες τιμές: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, ή 115200. Μπορείτε, ωστόσο, να προσδιορίσετε άλλες τιμές - για παράδειγμα, να επικοινωνούν μέσω pins 0 και 1 με ένα στοιχείο που απαιτεί ένα συγκεκριμένο ρυθμό

3.11.2 Η ΕΝΤΟΛΗ *serial.print*

`Serial.print(val)`
`Serial.print(val, format)`

εκτυπώνει τα δεδομένα στη σειριακή θύρα ως κείμενο ASCII αναγνώσιμη από τον άνθρωπο. Αυτή η εντολή μπορεί να πάρει πολλές μορφές. Οι αριθμοί εκτυπώνονται χρησιμοποιώντας ένα χαρακτήρα ASCII για κάθε ψηφίο. Floats ομοίως εκτυπώνονται ως ψηφία ASCII, με δύο δεκαδικά ψηφία. Τα δεδομένα αποστέλλονται ως ένας χαρακτήρας.

3.11.3 Η ΕΝΤΟΛΗ *serial.println*

`Serial.println(val)`
`Serial.println(val, format)`

Εκτυπώνει δεδομένα στη σειριακή θύρα ως κείμενο αναγνώσιμη από τον άνθρωπο ASCII ακολουθείται από ένα χαρακτήρα επιστροφής (ASCII 13, ή '\r') και ένα χαρακτήρα νέας γραμμής (ASCII 10, ή '\n'). Αυτή η εντολή παίρνει τα ίδια στοιχεία όπως Serial.print().

3.11.4 Η ΕΝΤΟΛΗ *serial.read*

`serial.read()`

διαβάζει τα εισερχόμενα σειριακά δεδομένα. Serial.read κληρονομεί από τη βοηθητική κλάση Stream.

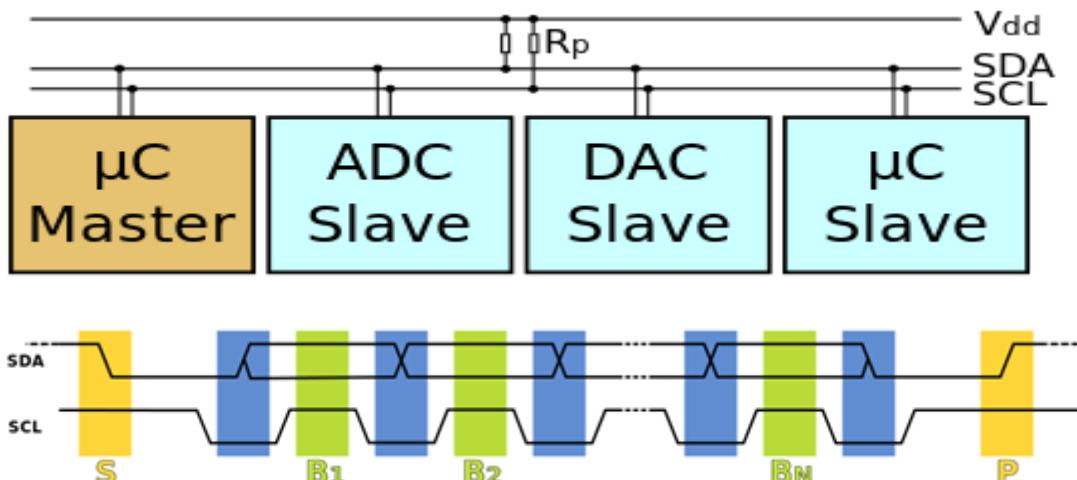
3.11.5 Η ΕΝΤΟΛΗ *serial.available*

`serial.available()`

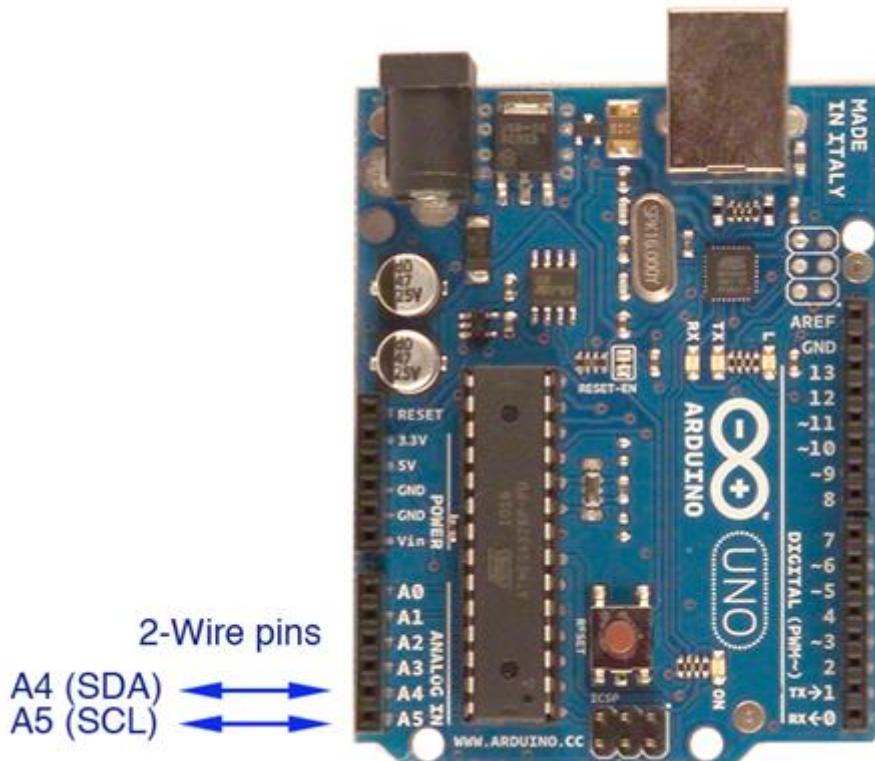
παίρνει τον αριθμό των bytes (χαρακτήρων) που είναι διαθέσιμα για ανάγνωση από τη σειριακή θύρα. Πρόκειται για στοιχεία που έχουν ήδη φτάσει και αποθηκευτεί στο σειριακό buffer λήψης(κρατάει 64 bytes). serial.available()κληρονομεί από τη βοηθητική κλάση Stream.

3.11.6 Ο ΔΙΑΥΛΟΣ I2C

I2C (*Inter-Integrated Circuit*) είναι ένα πολυ-master, multi-σκλάβων, single-ended, σειριακού διαύλου υπολογιστή που εφευρέθηκε από την Philips Semiconductor (τώρα NXP Semiconductors). Συνήθως χρησιμοποιείται για την προσάρτηση χαμηλότερη ταχύτητα από τα περιφερικά ICs στους επεξεργαστές και μικροελεγκτές.



Παρακάτω βλέπουμε τις ακίδες που χρησιμοποιούνται για το I2C interface στο Arduino Uno.



3.11.7 SPI BUS

Serial Peripheral Interface (SPI) δίοδος είναι μια σύγχρονη διασύνδεσης σειριακής επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για σύντομες επικοινωνίας εξ αποστάσεως, κυρίως σε ενσωματωμένα συστήματα. Η διεπαφή αναπτύχθηκε από τη Motorola και έχει γίνει

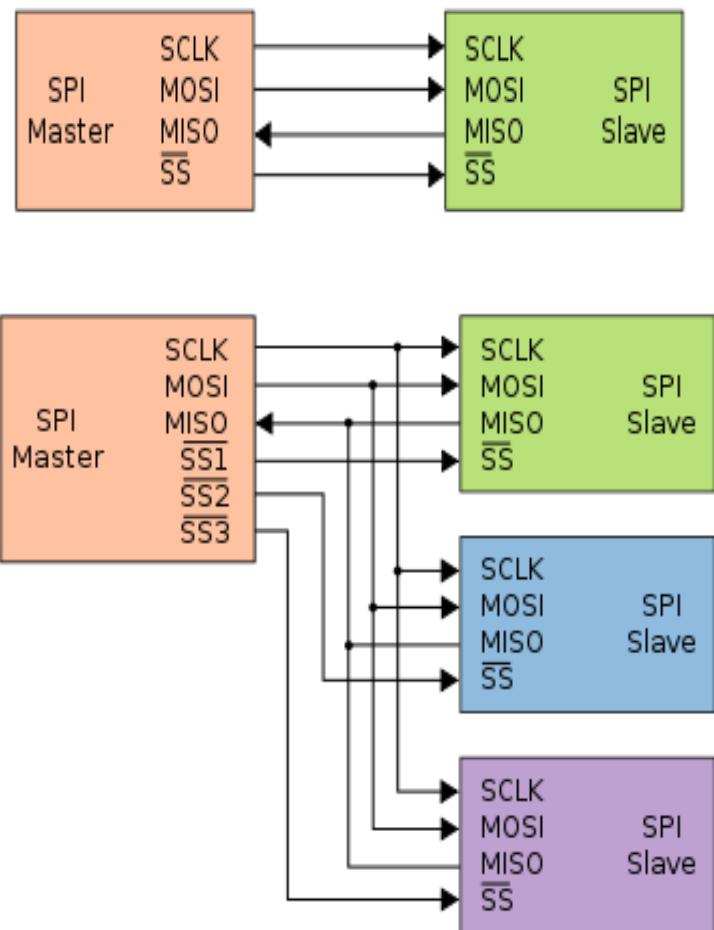
Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

ένα de facto πρότυπο. Τυπικές εφαρμογές περιλαμβάνουν αισθητήρες, κάρτες Secure Digital, και οθόνες υγρών κρυστάλλων. Συσκευές SPI επικοινωνούν με full-duplex χρησιμοποιώντας μια master-slave αρχιτεκτονική με ένα single master. Η κεντρική συσκευή καθορίζει το πλαίσιο για την ανάγνωση και τη γραφή. Οι πολλαπλές συσκευές slaves που υποστηρίζονται μέσω της επιλογής με επιλεγμένες γραμμές ατομική slaves(SS). Τυπικά υπάρχουν τρεις κοινές γραμμές για όλες τις συσκευές:

- MISO (Master In Slave Out) Η Slave γραμμή για την αποστολή δεδομένων στη κύρια
- MOSI (Master Out Slave In) Η Master γραμμή για την αποστολή δεδομένων στα περιφερειακά
- SCK (Serial Clock) Οι παλμοί του ρολογιού οι οποίοι συγχρονίζουν τη μεταφορά δεδομένων παράγονται από την κύρια γραμμή.

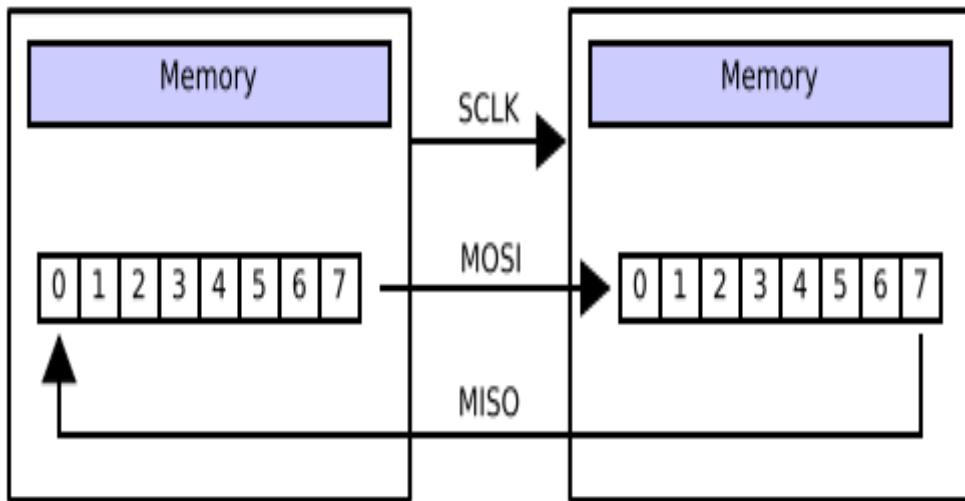
Και μια ακόμα γραμμή συγκεκριμένη για κάθε συσκευή:

- SS (Slave Select) η ακίδα για κάθε συσκευή για την οποία η κύρια γραμμή έχει την δυνατότητα να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί συγκεκριμένη συσκευή.

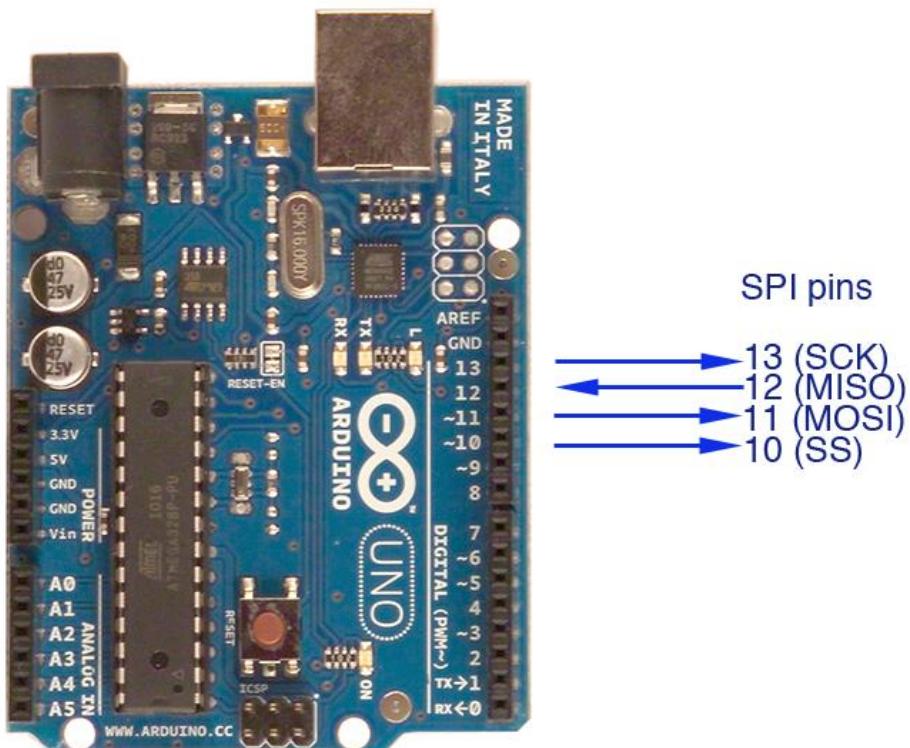


Master

Slave



Παρακάτω οι ακίδες που χρησιμοποιούνται για το SPI interface στο Arduino Uno:



4 Λογισμικό Arduino(IDE)

4.1 Γενικά

Το Arduino Integrated Development Environment (IDE) αποτελείται από την περιοχή επεξεργασίας κειμένου όπου ο χρήστης γράφει τον κώδικα, μια περιοχή μηνυμάτων, μια γραμμή εργαλείων και το μενού. Μέσω αυτού γίνεται η σύνδεση με την πλακέτα του Arduino για να φορτώνει τα προγράμματα και να επικοινωνεί με αυτό, αλλά και για την εγγραφή προγραμμάτων και φόρτωση τους στο Arduino. Εγκαθίσταται σε συσκευές με Windows, Mac OS X και στα Linux.

4.2 Δημιουργία Sketches

Τα προγράμματα που γράφονται μέσω του text editor του λογισμικού Arduino (IDE) ονομάζονται σχέδια (sketches) και αποθηκεύονται με την επέκταση αρχείου .ino. Στην περιοχή των μηνυμάτων εμφανίζονται σχόλια κατά την αποθήκευση και την εξαγωγή και επίσης πιθανά σφάλματα κατά την διαδικασία αυτή. Η κονσόλα εμφανίζει κείμενο ως έξοδο από το λογισμικό Arduino (IDE) όπως πλήρη μηνύματα σφάλματος και άλλες πληροφορίες. Η διαμορφωμένη πλακέτα και η σειριακή θύρα είναι εμφανή στην κάτω δεξιά γωνία του παραθύρου. Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων επιτρέπουν την επικύρωση και το ανέβασμα προγραμμάτων, τη δημιουργία, το άνοιγμα και την αποθήκευση σχεδίων και το άνοιγμα της σειριακής οθόνης.

Επικύρωση (Verify) Ελέγχει τον κώδικα για σφάλματα κατά την μεταγλώττιση.

Ανέβασμα (Upload) Μεταγλωτίζει τον κώδικα και τον ανεβάζει στη διαμορφωμένη πλακέτα.

Δημιουργία (New) Δημιουργεί ένα νέο σχέδιο.

Άνοιγμα (Open) Εμφανίζει ένα μενού από όλα τα σχέδια του sketchbook. Κάνοντας κλικ σε ένα από αυτά θα το ανοίξει μέσα στο τρέχον παράθυρο, αντικαθιστώντας το περιεχόμενό του. **Αποθήκευση (Save)** Αποθηκεύει το σχέδιο.

Παρακολούθηση σειριακής (Serial Monitor) Ανοίγει τη σειριακή οθόνη.



Επιπλέον εντολές βρίσκονται μέσα στα πέντε μενού: Αρχείο, Επεξεργασία, Σχέδιο, Εργαλεία, Βοήθεια. Τα μενού είναι συγκεκριμένου πλαισίου, πράγμα που σημαίνει ότι μόνο τα στοιχεία που σχετίζονται με τις εργασίες που εκτελούνται επί του παρόντος είναι διαθέσιμα.

Αρχείο

- **Δημιουργία (New):** Δημιουργεί ένα νέο παράδειγμα του editor, με την ήδη υπάρχουσα ελάχιστη δομή ενός σχεδίου.
- **Άνοιγμα (Open):** Επιτρέπει τη φόρτωση ενός αρχείου σχεδίου που περιηγείται στις μονάδες και τους φακέλους του υπολογιστή.
- **Άνοιγμα Προσφάτου (Open Recent):** Παρέχει μια σύντομη λίστα με τα πιο πρόσφατα σχέδια, έτοιμα για άνοιγμα.
- **Sketchbook:** Εμφανίζει τα τρέχοντα σχέδια μέσα στη δομή του φακέλου sketchbook. Κάνοντας κλικ σε οποιοδήποτε όνομα ανοίγει το αντίστοιχο σχέδιο σε ένα νέο παράδειγμα του editor.
- **Παραδείγματα (Examples):** Οποιοδήποτε παράδειγμα που παρέχεται από το λογισμικό Arduino (IDE) ή τη βιβλιοθήκη εμφανίζεται σε αυτό το στοιχείο του μενού. Όλα τα παραδείγματα είναι δομημένα σε ένα δέντρο που επιτρέπει εύκολη πρόσβαση από θέμα ή βιβλιοθήκη.
- **Κλείσιμο (Close):** Κλείνει το παρόν παράδειγμα όπου είναι ανοικτό.
- **Αποθήκευση (Save):** Αποθηκεύει το σχέδιο με το τρέχον όνομα. Αν το αρχείο δεν έχει προηγούμενη ονομασία, ένα όνομα θα παρέχεται σε ένα παράθυρο "Αποθήκευση ως ..".
- **Αποθήκευση ως... (Save As):** Επιτρέπει την αποθήκευση του τρέχοντος σχεδίου με διαφορετικό όνομα.
- **Ρύθμιση σελίδας (Page Setup):** Εμφανίζει το παράθυρο διαμόρφωσης σελίδας για εκτύπωση.
- **Εκτύπωση (Print):** Στέλνει το τρέχον σχέδιο στον εκτυπωτή σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχουν ορισθεί στο Page Setup.
- **Προτιμήσεις (Preferences):** Ανοίγει το παράθυρο "Προτιμήσεις", όπου ορισμένες ρυθμίσεις του IDE μπορούν να προσαρμοστούν, όπως η γλώσσα της διεπαφής του IDE.
- **Έξοδος (Quit):** Κλείνει όλα τα παράθυρα IDE. Τα ίδια σχέδια που ανοίγουν όταν επιλέγεται το Quit θα ανοίξουν αυτόματα την επόμενη φορά που θα ξεκινήσουμε το IDE.

Επεξεργασία

- **Αναίρεση (Undo):** Πηγαίνει πίσω ένα ή περισσότερα βήματα που κάναμε κατά την επεξεργασία.
- **Επανάληψη (Redo):** Όταν έχουμε πάει πίσω ένα ή περισσότερα βήματα που κάναμε κατά την επεξεργασία μπορούμε αντίστοιχα να προχωρήσουμε μπροστά.
- **Αποκοπή (Cut):** Αφαιρεί το επιλεγμένο κείμενο από τον editor και το τοποθετεί στο πρόχειρο.
- **Αντιγραφή (Copy):** Κλωνοποιεί το επιλεγμένο κείμενο από τον editor και το τοποθετεί στο πρόχειρο.

- **Αντιγραφή για φόρουμ (Copy for Forum):** Αντιγράφει τον κώδικα του σχεδίου μας στο πρόχειρο σε μια φόρμα κατάλληλη για την ανάρτηση στο φόρουμ, συμπληρωμένη με χρωματισμό σύνταξης.
- **Αντιγραφή ως HTML (Copy as HTML):** Αντιγράφει τον κώδικα του σκίτου μας στο πρόχειρο ως HTML, κατάλληλο για ενσωμάτωση σε ιστοσελίδες.
- **Επικόλληση (Paste):** Τοποθετεί τα περιεχόμενα του πρόχειρου στη θέση του δρομέα, στον editor.
- **Επιλογή όλων (Select All):** Επιλέγει και τονίζει όλο το περιεχόμενο του editor.
- **Πήγαινε στην γραμμή (Go to Line):** Πηγαίνει στην γραμμή που θα του ορίσουμε.
- **Σχολιασμός / Αποσχολιασμός (Comment/Uncomment):** Τοποθετεί ή καταργεί το όρισμα του σχόλιου // στην αρχή κάθε επιλεγμένης γραμμής.
- **Αύξηση Εσοχής (Increase Indent):** Προσθέτει ένα κενό στην αρχή κάθε επιλεγμένης γραμμής, μετακινώντας το κείμενο ένα διάστημα στα δεξιά.
- **Μείωση Εσοχής (Decrease Indent):** Αφαιρεί ένα κενό στην αρχή κάθε επιλεγμένης γραμμής, μετακινώντας το κείμενο ένα διάστημα στα αριστερά ή εξαλείφοντας ένα κενό στην αρχή.
- **Αναζήτηση (Find):** Ανοίγει το παράθυρο "Εύρεση και αντικατάσταση" όπου μπορούμε να καθορίσουμε το κείμενο προς αναζήτηση μέσα στο τρέχον σχέδιο σύμφωνα με διάφορες επιλογές.
- **Εύρεση Επόμενου (Find Next):** Υπογραμμίζει την επόμενη εμφάνιση - εάν υπάρχει - της συμβολοσειράς που ορίζεται ως στοιχείο αναζήτησης στο παράθυρο "Εύρεση", σε σχέση με τη θέση του δρομέα.
- **Εύρεση προηγούμενου (Find Previous):** Υπογραμμίζει την προηγούμενη εμφάνιση - αν υπάρχει - της συμβολοσειράς που καθορίστηκε ως στοιχείο αναζήτησης στο παράθυρο "Εύρεση" σε σχέση με τη θέση του δρομέα.

Σχέδιο

- **Επικύρωση/Μεταγλώττιση (Verify/Compile):** Ελέγχει το σχέδιό μας για σφάλματα κατά την μεταγλώττιση. Θα αναφέρει τη χρήση μνήμης για κώδικα και μεταβλητές στην περιοχή της κονσόλας.
- **Ανέβασμα (Upload):** Μεταγλωττίζει και φορτώνει το δυαδικό αρχείο στη διαμορφωμένη πλακέτα μέσω της διαμορφωμένης θύρας.
- **Ανέβασμα μέσω προγραμματιστή (Upload using Programmer):** Αυτό θα αντικαταστήσει τον bootloader στην πλακέτα. Θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε το Εργαλεία => Γράψιμο Bootloader για να το επαναφέρουμε και να μπορέσουμε ξανά να ανεβάσουμε σε σειριακή θύρα USB. Ωστόσο, μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε την πλήρη χωρητικότητα της μνήμης Flash για το σχέδιο μας.
- **Εξαγωγή μεταγλωττισμένου δυαδικού (Export compiled Binary):** Αποθηκεύει ένα αρχείο .hex που μπορεί να διατηρείται ως αρχείο ή να αποστέλλεται στην πλακέτα χρησιμοποιώντας άλλα εργαλεία.
- **Εμφάνιση φακέλου του σχεδίου (Show Sketch Folder):** Ανοίγει τον τρέχοντα φάκελο σχεδίων.
- **Συμπερίληψη βιβλιοθήκης (Include Library):** Προσθέτει μια βιβλιοθήκη στο σχέδιό μας εισάγοντας #include statements στην αρχή του κώδικά μας. Επιπλέον, σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

από αυτό το στοιχείο μενού μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στη Διαχείριση Βιβλιοθήκης και να εισάγουμε νέες βιβλιοθήκες από αρχεία .zip.

- **Προσθήκη αρχείου... (Add File...):** Προσθέτει ένα αρχείο προέλευσης στο σχέδιο (θα αντιγραφεί από την τρέχουσα θέση του). Το νέο αρχείο εμφανίζεται σε μια νέα καρτέλα στο παράθυρο σχεδίου. Αρχεία μπορούν να αφαιρεθούν από το σχέδιο χρησιμοποιώντας το μενού καρτελών που είναι προσβάσιμο κάνοντας κλικ στο εικονίδιο του μικρού τριγώνου κάτω από τη σειριακή οθόνη ,στη δεξιά πλευρά της γραμμής εργαλείων.

Εργαλεία

- **Αυτόματη διαμόρφωση (Auto Format):** Αυτό μορφοποιεί όμορφα τον κώδικα μας όμορφα, δηλαδή τα περιθώρια είναι έτσι ώστε το άνοιγμα και το κλείσιμο των αγκύλων να ευθυγραμμίζονται προς τα επάνω, και οι δηλώσεις μέσα στις αγκύλες να είναι πιο μέσα.
- **Αρχειοθέτηση Σχεδίου (Archive Sketch):** Αρχειοθετεί ένα αντίγραφο του τρέχοντος σχεδίου σε μορφή .zip. Το αρχείο τοποθετείται στον ίδιο κατάλογο με το σχέδιο.
- **Διόρθωση κωδικοποίησης & επαναφόρτωση (Fix encoding and reload):** Διορθώνει πιθανές ασυμφωνίες μεταξύ της κωδικοποίησης του χάρτη χαρακτήρων του editor και των άλλων χαρτών χαρακτήρων των λειτουργικών συστημάτων.
- **Παρακολούθηση Σειριακής (Serial Monitor):** Ανοίγει το παράθυρο σειριακής οθόνης και ξεκινά την ανταλλαγή δεδομένων με οποιαδήποτε συνδεδεμένη πλακέτα στην τρέχουσα επιλεγμένη θύρα. Αυτό συνήθως επαναφέρει την πλακέτα, αν η πλακέτα υποστηρίζει την επαναφορά αντί για άνοιγμα της σειριακής θύρας.
- **Πλακέτα (Board):** Επιλέγει την πλακέτα που χρησιμοποιούμε.
- **Θύρα (Port):** Αυτό το μενού περιέχει όλες τις σειριακές συσκευές (πραγματικές ή εικονικές) στο μηχάνημά μας.
- **Προγραμματιστής (Programmer):** Για την επιλογή ενός προγραμματιστή hardware κατά τον προγραμματισμό μιας πλακέτας ή ενός τσιπ και την μη χρήση της ενσωματωμένης USB-σειριακής σύνδεσης. Κανονικά δεν θα χρειαστούμε αυτό, αλλά αν γράφουμε έναν bootloader σε ένα νέο μικροελεγκτή, θα το χρησιμοποιήσουμε.
- **Γράψιμο Bootloader (Burn Bootloader):** Τα στοιχεία αυτού του μενού μας επιτρέπουν να εγγράψουμε έναν bootloader στον μικροελεγκτή μιας πλακέτας Arduino. Αυτό δεν απαιτείται για κανονική χρήση μιας πλακέτας, αλλά είναι χρήσιμο αν αγοράσουμε ένα νέο μικροελεγκτή ATmega (ο οποίος κανονικά έρχεται χωρίς bootloader). Βεβαιωνόμαστε ότι έχουμε επιλέξει τη σωστή πλακέτα από το μενού Πλακέτα πριν την εγγραφή του bootloader στην πλακέτα προορισμού. Αυτή η εντολή ορίζει επίσης τις σωστές ασφάλειες.

Βοήθεια (Help)

Εδώ έχουμε εύκολη πρόσβαση σε πολλά έγγραφα που συνοδεύουν το λογισμικό Arduino (IDE). Έχουμε πρόσβαση στο Ξεκινώντας (Getting Started), Αναφορά (Reference) και σε άλλα έγγραφα σε τοπικό επίπεδο, χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο. Τα έγγραφα είναι ένα

τοπικό αντίγραφο των ηλεκτρονικών και μπορούν να συνδεθούν στον ισότοπο του προγράμματος στο διαδίκτυο.

- **Εύρεση στην αναφορά:** Αυτή είναι η μόνη διαδραστική λειτουργία του μενού Βοήθεια: επιλέγει άμεσα τη σχετική σελίδα στο τοπικό αντίγραφο της αναφοράς για τη λειτουργία ή την εντολή κάτω από το δρομέα.

4.3 Βιβλιοθήκες

Οι βιβλιοθήκες παρέχουν επιπλέον λειτουργικότητα προς χρήση σε σχέδια. Για να χρησιμοποιήσουμε μια βιβλιοθήκη σε ένα σχέδιο, επιλέγουμε από το μενού Σχέδιο> Συμπερίληψη βιβλιοθήκης (Sketch > Import Library). Αυτό θα εισάγει ένα ή περισσότερα #include statements στην κορυφή του σχεδίου και θα μεταγλωττίσει τη βιβλιοθήκη με το σχέδιό μας. Επειδή οι βιβλιοθήκες μεταφορτώνονται στην πλακέτα με το σχέδιό μας, αυξάνουν το χώρο που χρειάζεται. Εάν ένα σχέδιο δεν χρειάζεται πλέον μια βιβλιοθήκη, απλά διαγράφουμε τα #include statements του από την κορυφή του κώδικα.

Κατηγορίες Βιβλιοθηκών:

- Standard Libraries
- 101 Only Libraries
- Due Only Libraries
- Due, Zero and MKR1000 Libraries
- Zero, MKRZERO and MKR1000 Libraries
- WiFi 101 and MKR1000 Library
- MKRFOX1200 only Library
- Esplora Only Library
- Arduino Robot Library
- Yún devices Library
- USB Libraries (Leonardo, Micro, Due, Zero and Esplora)
- Contributed Libraries

4.3.1 Standard Libraries

- EEPROM - ανάγνωση και εγγραφή σε "μόνιμο" αποθηκευτικό χώρο
- Ethernet / Ethernet 2 - για σύνδεση στο διαδίκτυο με χρήση του Arduino Ethernet Shield, του Arduino Ethernet Shield 2 και του Arduino Leonardo ETH
- Firmata - για επικοινωνία με εφαρμογές στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας ένα τυπικό σειριακό πρωτόκολλο.
- GSM - για σύνδεση σε δίκτυο GSM / GRPS με το GSM shield.
- LiquidCrystal - για τον έλεγχο οθονών υγρού κρυστάλλου (LCD)
- SD - για ανάγνωση και εγγραφή καρτών SD
- Servo - για τον έλεγχο των σερβοκινητήρων
- SPI - για επικοινωνία με συσκευές που χρησιμοποιούν το δίαυλο Serial Peripheral Interface (SPI)

- SoftwareSerial - για σειριακή επικοινωνία σε οποιαδήποτε ψηφιακή ακίδα.
- Stepper - για τον έλεγχο των βηματικών κινητήρων
- TFT - για τον σχεδιασμό κειμένου, εικόνων και σχημάτων στην οθόνη TFT του Arduino
- WiFi - για σύνδεση στο Internet χρησιμοποιώντας το Arduino WiFi shield
- Wire - Two Wire Interface (TWI / I2C) για την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω δικτύου συσκευών ή αισθητήρων.

4.3.2 Only Libraries

- CurieBLE - Αλληλεπίδραση με smartphones και tablet με τεχνολογία χαμηλής ενέργειας Bluetooth (BLE).
- CurieIMU - Διαχείριση του ενσωματωμένου επιταχυνσιόμετρου και γυροσκοπίου.
- CurieTimerOne - Επιτρέπει τη χρήση λειτουργιών χρονοδιακόπτη.
- CurieTime - Επιτρέπει τον έλεγχο και τη χρήση του εσωτερικού RTC (Ρολόι πραγματικού χρόνου).

4.3.3 Due Only Libraries

- Audio - Αναπαραγωγή αρχείων ήχου από κάρτα SD.

4.3.4 Due, Zero and MKR1000 Library

- USBHost - Επικοινωνία με περιφερειακά USB όπως ποντίκια και τα πληκτρολόγια.
- Scheduler - Διαχείριση πολλαπλών μη αποκλειστικών εργασιών.

4.3.5 Zero, MKRZERO and MKR1000 Libraries

- AudioFrequencyMeter - Δοκιμάζει ένα ηχητικό σήμα και λαμβάνει τη συχνότητά του
- AudioZero - Αναπαραγωγή αρχείων ήχου από κάρτα SD
- RTC - Ρολόι πραγματικού χρόνου για προγραμματισμό συμβάντων
- ArduinoSound - Ένας απλός τρόπος αναπαραγωγής και ανάλυσης δεδομένων ήχου
- I2S - Χρήση του πρωτοκόλλου I2S στο SAMD21

4.3.6 WiFi 101 και MKR1000 Library

- WiFi101 - βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται μόνο με το WiFi shield 101.
- WiFi101OTA - Ενημερώσεις over-the-air για το MKR1000.

4.3.7 MKRFOX1200 Only Library

- SigFox - βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται μόνο με το MKRFOX1200.

4.3.8 Esplora Only Library

- Esplora - Αυτή η βιβλιοθήκη επιτρέπει να έχουμε εύκολη πρόσβαση σε διάφορους αισθητήρες και ενεργοποιητές που είναι τοποθετημένοι στην πλακέτα Esplora.

4.3.9 Arduino Robot Library

- Robot - Αυτή η βιβλιοθήκη παρέχει εύκολη πρόσβαση στις λειτουργίες του Robot Arduino.

4.3.10 Yun devices Library

- Bridge Library - Ενεργοποιεί την επικοινωνία μεταξύ του επεξεργαστή Linux και του μικροελεγκτή στο Yun.
- Ciao Library - Στόχος είναι να απλοποιήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ του μικροελεγκτή και του OS Linino επιτρέποντας μια ποικιλία συνδέσεων με τα περισσότερα κοινά πρωτόκολλα.

4.3.11 USB Libraries (Leonardo, Micro, Due, Zero, Esplora)

- Keyboard - Αποστολή πληκτρολογήσεων σε ένα συνδεδεμένο υπολογιστή.
- Mouse - Έλεγχος της κίνησης του δρομέα σε έναν συνδεδεμένο υπολογιστή.

4.3.12 Contributed Libraries

Εάν χρησιμοποιείτε μία από αυτές τις βιβλιοθήκες, πρέπει να την εγκαταστήσετε πρώτα.

Επικοινωνία (πρωτόκολλα και δικτύωση):

- Messenger - για την επεξεργασία μηνυμάτων βασισμένων σε κείμενο από τον υπολογιστή
- NewSoftSerial - μια βελτιωμένη έκδοση της βιβλιοθήκης SoftwareSerial
- OneWire - συσκευές ελέγχου (από το Dallas Semiconductor) που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο One Wire.
- PS2Keyboard - Διαβάζει χαρακτήρες από ένα πληκτρολόγιο PS2..
- Simple Message System - στέλνει μηνύματα μεταξύ του Arduino και του υπολογιστή
- Serial2Mobile - αποστολή μηνυμάτων κειμένου ή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με χρήση κινητού τηλεφώνου (μέσω εντολών AT μέσω σειριακού λογισμικού)
- Webduino - επεκτάσιμη βιβλιοθήκη διακομιστή web (για χρήση με το Arduino Ethernet Shield)
- X10 - Αποστολή σημάτων X10 μέσω γραμμών εναλλασσόμενου ρεύματος
- XBee - για επικοινωνία με το XBees σε λειτουργία API
- SerialControl - Τηλεχειρισμός άλλων Arduino μέσω σειριακής σύνδεσης

Αίσθηση:

- Capacitive Sensing - μετατρέπει δύο ή περισσότερους ακροδέκτες σε χωρητικούς αισθητήρες
- Debounce - για ανάγνωση θορυβώδους ψηφιακής εισόδου (π.χ. από κουμπιά)

Οθόνες και LEDs:

- GFX - βασική κλάση με τυπικές ρουτίνες γραφικών (από την Adafruit)
- GLCD – ρουτίνες γραφικών για LCD με βάση το KS0108 ή αντίστοιχο chipset.
- Improved LCD library διορθώνει σφάλματα αρχικοποίησης LCD στην επίσημη LCD Arduino βιβλιοθήκη
- LedControl - για τον έλεγχο των LED πινάκων ή των seven-segment displays με MAX7221 ή MAX7219.
- LedControl - μια εναλλακτική λύση της Matrix βιβλιοθήκη για την οδήγηση πολλαπλών LED με μάρκες Maxim.
- LedDisplay – έλεγχος του HCMS-29xx scrolling LED display.
- Matrix - Βασική βιβλιοθήκη χειρισμού οθόνης LED Matrix
- PCD8544 - για τον ελεγκτή LCD σε οθόνες τύπου Nokia 55100 (από την Adafruit).
- Sprite - Βασική βιβλιοθήκη επεξεργασίας εικόνων sprite για χρήση σε κινούμενες εικόνες με πίνακα LED.
- ST7735 - για τον ελεγκτή LCD σε οθόνη TFT 1,8 ", 128x160 (από την Adafruit).

Ήχος και κυματομορφή:

- FFT - Ανάλυση συχνότητας ήχου ή άλλων αναλογικών σημάτων
- Tone - παράγει τετραγωνικά κύματα ακουστικής συχνότητας στο παρασκήνιο σε οποιαδήποτε ακίδα μικροελεγκτή

Μοτέρ και PWM:

- TLC5940 - 16 καναλιών PWM ελεγκτή 12 bit.

Χρονομέτρηση:

- DateTime - μια βιβλιοθήκη για την παρακολούθηση της τρέχουσας ημερομηνίας και ώρας στο λογισμικό.
- Metro - βοηθάει στην πραγματοποίηση ενεργειών σε τακτά χρονικά διαστήματα
- MsTimer2 - χρησιμοποιεί τη διακοπή του χρονοδιακόπτη 2 για να ενεργοποιήσει μια ενέργεια κάθε N milliseconds.

Βοηθητικά μέσα:

- PString - μια ελαφριά κλάση για εκτύπωση σε buffers
- Streaming - μια μέθοδος για την απλούστευση των δηλώσεων εκτύπωσης

4.4 Σειριακή Οθόνη

Εμφανίζει τα σειριακά δεδομένα που αποστέλλονται από το Arduino (USB ή σειριακή πλακέτα). Για την αποστολή δεδομένων στην πλακέτα, εισάγουμε κείμενο και κάνουμε κλικ στο κουμπί "αποστολή" ή πατάμε enter. Επιλέγουμε το ρυθμό baud από το dropdown μενού που ταιριάζει με το ρυθμό που πέρασε στο Serial.begin στο σχέδιο. Σε Windows, Mac ή Linux, η πλακέτα Arduino θα κάνει επαναφορά (επανεκτέλεση του σχεδίου από την αρχή) όταν συνδεόμαστε με τη σειριακή οθόνη.

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών
συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

4.5 Αναφορά στην γλώσσα

Τα προγράμματα Arduino μπορούν να χωριστούν σε τρία κύρια μέρη:

1. Δομή
2. Τιμές (μεταβλητές και σταθερές)
3. Συναρτήσεις

4.5.1 Δομή

Η λειτουργία `setup()` καλείται όταν ξεκινά ένα σχέδιο. Χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση των μεταβλητών, την λειτουργία των ακίδων, την έναρξη χρήσης των βιβλιοθηκών κ.λπ.

Η συνάρτηση `setup()` θα εκτελείται μόνο μία φορά, μετά από κάθε ενεργοποίηση ή επαναφορά του πίνακα Arduino. Η συνάρτηση `loop()` κάνει ακριβώς αυτό που προτείνει το όνομά της, εκτελεί δηλαδή βρόχους διαδοχικά επιτρέποντας στο πρόγραμμα να αλλάξει και να ανταποκριθεί. Χρησιμοποιείται για να ελέγχει ενεργά την πλακέτα Arduino.

1) Δομές Ελέγχου (Control Structures)

- `if`
- `if...else`
- `for`
- `switch case`
- `while`
- `do... while`
- `break`
- `continue`
- `return`
- `goto`

2) Περαιτέρω Σύνταξη (Further Syntax)

- `;` (semicolon)
- `{}` (curly braces)
- `//` (σχόλιο γραμμής)
- `/* */` (σχόλιο πολλαπλών γραμμών)
- `#define`
- `#include`

3) Αριθμητικοί Τελεστές (Arithmetic Operators)

- `=` (τελεστής εικώρησης)
- `+` (τελεστής πρόσθεσης)
 - (τελεστής αφαίρεσης)
- (τελεστής πολλαπλασιασμού)

- / (τελεστής διαίρεσης)
- % (τελεστής υπολοίπου ακαίρεας διαίρεσης)

4) Συγκριτικοί Τελεστές (Comparison Operators)

- == (ισότητα)
- != (ανισότητα)
- < (μικρότερο του)
- (μεγαλύτερο του)
- <= (μικρότερο ή ίσο του)
- >= (μεγαλύτερο ή ίσο του)

5) Λογικοί Τελεστές (Boolean Operators)

- && (λογική σύζευξη)
- || (λογική διάζευξη)
- ! (λογική άρνηση)

6) Τελεστές Πρόσβασης Δείκτη (Pointer Access Operators)

- (τελεστής απόκτησης περιεχομένου)
- & (τελεστής απόκτησης διεύθυνσης)

7) Bitwise Τελεστές (Bitwise Operators)

- & (δυαδική σύζευξη)
- | (δυαδική διάζευξη)
- ^ (δυαδική αποκλειστική διάζευξη)
- ~ (δυαδική άρνηση)
- << (δυαδική αριστερή ολίσθηση)
- >> (δυαδική δεξιά ολίσθηση)

8) Σύνθετοι Τελεστές (Compound Operators)

- ++ (increment)
- -- (decrement)
- += (compound addition)
- -= (compound subtraction)
- *= (compound multiplication)
- /= (compound division)
- %= (compound modulo)
- &= (compound bitwise and)
- |= (compound bitwise or)

4.5.2 Τιμές (Μεταβλητές και Σταθερές)

1) Σταθερές

- HIGH | LOW
- INPUT | OUTPUT | INPUT_PULLUP
- LED_BUILTIN
- true | false
- integer constants
- floating point constants

2) Τύποι Δεδομένων

- void
- boolean
- char
- unsigned char
- byte
- int
- unsigned int
- word
- long
- unsigned long
- short
- float
- double
- string - char array
- String - object
- array

3) Μετατροπές

- char()
- byte()
- int()
- word()
- long()
- float()

4) Εύρος και προσδιορισμός μεταβλητών

- variable scope
- static
- volatile

- const

5) Βοηθητικά Προγράμματα

- sizeof()
- PROGMEM

4.5.3 Συναρτήσεις

1) Ψηφιακή Είσοδος / Έξοδος

- pinMode()
- digitalWrite()
- digitalRead()

2) Αναλογική Είσοδος / Έξοδος

- analogReference()
- analogRead()
- analogWrite() – PWM

3) Αναλογική Είσοδος / Έξοδος για Arduino Due & Zero

- analogReadResolution()
- analogWriteResolution()

4) Προηγμένη Είσοδος / Έξοδος

- tone()
- noTone()
- shiftOut()
- shiftIn()
- pulseIn()

5) Συναρτήσεις Χρόνου

- millis()
- micros()
- delay()
- delayMicroseconds()

6) Μαθηματικές Συναρτήσεις

- min()
- max()
- abs()
- constrain()

- map()
- pow()
- sqrt()

7) Τριγωνομετρικές Συναρτήσεις

- sin()
- cos()
- tan()

8) Συναρτήσεις Χαρακτήρων

- isAlphaNumeric()
- isAlpha()
- isAscii()
- isWhitespace()
- isControl()
- isDigit()
- isGraph()
- isLowerCase()
- isPrintable()
- isPunct()
- isSpace()
- isUpperCase()
- isHexadecimalDigit()

9) Συναρτήσεις Τυχαίων Αριθμών

- randomSeed()
- random()

10) Bits and Bytes

- lowByte()
- highByte()
- bitRead()
- bitWrite()
- bitSet()
- bitClear()
- bit()

11) Εξωτερικοί Διακόπτες

- attachInterrupt()
- detachInterrupt()

12) Διακόπτες

- interrupts()
- noInterrupts()

13) Επικοινωνία

- Serial
- Stream

14) USB (πλακέτες βασισμένες στον 32u4 και στο Arduino Due/Zero)

- Keyboard
- Mouse

5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ FRITZING

5.1 Γενικά

Το Fritzing είναι ένα λογισμικό αυτοματισμού ηλεκτρονικής σχεδίασης σχεδιασμένο για όσους ενδιαφέρονται για την δημιουργία διαδραστικών φυσικών συστημάτων καθώς και πρωτοτύπων εφαρμογών λογισμικού.

Το Fritzing αποτελεί μια φιλική διεπαφή προς το χρήστη για μια γρήγορη και εύκολη ροή εργασιών, το οποίο περιλαμβάνεται από τα εξής τμήματα:

- Προβολή Project(The Project View)
- Παλέτα των Windows(The Palette Windows)
- Κομμάτι δημιουργίας(Part Creator)

Το περιβάλλον Fritzing μπορεί να αναδιαταχθεί από τον χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις. Τα διάφορα τμήματα μπορούν να μετατραπούν σε μέγεθος, να μετακινηθούν, να συνδυαστούν ή να κρυφτούν.

5.2 Βασική Ροή Εργασίας του Fritzing

Η βασική ροή εργασίας του Fritzing ακολουθεί τα επόμενα 7 βήματα:

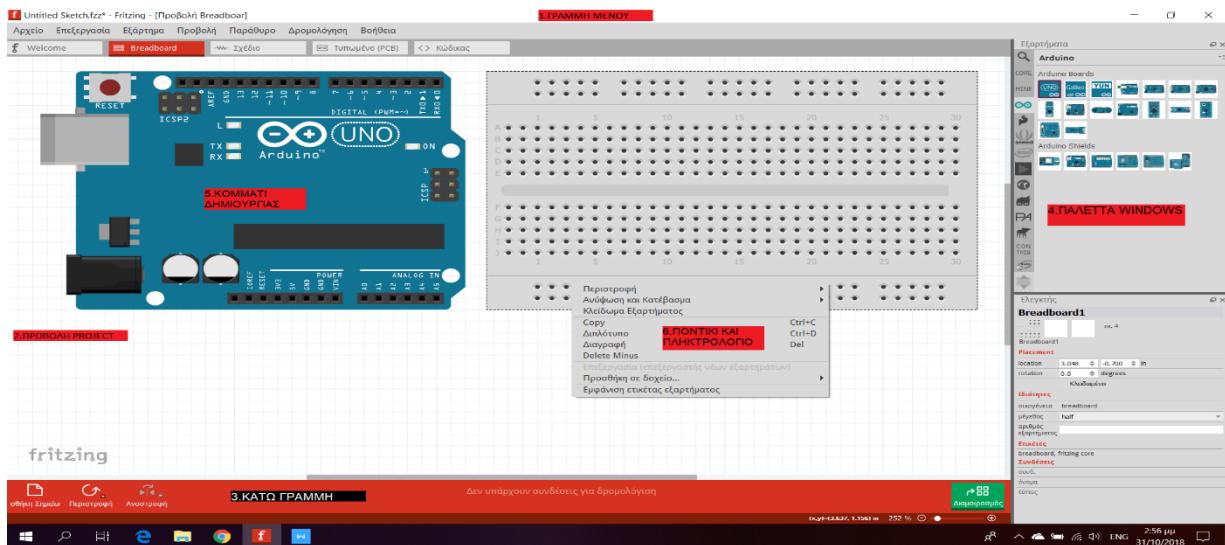
1. **Δημιουργία ενός αληθινού κυκλώματος:** Προτού δημιουργηθεί εικονικά ένα κύκλωμα στο Fritzing είναι σημαντικό να υλοποιηθεί αρχικά στην πραγματικότητα και να ελεγχτεί.
2. **Αναδημιουργία κυκλώματος στο Fritzing:** Αυτό επιτυγχάνεται με την λειτουργιά drag 'n drop εξαρτημάτων από την Βιβλιοθήκη Εξαρτημάτων στο Project και στην συνέχεια με την διασύνδεση τους που επιτυγχάνεται με καλώδια και breadboard. Σε περίπτωση που κάποιο εξάρτημα δεν υπάρχει ήδη στην Βιβλιοθήκη το περιβάλλον του Fritzing επιτρέπει την δημιουργία ενός εξαρτήματος από τον τομέα δημιουργίας εξαρτημάτων.
3. **Επεξεργασία κυκλώματος:** Επιλογές όπως αντιγραφή, επικόλληση, αναίρεση, μεταφορά, πολλαπλή επιλογή, περιστροφή όπως και άλλες είναι ενσωματωμένες στο περιβάλλον του Fritzing.
4. **Αλλαγή ιδιοτήτων ενός εξαρτήματος:** Οι ιδιότητες ενός εξαρτήματος μπορούν να βρεθούν και να εξεργαστούν από το τμήμα του ελεγκτή εξαρτημάτων που βρίσκεται στην παλέτα των Windows. Όταν επιλέγεται ένα εξάρτημα από το Project οι πληροφορίες του εμφανίζονται στο τμήμα του ελεγκτή εξαρτημάτων.
5. **Εναλλαγή μεταξύ των Project:** Χρησιμοποιώντας το View Switcher μπορεί να γίνει εναλλαγή μεταξύ των καρτελών breadboard, σχεδίου και τυπωμένου κυκλώματος (PCB).

6. **Σχεδιασμός ενός PCB:** Όταν το κύκλωμα είναι έτοιμο στην καρτέλα breadboard τότε μπορεί να σχεδιαστεί ένα PCB σχέδιο στην καρτέλα τυπωμένου κυκλώματος(PCB).
7. **Αρχειοθέτηση ενός Project:** Ένα Project μπορεί να αρχειοθετηθεί καθώς και να διαμοιραστεί χρησιμοποιώντας την λειτουργία εξαγωγής από την γραμμή μενού.

5.3 Περιεχόμενα του Fritzing

Μια επισκόπηση όλων των στοιχείων, των εντολών καθώς και των επίλογων του Fritzing UI αποτελείται από το εξής περιεχόμενο:

1. Γραμμή Μενού(Menu Bar)
2. Προβολή του Project(Project View)
3. Κάτω Γραμμή(Bottom Bar)
4. Παλέτα των Windows(Pallete Windows)
5. Κομμάτι Δημιουργίας(Part Creator)
6. Πληκτρολόγιο και Ποντίκι



5.3.1 Γραμμή Μενού (Menu Bar)

Η γραμμή μενού περιέχει τις περισσότερες από τις εντολές και τις επιλογές του Fritzing. Είναι συγκεκριμένου πλαισίου, πράγμα που σημαίνει ότι μόνο τα στοιχειά που σχετίζονται με τις εργασίες που εκτελούνται επί του παρόντος είναι διαθέσιμα. Τα στοιχεία είναι τα εξής:

Αρχείο Επεξεργασία Εξάρτημα Προβολή Παράθυρο Δρομολόγηση Βοήθεια

- **Αρχείο**
 - **Νέο:** Δημιουργεί ένα νέο sketch σε νέο παράθυρο
 - **Άνοιγμα:** Ανοίγει ένα sketch σε νέο παράθυρο

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

- **Άνοιγμα Προσφάτων Αρχείων:** Άνοιγει τα sketches που ανοίχτηκαν πρόσφατα
- **Άνοιγμα Παραδείγματος:** Άνοιγει τα sketches παραδείγματα που υπάρχουν έτοιμα στο Fritzing
- **Κλείσιμο Παραθύρου:** Κλείνει το τρέχον sketch
- **Αποθήκευση:** Αποθηκεύει το sketch στην τρέχουσα κατάσταση
- **Αποθήκευση Ως:** Αποθηκεύει το sketch σαν ένα νέο sketch έχοντας την επιλογή να δοθεί ένα άλλο όνομα
- **Διαμοιρασμός στο Ιντερνέτ:** Τοποθέτηση του έργου στην ιστοσελίδα του Fritzing
- **Παραγγελία Τυπωμένου (PCB) :** Παραγγελία ενός τυπωμένου κυκλώματος που έχει δημιουργηθεί από το σχέδιο από το Fritzing Fab
- **Εξαγωγή ως Εικόνα PNG:** Εξάγει την ορατή περιοχή του sketch σαν μια εικόνα PNG
- **Εξαγωγή ως Εικόνα JPG:** Εξάγει την ορατή περιοχή του sketch σαν μια εικόνα JPG
- **Εξαγωγή ως Εικόνα SVG:** Εξάγει το sketch σαν μια εικόνα SVG
- **Εξαγωγή ως Εικόνα PDF:** Εξάγει την ορατή περιοχή του sketch σαν μια εικόνα PDF
- **Εξαγωγή για Παράγωγη Etchable(PDF) :** Εξάγει το sketch σαν PDF για DIY παράγωγη
- **Εξαγωγή για Παράγωγη Οξυογραφία (SVG) :** Εξάγει το sketch σαν SVG για DIY παραγωγή
- **Εξαγωγή για Παραγωγή Extended Gebler(RS-274X) :** Εξάγει το sketch στο Gebler
- **Λίστα των εξαρτημάτων (Κόστος, Υλικών, ΒοΜ) :** Αποθηκεύει ένα ΒοΜ/λίστα αγορών σαν κείμενο
- **Εξαγωγή XML Netlist:** Αποθηκεύει μια netlist σε μορφή XML
- **Εξαγωγή Spice Netlist:** Αποθηκεύει μια netlist σε μορφή Spice
- **Εκτύπωση:** Τυπώνει το sketch
- **Έξοδος:** Εγκαταλείπει την εφαρμογή

• Επεξεργασία

- **Αναίρεση:** Αναιρεί την τελευταία εντολή η ενέργεια
- **Επανάληψη:** Αναιρεί την ενέργεια της Αναίρεσης
- **Αποκοπή:** Αποκόπτει και αντιγράφει τα συγκεκριμένα αντικείμενα
- **Αντιγραφή:** Αντιγράφει τα συγκεκριμένα αντικείμενα
- **Επικόλληση:** Επικολλά τα αντικείμενο που έχουν επιλεχθεί
- **Επικόλληση εδώ:** Επικολλά τα αντικείμενα που επιλεχθεί στην ίδια θέση
- **Διπλότυπο:** Δημιουργεί ένα αντίγραφο της επιλογής

- **Διαγραφή:** Διαγράφει τα αντικείμενα που έχουν επιλεχτεί
- **Διαγραφή Minus:** Διαγράφει τα αντικείμενα που έχουν επιλεχτεί χωρίς τα καλώδια που είναι συνδεδεμένα πάνω τους
- **Επιλογή Όλων:** Επιλέγει όλα τα στοιχεία
- **Αποεπιλογή:** Αποεπιλέγει τα αντικείμενα που έχουν επιλεχτεί
- **Προσθήκη Σημείωσης:** Εισάγει πεδίο σημείωσης
- **Επιλογές:** Ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο η γλωσσά, το χρώμα και άλλες παράμετροι μπορούν να τροποποιηθούν
- **Εξάρτημα**

- **Επεξεργασία:** Ανοίγει τον επεξεργαστή νέων εξαρτημάτων στο υπάρχων εξάρτημα
- **Εξαγωγή:** Εξάγει το επιλεγμένο εξάρτημα
- **Οριζόντια Αναστροφή:** Αναστρέφει την τρέχουσα επιλογή οριζόντια
- **Κατακόρυφη Αναστροφή:** Αναστρέφει την τρέχουσα επιλογή κατακόρυφα
- **Περιστροφή:** Περιστρέφει την τρέχουσα επιλογή όσες μοίρες επιλέγει
- **Ανύψωση και Κατέβασμα Μεταφορά Εμπρός:** Μεταφέρει τα επιλεγμένα αντικείμενα εμπρός στο επίπεδο τους
- **Ανύψωση και Κατέβασμα Μεταφορά προς τα Εμπρός:** Μεταφέρει τα επιλεγμένα αντικείμενα προς τα εμπρός στο επίπεδο τους
- **Ανύψωση και Κατέβασμα Μεταφορά προς τα Πίσω:** Μεταφέρει τα επιλεγμένα αντικείμενα πίσω στο επίπεδο τους
- **Ανύψωση και Κατέβασμα Μεταφορά Πίσω:** Μεταφέρει τα επιλεγμένα αντικείμενα προς τα πίσω στο επίπεδο τους
- **Align:** Ευθυγραμμίζει τα επιλεγμένα αντικείμενα ανάλογα με την επιλογή αριστερά, δεξιά, στο οριζόντιο κέντρο, πάνω, στο κάθετο κέντρο ή κάτω
- **Κλείδωμα Εξαρτήματος:** Αποτρέπει την μετακίνηση ενός εξαρτήματος
- **Επιλογή Όλων των Κλειδωμένων Εξαρτημάτων:** Επιλεγεί όλα τα εξαρτήματα που δεν μπορούν να μετακινηθούν
- **Προσθήκη σε δοχείο:** Εισάγει τα επιλεγμένα εξαρτήματα στον τρέχων δοχείο
- **Εμφάνιση ετικέτας εξαρτήματος:** Εμφανίζει η κρύβει την ετικέτα του επιλεγμένου εξαρτήματος
- **Επιλογή ξεπερασμένων εξαρτημάτων:** Επιλέγει τα μη ενημερωμένα εξαρτήματα
- **Ενημέρωση επιλεγμένων εξαρτημάτων:** Ενημερώνει τα επιλεγμένα εξαρτήματα
- **Εύρεση εξαρτήματος στο σχέδιο:** Αναζητεί ένα εξάρτημα σε ένα σχέδιο βάση κειμένου
- **Regenerate parts database:** Αναδημιουργεί τα εξαρτήματα μιας βάσης εφόσον αυτή έχει χαμένα στοιχεία

- **Προβολή**

- **Μεγέθυνση:** Εκτελεί μεγέθυνση
- **Σμίκρυνση:** Εκτελεί σμίκρυνση
- **Ταίριασμα στο Παράθυρο:** Ταιριάζει το μέγεθος σε αυτό του παραθύρου
- **Πραγματικό Μέγεθος:** Εμφάνιση φυσικού μεγέθους
- **100% Μέγεθος:** Ταιριάζει το μέγεθος του Project στο 100%
- **Ευθυγράμμιση στο Πλέγμα:** Ευθυγραμμίζει τα αντικείμενα στο πλέγμα κατά το σύρσιμο
- **Εμφάνιση Πλέγματος:** Εμφανίζει κρύβει το πλέγμα
- **Ρύθμιση μεγέθους πλέγματος:** Ρυθμίζει το μέγεθος του πλέγματος σε αυτήν την προβολή
- **Ρύθμιση Χρώματος Φόντου:** Ρυθμίζει το χρώμα του φόντου σε αυτήν την προβολή
- **Show Welcome:** Εμφανίζει την προβολή καλωσορίσματος
- **Εμφάνιση Breadboard:** Εμφανίζει την προβολή Breadboard
- **Εμφάνιση Schematic:** Εμφανίζει την προβολή σχηματικού
- **Εμφάνιση Τυπωμένου PCB:** Εμφανίζει την προβολή τυπωμένου κυκλώματος
- **Εμφάνιση Κώδικα:** Εμφανίζει την προβολή κώδικα
- **Εμφάνιση Δοχείου Εξαρτημάτων ως Εικονίδια:** Εμφανίζει τα εξαρτήματα στο δοχείο σαν εικονίδια
- **Εμφάνιση Δοχείου Εξαρτημάτων ως Λίστα:** Εμφανίζει τα εξαρτήματα στο δοχείο σαν λίστα
- **Εμφάνιση Όλων των Επίπεδων:** Εμφανίζει όλα τα διαθέσιμα επίπεδα στην τρέχουσα προβολή
- **Απόκρυψη Όλων των Επιπέδων:** Υποκρύπτει όλα τα επίπεδα της τρέχουσας προβολής

- **Παράθυρο**

- **Ελαχιστοποίηση:** Ελαχιστοποιεί το τρέχων παράθυρο
- **Εξαρτήματα:** Εμφανίζει η Υποκρύπτει το παράθυρο των εξαρτημάτων
- **Ελεγκτής:** Εμφανίζει η Υποκρύπτει το παράθυρο του ελεγκτή
- **Ιστορία Αναίρεσης:** Εμφανίζει η Υποκρύπτει το παράθυρο του ιστορικού αναίρεσης
- **Επίπεδα:** Εμφανίζει η Υποκρύπτει το παράθυρο των επιπέδων
- **Sketch:** Εμφανίζει η Υποκρύπτει το παράθυρο του τρέχων σχεδίου

- **Δρομολόγηση**
 - **Εμφάνιση μη δρομολογημένων:** Επισήμανση όλων των μη δρομολογημένων συνδετήρων
 - **Επιλογή όλων των καλωδίων:** Επιλεγεί όλα τα καλώδια

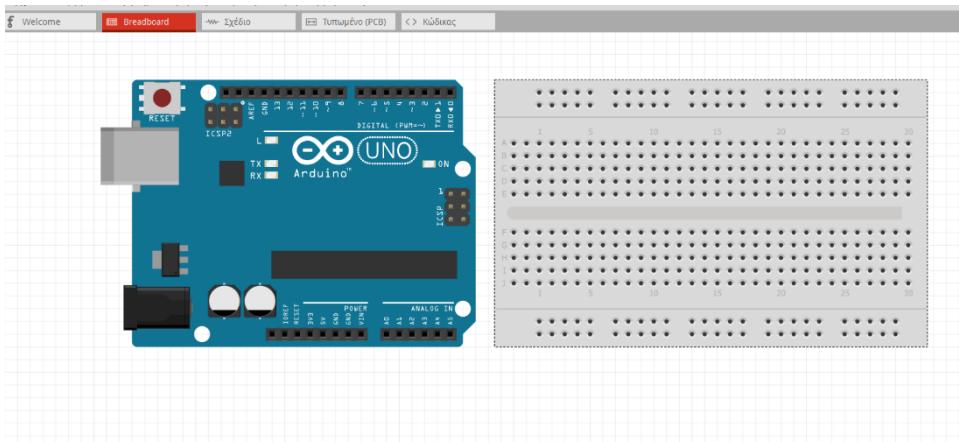
- **Βοήθεια**
 - **Βοηθήματα στο Διαδίκτυο:** Ανοίγει την βοήθεια στην ιστοσελίδα του Fritzing
 - **Συλλογή Έργων στο Διαδίκτυο:** Ανοίγει παραδείγματα στην ιστοσελίδα του Fritzing
 - **Αναφορά Εξαρτημάτων στο Διαδίκτυο:** Ανοίγει την αναφορά εξαρτημάτων στην ιστοσελίδα του Fritzing
 - **Βοήθεια Επεξεργαστή Εξαρτημάτων:** Εμφανίζει την βοήθεια του Επεξεργαστή Εξαρτημάτων σε έναν φυλλομετρητή
 - **Έλεγχος για ενημερώσεις:** Ελέγχει αν υπάρχει νέα έκδοση του Fritzing
 - **Αναφορά Προβλήματος:** Αναφέρει κάποιο πρόβλημα που εντοπίστηκε στην ιστοσελίδα του Fritzing
 - **Ενεργοποίηση καταγραφής αποσφαλμάτωσης:** Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την καταγραφή αποσφαλμάτωσης
 - **Περί:** Εμφανίζει τις πληροφορίες της εφαρμογής
 - **Συμβουλές Κόλπα και Συντομεύσεις:** Ανοίγει ένα μικρό παράθυρο με μερικές χρήσιμες συμβουλές και κόλπα
 - **Βοήθεια Πρώτης Φοράς:** Εμφανίζει ένα μικρό κείμενο εισαγωγής για την κάθε προβολή (breadboard, schematic, PCB , κώδικας)

5.3.2 Προβολή του Project (Project View)

Σε αυτό το παράθυρο το εικονικό κύκλωμα κτίζεται και επεξεργάζεται σε προβολή Breadboard, Schematic ή PCB τυπωμένου κυκλώματος. Κατά την επεξεργασία ενός κυκλώματος σε οποιαδήποτε από τις προβολές, η αλλαγή θα γίνει και στις άλλες δυο.

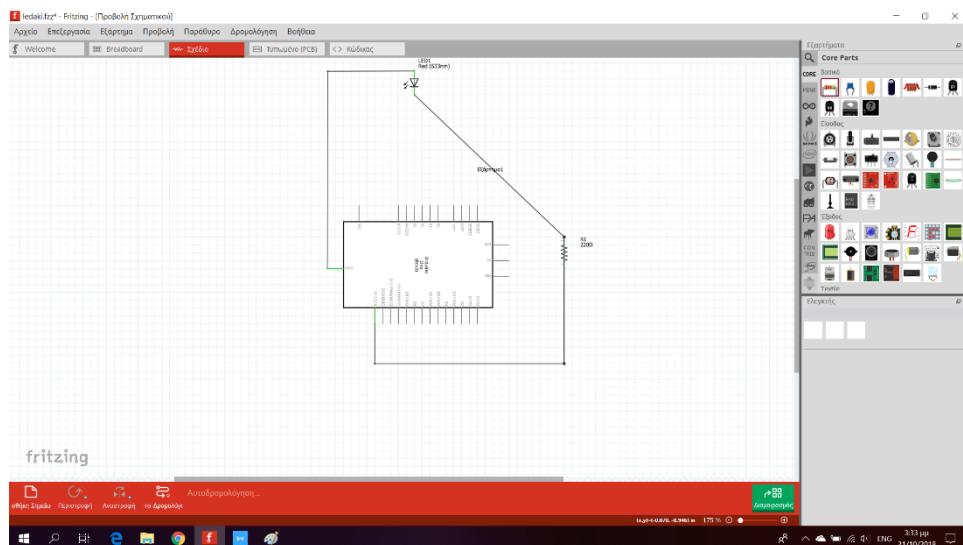
- **Προβολή BreadBoard**

Η προβολή Breadboard είναι η πιθανή αρχή ενός project. Σε αυτή την προβολή γίνεται η αναπαράσταση ενός εικονικού κυκλώματος το οποίο μοιάζει όπως ένα πραγματικό, αποφεύγοντας με αυτό το τρόπο λάθη που μπορούν να δημιουργηθούν από την μετάβαση ενός φυσικού Breadboard στην αναπαράσταση ενός κυκλώματος.



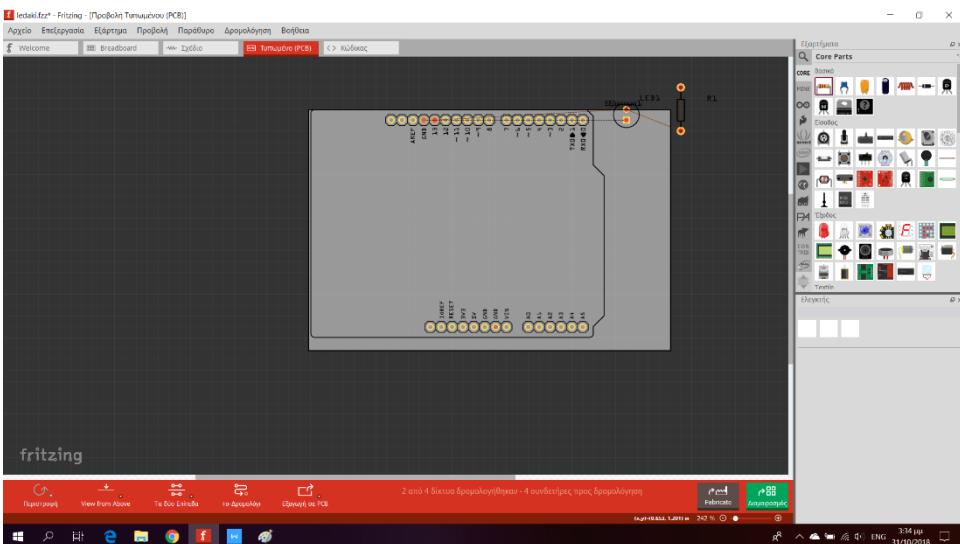
• Προβολή Schematic

Η σχηματική προβολή δείχνει άμεσα το κύκλωμα που έχει κατασκευαστεί σε προβολή breadboard ως αναπαράσταση κυκλώματος. Η ροή εργασιών σε αυτήν την προβολή είναι παρόμοια με αυτήν που εμφανίζεται στην προβολή τυπωμένου κυκλώματος PCB.



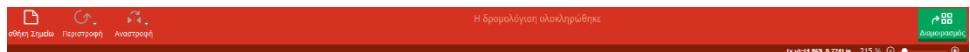
• Προβολή PCB

Η προβολή τυπωμένου κυκλώματος επιτρέπει τον σχεδιασμό και την εξαγωγή των απαραίτητων έγγραφων για την παραγωγή ενός τυπωμένου κυκλώματος PCB. Η προβολή τυπωμένου κυκλώματος διαθέτει τη λειτουργία Autoroute, η οποία προσφέρει μεγάλη εξοικονόμηση χρόνου.



5.3.3 Κάτω Γραμμή (Bottom Bar)

Η κάτω γραμμή παρέχει γρήγορη πρόσβαση σε μερικές από τις εντολές και τις επιλογές του Fritzing. Είναι συγκεκριμένου πλαισίου, πράγμα που σημαίνει ότι μόνο τα στοιχειά που σχετίζονται με τις εργασίες που εκτελούνται επί του παρόντος είναι διαθέσιμα. Κατά την διάρκεια τοποθέτησης του δρομέα του ποντικιού πάνω από καλώδια η εντολές μια γραμμή κατάστασης κάτω από την κάτω γραμμή εμφανίζει χρήσιμες πληροφορίες.



5.3.4 Παλέτα των των Windows (Palette Windows)

Η Παλέτα των Windows παρέχει τμήματα, εργαλεία και πληροφορίες, τα οποία μπορούν να εμφανίζονται ή να αποκρύπτονται μέσω της ενότητας Παράθυρο της γραμμής μενού. Περιλαμβάνει τα εξής:

- Εναλλαγή Προβολών (View Switcher)

Επιτρέπει την εναλλαγή μεταξύ των προβολών breadboard, schematic και PCB



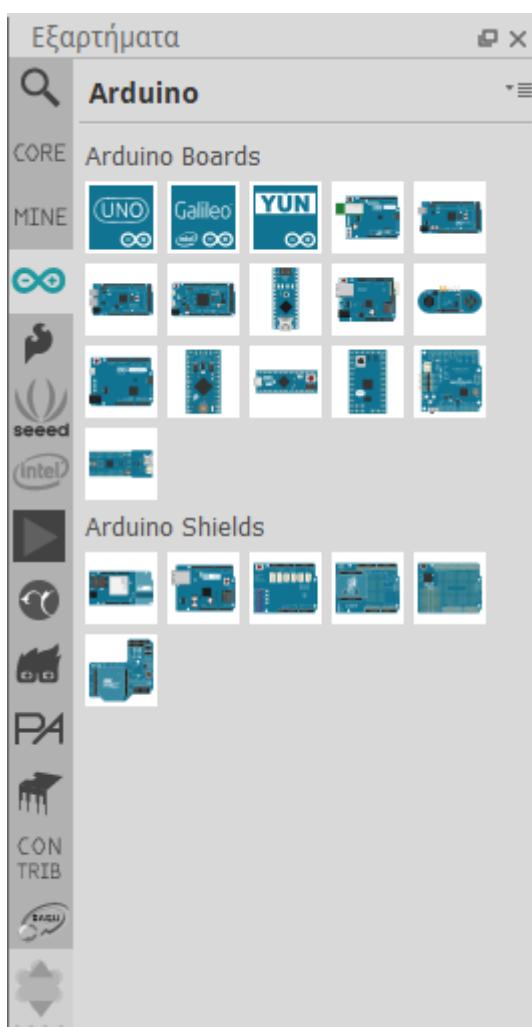
- Βιβλιοθήκη εξαρτημάτων

Έχει μια ποικιλία από ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία μπορούν να μεταφερθούν κατευθείαν στο project. Τα εξαρτήματα αυτά είναι ταξινομημένα σε δοχεία. Το Fritzing έχει ένα δοχείο Core που έχει βασικά εξαρτήματα αλλά υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας εξαρτημάτων τα οποία τοποθετούνται στο δοχείο Mine. Υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα εύρεσης εξαρτήματος πληκτρολογώντας το όνομα του.

Με δεξί κλικ πάνω στα δοχεία η στα εξαρτήματα υπάρχουν οι εξής δυνατότητες αντίστοιχα:

- **Δοχεία:**
 - Κλείσιμο Δοχείου
 - Διαγράφη Δοχείου
 - Αποθήκευση Δοχείου
 - Αποθήκευση δοχείου ως
 - Εξαγωγή Δοχείου
 - Μετονομασία Δοχείο

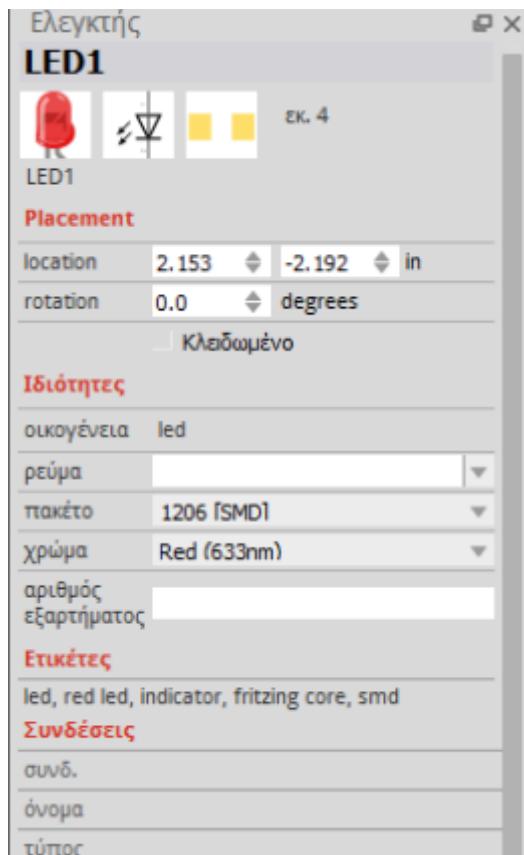
- **Εξαρτήματα:**
 - Επεξεργασία Εξαρτήματος
 - Εξαγωγή Εξαρτήματος
 - Αφαίρεση Εξαρτήματος
 - Εύρεση Εξαρτήματος στο Σχέδιο



- **Ελεγκτής εξαρτημάτων**

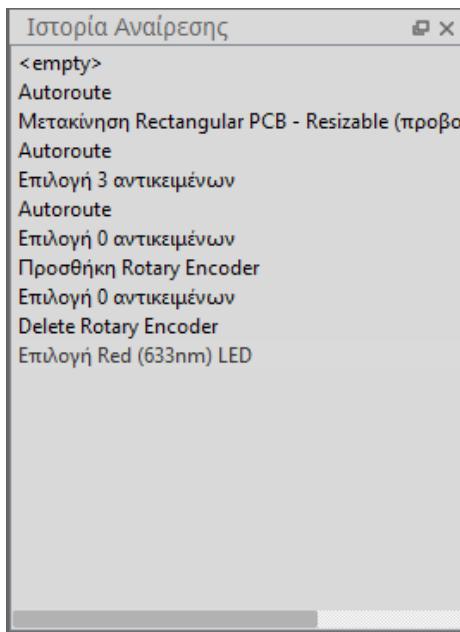
Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

Εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με ένα επιλεγμένο εξάρτημα (όνομα, εικονίδιο, ιδιότητες και ετικέτες). Ορισμένες από αυτές τις πληροφορίες, όπως όνομα ή ιδιότητα ενός εξαρτήματος, μπορούν να τροποποιηθούν άμεσα μέσω αυτού του παραθύρου.



- **Ιστορία Αναίρεσης**

Παρέχει μια λίστα με τις τελευταίες ενέργειες και έχει γρήγορη πρόσβαση στη λειτουργία Αναίρεση.



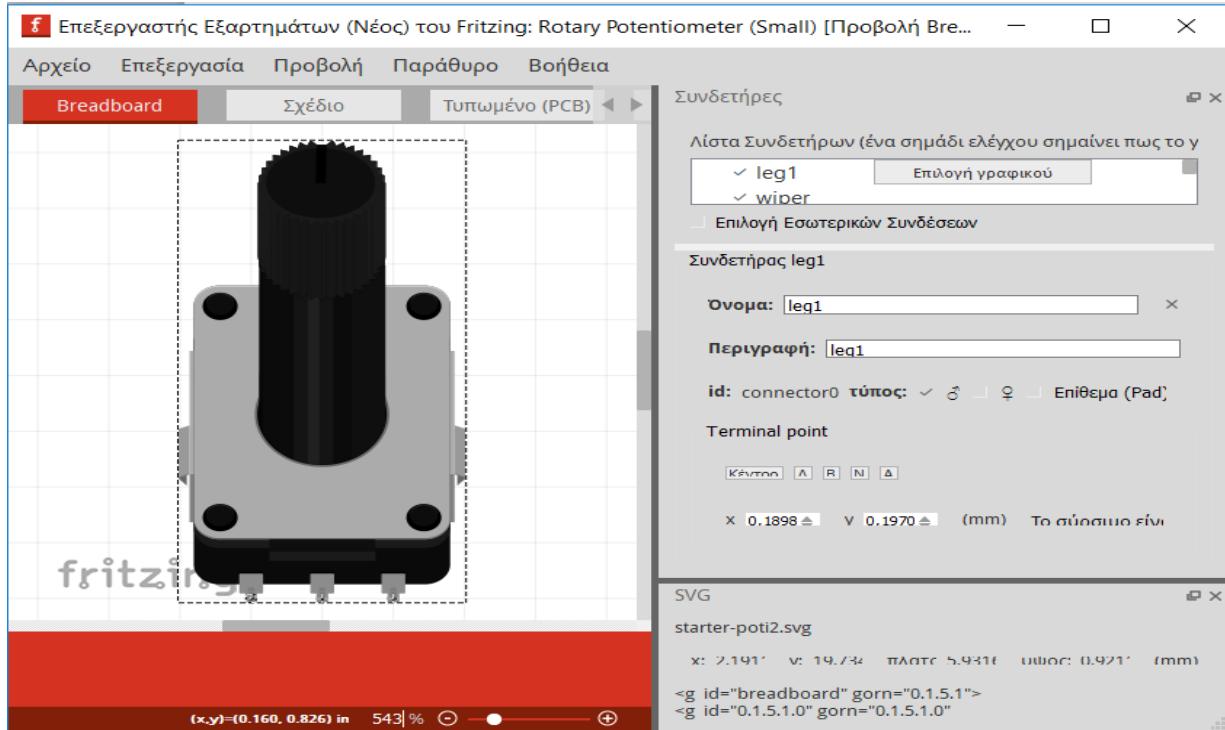
5.3.5 Κομμάτι Δημιουργίας (Part Creator)

Το Κομμάτι Δημιουργίας είναι ένα εργαλείο για την τροποποίηση εξαρτημάτων ή για τη δημιουργία νέων εξαρτημάτων για το Fritzing και έχει το δικό του ξεχωριστό παράθυρο. Τα γραφικά και οι ιδιότητες των εξαρτημάτων μπορούν να επεξεργαστούν χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο.

Παρακάτω γίνεται αναφορά σε όλες τις επιλογές του Part Creator:

- **Όνομα:** Το όνομα του εξαρτήματος
- **Εικόνα :** Η εικόνα του εξαρτήματος όπως φαίνεται στην Βιβλιοθήκη Εξαρτημάτων
- **Γραφικά:**
- **Φόρτωση Εικόνας:** φορτώνει τα γραφικά για την κάθε προβολή (Breadboard, Schematic ή PCB)
- **Zoom:** Μεγέθυνση η σμίκρυνση για επεξεργασία των συνδετήρων και των τερματικών σημείων
- **Εμφάνιση τερματικού σημείου :** Ρυθμίζει τα τερματικά σημεία των συνδετήρων
- **Προδιαγραφές:**
- **Ετικέτα:** Παρέχει επιπλέον πληροφορίες για παράδειγμα LED#1
- **Περιγραφή:** Παρέχει μια μικρή περιγραφή του εξαρτήματος
- **Ιδιότητες:** Παρέχει πληροφορίες για την οικογένεια που ανήκει το εξάρτημα καθώς και για τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.
- **Συντάκτης:** Παρέχει το όνομα του συντάκτη
- **Συνδετήρες**
- **Λίστα συνδετήρων:** Λίστα με όλους τους συνδετήρες του εξαρτήματος
- **Όνομα:** Όνομα του συνδετήρα
- **Τύπος Αρσενικό/Θηλυκό:** Τύπος συνδετήρα

- **Περιγραφή:** Μια μικρή περιγραφή του εξαρτήματος
- **Τερματικό σημείο:** Σημείο της ένωσης του συνδετήρα με το καλώδιο
- **Αποθήκευση ως νέου εξαρτήματος:** Αποθηκεύει τις καινούργιες ή τροποποιημένες πληροφορίες σαν ένα νέο εξάρτημα



5.3.6 Πληκτρολόγιο και Ποντίκι

Το πληκτρολόγιο και το ποντίκι αποτελούν εργαλεία για τον πλήρη έλεγχο του Fritzing παρέχοντας δυνατότητες που συμβάλουν στην βελτίωση της ταχύτητας της ροής εργασίας.

Οι βασικές λειτουργίες τους είναι οι εξής:

- Κλικ σε ένα εξάρτημα: Επιλογή του εξαρτήματος
- Επιλογή και σύρσιμο του αντικειμένου από την Βιβλιοθήκη Εξαρτημάτων στο Project: Δυνατότητα χρήσης του εξαρτήματος στο Project
- Επιλογή και σύρσιμο του αντικειμένου στο Project: Δυνατότητα μετακίνησης του εξαρτήματος στο Project
- Επιλογή και σύρσιμο του συνδετήρα ενός εξαρτήματος και στην συνέχεια αφήνοντας στο σε ένα δεύτερο συνδετήρα: Δημιουργεί ένα καλώδιο το οποίο ενώνει τον πρώτο συνδετήρα με τον δεύτερο, σε μια επιτυχής ένωση το καλώδιο είναι πράσινο ενώ σε άλλη περίπτωση κόκκινο.

Επιπλέον λειτουργίες για επεξεργασία είναι:

- Σύρσιμο η διπλό κλικ σε ένα καλώδιο: Δημιουργεί σημείο καμπής στο καλώδιο
- Διπλό κλικ σε σημείο καμπής: Διαγραφεί το σημείο καμπής

- ALT+Σύρσιμο από ένα σημείο καμπής (σε Schematic και PCB προβολή μόνο): Δημιουργεί ένα καινούργιο καλώδιο που ξεκινά από το σημείο αυτό
- ALT+Σύρσιμο σε ένα τμήμα καλωδίου: Μετακινεί το τμήμα καλωδίου
- ALT+SHIFT+ Σύρσιμο σε ένα τμήμα καλωδίου: Μετακινεί το τμήμα καλωδίου κατά 45 μοίρες
- SHIFT+ Σύρσιμο ενός αντικειμένου: Περιορίζει την κίνηση του οριζόντια ή κάθετα
- SPACE+ Σύρσιμο: Μετακινεί το πίσω μέρος του Project
- Scroll Wheel: Μεγεθύνει η σμικραίνει το πλάνο
- Δεξί κλικ σε ένα αντικείμενο η σε ένα καλώδιο: Ανοίγει μενού με τις δυνατότητες επεξεργασίας

6 Raspberry Pi

6.1 Εισαγωγή



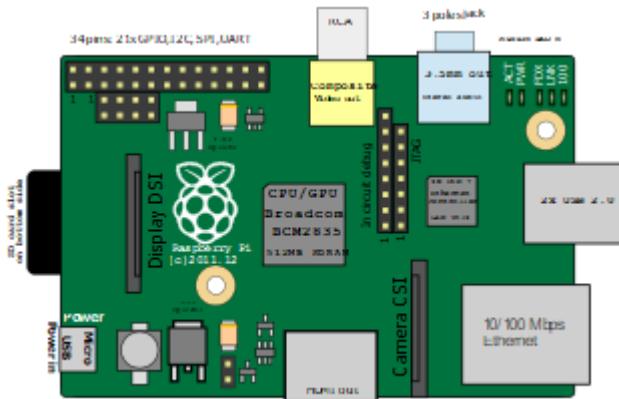
Το Raspberry Pi αναπτύχθηκε από το Raspberry Pi Foundation, με σκοπό την προώθηση της διδασκαλίας της επιστήμης των υπολογιστών στα σχολεία και στις υπό ανάπτυξη χώρες. Αποτελεί μία συσκευή που λειτουργεί ως ένας ολοκληρωμένος Η/Υ, αλλά σε μέγεθος κάρτας. Η πρώτη γενιά του Raspberry Pi κυκλοφόρησε στην αγορά τον Φεβρουάριο του 2012. Έκτοτε έχουν κυκλοφορήσει στην αγορά αρκετές γενιές του Raspberry Pi, μεταξύ των οποίων τα: Raspberry Pi 2, Raspberry Pi 3 και πρόσφατα το Raspberry Pi 4.

Το Raspberry Pi πρόκειται για έναν ολοκληρωμένο υπολογιστή σε μέγεθος παλάμης, με αρκετά μικρό κόστος αγοράς. Για να μπορέσει να λειτουργήσει η συσκευή θα χρειαστεί να αγοράσετε επιπρόσθετα ένα καλώδιο τροφοδοσίας (USB), πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνη & κάποιο αποθηκευτικό μέσο, πχ. Κάρτα μνήμης USB.

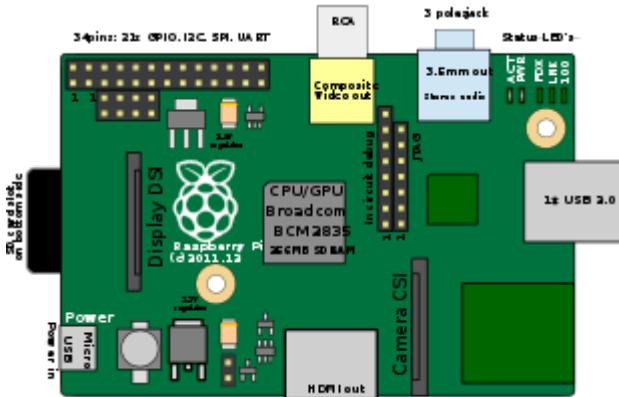
6.2 Εκδόσεις / Γενιές

6.2.1 Raspberry Pi 1

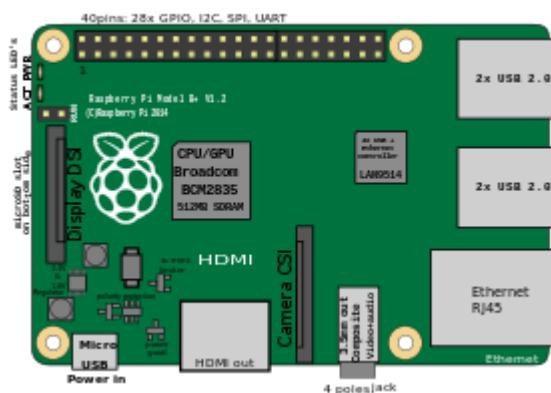
Τον Φεβρουάριο του 2012 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 1 Model B, το οποίο χρησιμοποιούσε τον μικροελεγκτή BCM2835 της Broadcom. Ο επεξεργαστής του ήταν ο ARM1176JZF-S (ARMv6Z 32-bit), ο οποίος ήταν χρονισμένος στα 700MHz. Το σύστημα διέθετε αρχικά μνήμη 256Mb, ενώ από τον Οκτώβριο του 2102 επεκτάθηκε στα 512Mb. Επιπλέον το σύστημα διαθέτει 34 ακίδες, 2 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.



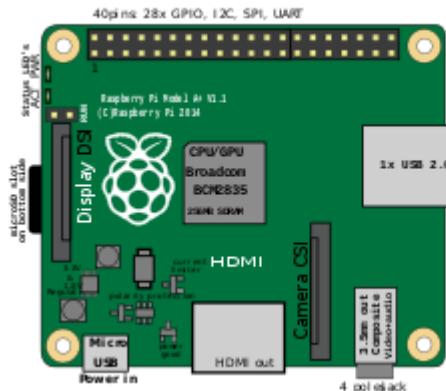
Το Φεβρουάριο του 2013 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 1 Model A. Το Model A αποτελεί μια πιο οικονομική έκδοση του Model B, έχοντας την ίδια αρχιτεκτονική, αλλά λιγότερες δυνατότητες σε επίπεδο υλικού. Πιο συγκεκριμένα αποτελείτο από τον ίδιο μικροελεγκτή (BCM2835) & επεξεργαστή (ARM1176JZF-S), μνήμη των 256 Mb, 34 ακίδες, 1 θύρα USB 2.0 και 1 θύρα HDMI, ενώ η συγκεκριμένη έκδοση δεν είχε θύρα Ethernet σε αντίθεση με το Model B.



Τον Ιούλιο του 2014 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 1 Model B+. Αποτελεί ουσιαστικά το ίδιο σύστημα με τον προκάτοχο του Raspberry Pi 1 Model B έχοντας βέβαια μερικές βελτιώσεις. Ο αριθμός των ακίδων έχει αυξηθεί από 36 σε 40 και παρέχει 2 επιπλέον θύρες USB 2.0.



Αντίστοιχα τον Νοέμβριο του 2014 κυκλοφόρησε η βελτιωμένη έκδοση του Raspberry Pi 1 Model A, το Raspberry Pi 1 Model A+. Η μοναδική βελτίωση στην συγκεκριμένη έκδοση είναι η αύξηση των ακίδων από 36 σε 40.

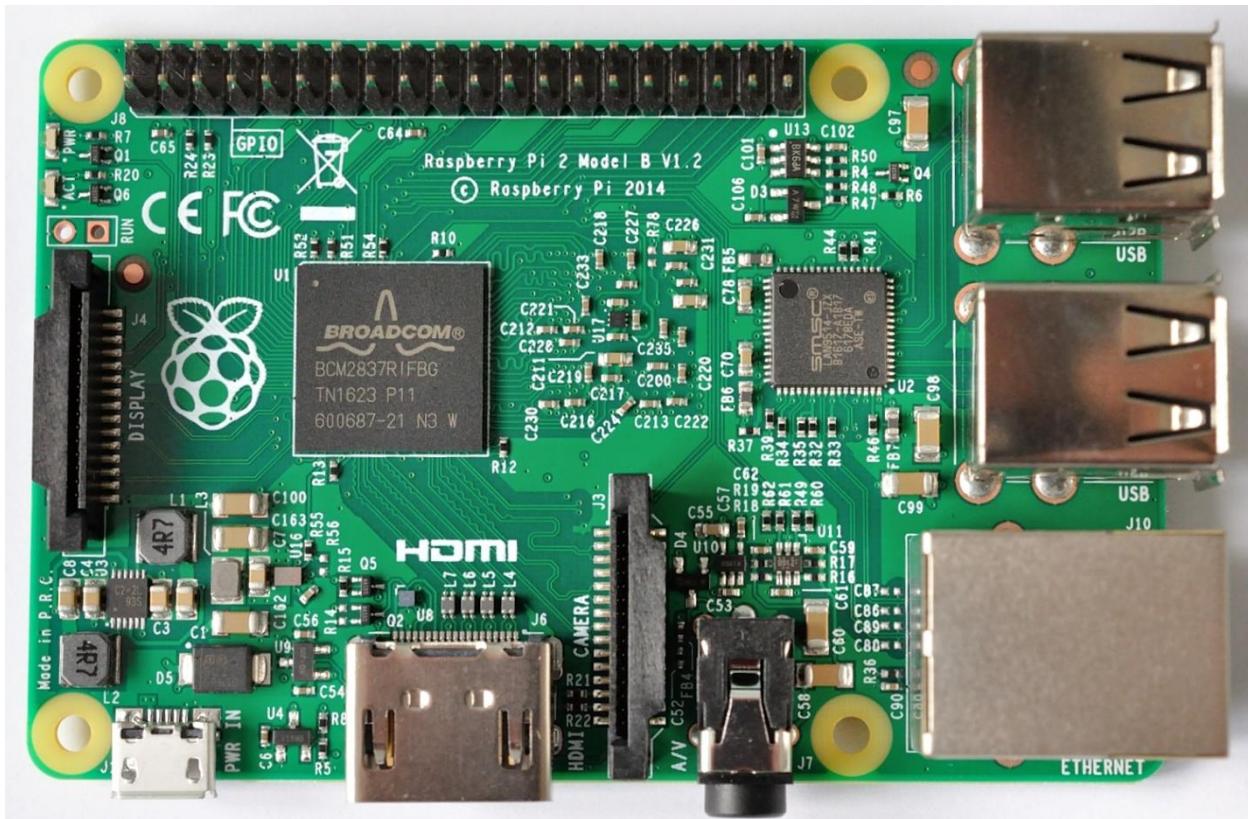


6.2.2 Raspberry Pi 2

Τον Φεβρουάριο του 2015 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 2 Model B με τον μικροελεγκτή BCM2836, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A7 (ARMv7-A 32-bit) στα 900MHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.

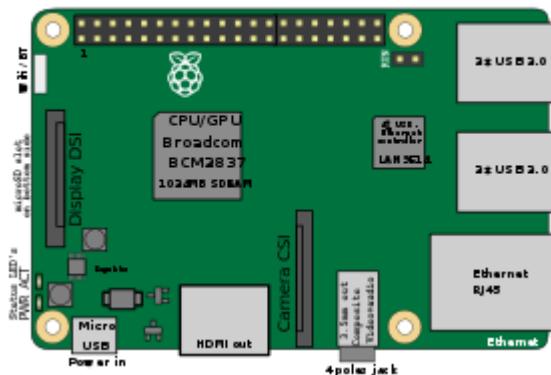


Τον Οκτώβριο του 2016 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 2 Model B V1.2 με τον μικροελεγκτή BCM2837, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 900MHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.



6.2.3 Raspberry Pi 3

Τον Φεβρουάριο του 2016 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 Model B με τον μικροελεγκτή BCM2837, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.2GHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n single band 2.4GHz, Bluetooth 4.1 BLE και 1 θύρα HDMI.

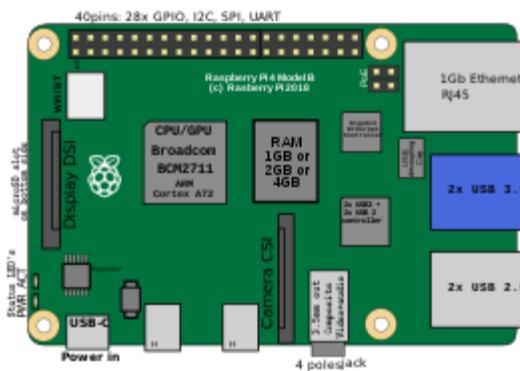


Τον Μάρτιο του 2018 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 Model B + με τον μικροελεγκτή BCM2837B0, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.4GHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n/ac dual band 2.4/5GHz, Bluetooth 4.2 LS BLE και 1 θύρα HDMI.

Τον Νοέμβριο του 2018 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 Model A + με τον μικροελεγκτή BCM2837B0, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8 64-bit) στα 1.4GHz, μνήμη 512Mb, 40 ακίδες, 1 θύρα USB 2.0, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n/ac dual band 2.4/5GHz, Bluetooth 4.2 BLE και 1 θύρα HDMI.

6.2.4 Raspberry Pi 4

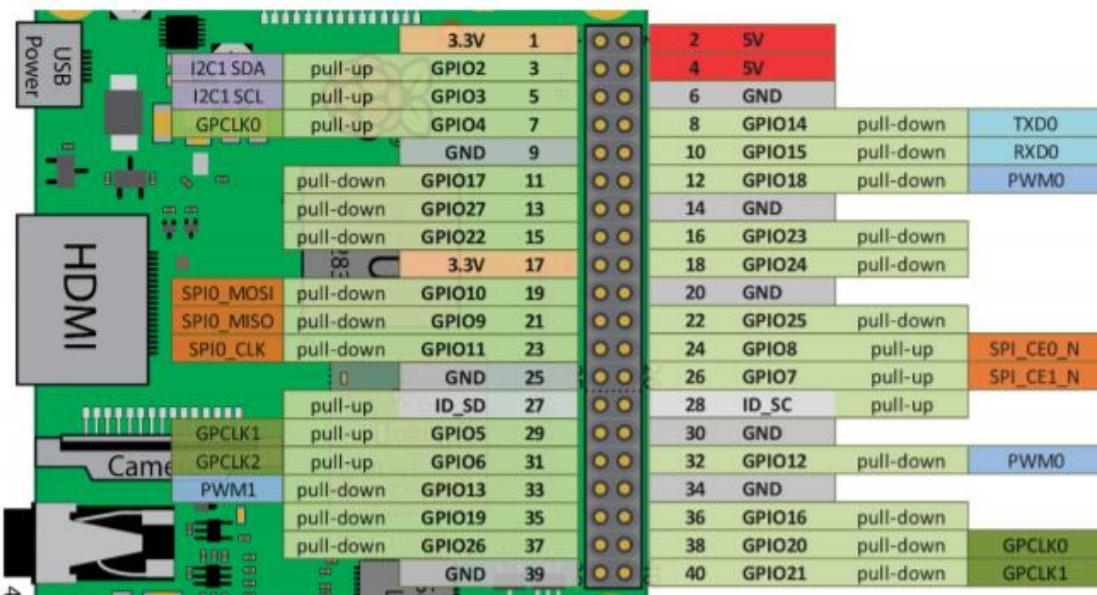
Τον Ιούνιο του 2019 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 4 Model B με 3 εκδόσεις που διαφέρουν στη μνήμη (1, 2, 4 GB), με τον μικροελεγκτή BCM2711, με τετραπύρηνο επεξεργαστή Cortex-A72 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.5GHz, 40 ακίδες, 2 θύρες USB 2.0, 2 θύρες USB 3.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n/ac dual band 2.4/5GHz, Bluetooth 5.0 και 2 θύρες HDMI.



Τον Μάιο 2020 κυκλοφόρησε νέα έκδοση του Raspberry Pi 4 Model B, με μνήμη 8GB και με τα ίδια χαρακτηριστικά, με τις προηγούμενες εκδόσεις.

6.3 Raspberry Pi pinout

Με εξαίρεση τα πρώτα 2 μοντέλα των Raspberry Pi, όλα τα υπόλοιπα μοντέλα διαθέτουν 40 ακίδες. Το Raspberry Pi 3 Model B για παράδειγμα διαθέτει τις παρακάτω ακίδες



Όπως βλέπουμε και στην εικόνα η κάθε ακίδα έχει το δικό της χαρακτηριστικό. Συνολικά υπάρχουν 9 διαφορετικά είδη.

Αναλυτικά βλέπουμε:

- 2 ακίδες για τάση 5V.

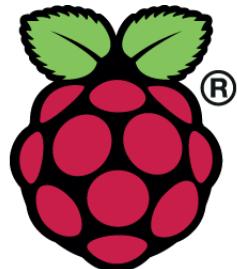
- 2 ακίδες για τάση 3.3V.
- 8 ακίδες για γείωση.
- 11 ακίδες για γενική χρήση.
- 2 ακίδες I2C.
- 5 ακίδες CLK.
- 5 ακίδες SPI.
- 3 ακίδες PWM.
- 2 ακίδες UART.

Τα χαρακτηριστικά των ακίδων είναι τα εξής:

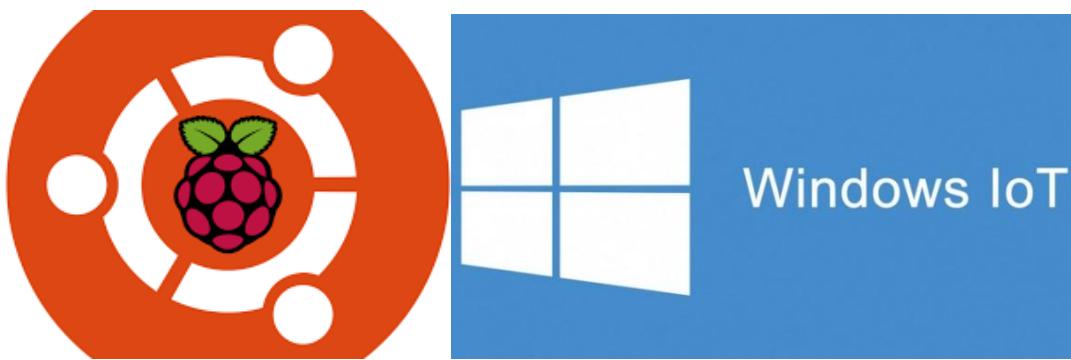
- Οι ακίδες I2C χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ πολλών απλών συσκευών και αισθητήρων μέσω μόνο δύο καλωδίων, με χαμηλές ταχύτητες.
- Οι ακίδες CLK χρησιμοποιούνται για χρονικά σήματα για να παρέχουν παλμούς με μέγιστη συχνότητα περίπου 75MHz.
- Οι ακίδες SPI χρησιμοποιούνται για να διαβάζουν περίπλοκους αισθητήρες, απλές οθόνες, ή επικοινωνία μεταξύ συσκευών. Η κάθε μετάδοση δεδομένων συγχρονίζεται από ένα χρονικό παλμό.
- Οι ακίδες PWM χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζουν την ταχύτητα.
- Οι ακίδες UART χρησιμοποιούνται για πρόσβαση σε σειριακή κονσόλα, μετάδοση δεδομένων κατά τη σειριακή σύνδεση.

6.4 Λογισμικό

To Raspberry Pi Foundation αναπτύσσει και συντηρεί το Raspberry Pi OS (πρώην Raspbian). To Raspberry Pi OS βασίζεται στην διανομή Debian του Linux .

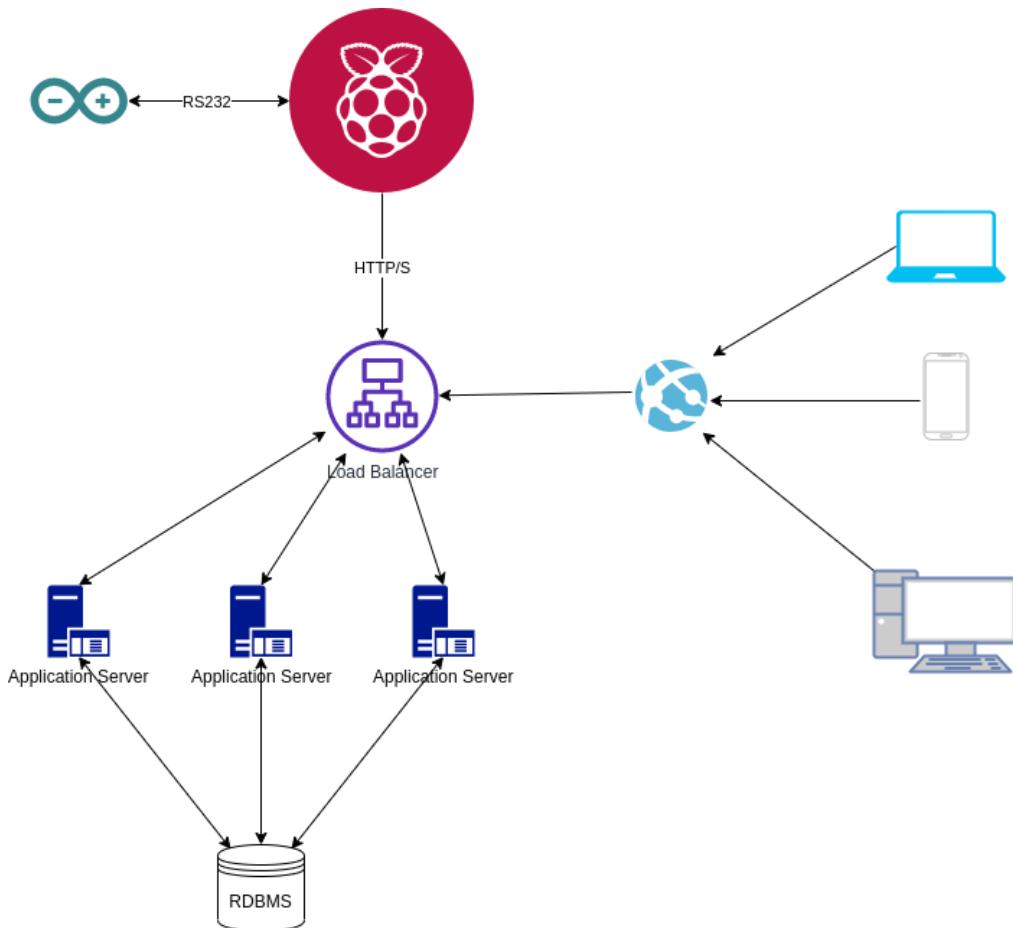


Παρόλα αυτά υπάρχουν διαθέσιμα προς εγκατάσταση πολλά διαφορετικά λειτουργικά συστήματα για το Raspberry Pi, τα οποία αναπτύσσονται και συντηρούνται από διάφορους vendors, μεταξύ των οποίων το Ubuntu της Canonical & το Windows 10 IoT της Microsoft.



7 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Στα πλαίσια ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος εξόρυξης και προβολής μετεωρολογικών δεδομένων, καταλήξαμε στην παρακάτω αρχιτεκτονική σχεδίαση



Ο σκοπός ενός πληροφοριακού συστήματος μετεωρολογικού σταθμού είναι να ενημερώνει τον τελικό χρήστη με μετεωρολογικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζονται πολλά διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα. Κάθε υπολογιστικό σύστημα έχει την δική του πολυπλοκότητα και τον δικό του τρόπο λειτουργίας.

Συνολικά όμως όλα τα επιμέρους υπολογιστικά συστήματα πρέπει τόσο να λειτουργούν απρόσκοπτα ατομικά, όσο και να συνεργάζονται απρόσκοπτα ομαδικά.

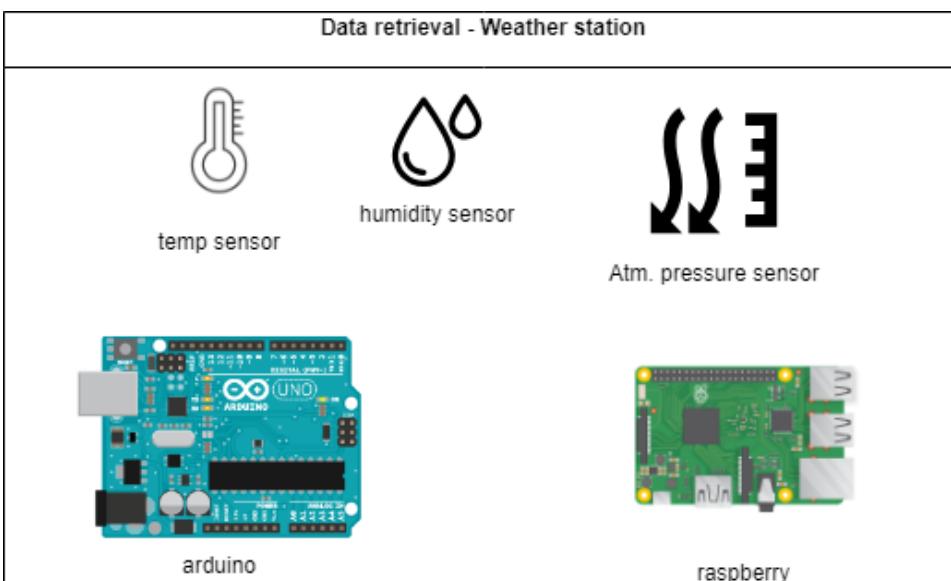
Με βάση τις παραπάνω ανάγκες αποφασίσαμε να σπάσουμε την συνολική υλοποίηση στα τρία (3) παρακάτω διακριτά λογικά επίπεδα.

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

- **Επίπεδο εξόρυξης δεδομένων (Data retrieval layer)**: Αφορά κάθε υλικό και λογισμικό σύστημα που σχετίζεται με την εξόρυξη μετεωρολογικών δεδομένων. Επιπλέον είναι υπεύθυνο για την αποστολή των δεδομένων στο επόμενο layer.
- **Επίπεδο εφαρμογής (Application layer)**: Αφορά κάθε υλικό και λογισμικό σύστημα που σχετίζεται με την αποθήκευση & την επεξεργασία των δεδομένων. Επίσης αποτελεί και τον συντονιστή των υπόλοιπων συστημάτων.
- **Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)**: Αφορά την αποτύπωση των δεδομένων στον τελικό χρήστη.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναλύσουμε την πολυπλοκότητα του κάθε λογικού επιπέδου και τους λόγους για τους οποίους καταλήξαμε στην παρακάτω αρχιτεκτονική σχεδίαση.

7.1 Επίπεδο εξόρυξης δεδομένων (Data retrieval layer)



Το επίπεδο εξόρυξης δεδομένων αποτελεί το λογικό επίπεδο, το οποίο είναι υπεύθυνο για να πάρει μετρήσεις από το περιβάλλον να τις μετατρέψει σε μετεωρολογικά δεδομένα και μετέπειτα να προωθήσει αυτά τα δεδομένα σε ένα κεντρικό υπολογιστικό σύστημα.

Τα τρία (3) μεγάλα προβλήματα που έπρεπε να λύσουμε σε αυτό το επίπεδο είναι τα εξής:

- Η εξόρυξη μετρήσεων από το φυσικό περιβάλλον.
- Η μετατροπή των μετρήσεων σε μετεωρολογικά δεδομένα.
- Η αποστολή των δεδομένων σε ένα κεντρικό υπολογιστικό σύστημα.

Για την εξόρυξη των μετρήσεων και για την μετατροπή τους σε μετεωρολογικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής arduino uno rev3. και οι αισθητήρες αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 1-Wire, αισθητήρας υγρασίας Honeywell HIH-4030 & αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης bmp180.

Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε το arudino UNO και οι προαναφερθέντες αισθητήρες είναι γιατί η σουίτα του arduino προσφέρουν ένα έτοιμο, πολύ απλό & εύχρηστο περιβάλλον ή διεπαφή για την συλλογή δεδομένων από αισθητήρες. Επιπλέον το κόστος του arduino είναι πολύ χαμηλό σχετικά με τον ανταγωνισμό.

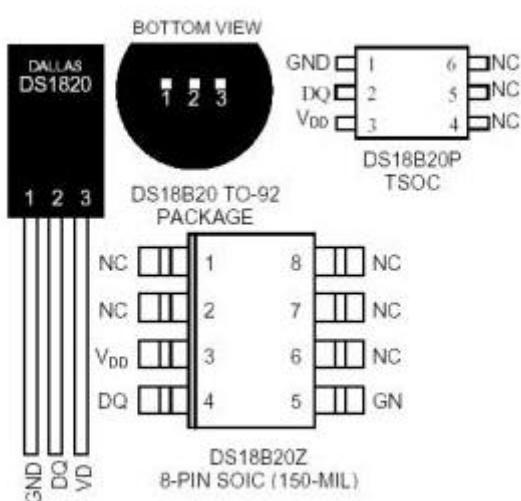
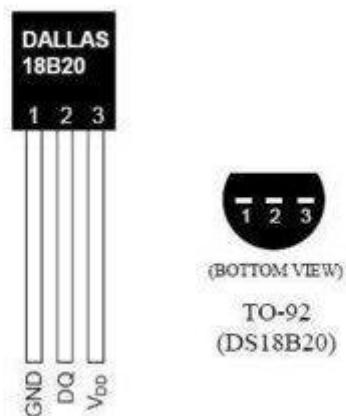
7.1.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20

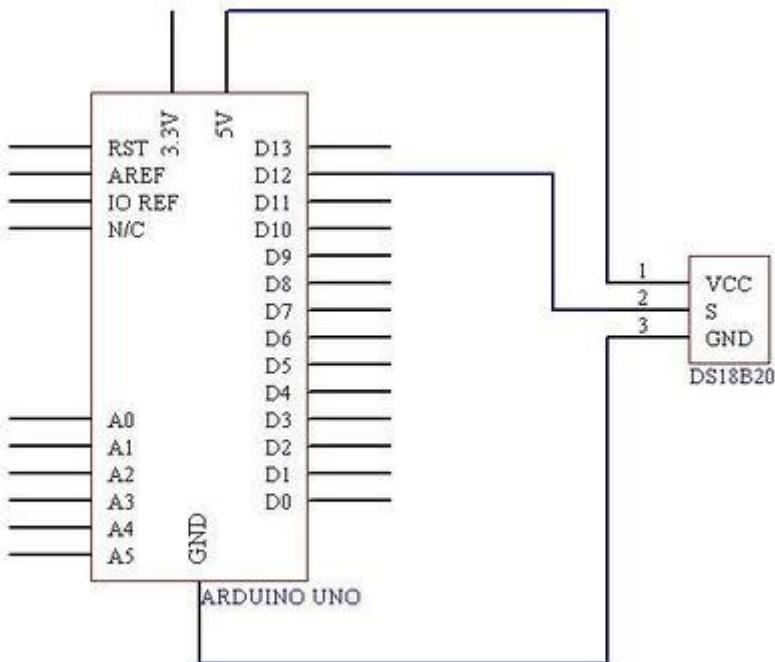
Ψηφιακός αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 1-Wire από την Maxim-IC. Υπολογίζει βαθμούς Κελσίου (°C) από -55°C έως 125°C (+/-0.5°C) με ακρίβεια 9 - 12bit. Κάθε αισθητήρας χαρακτηρίζεται από μία διεύθυνση 16-Bit. Λόγω των διευθύνσεων που έχουν οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να συνδεθούν πολλοί μαζί σε ένα μόνο καλώδιο (πρωτόκολλο 1-wire).

Τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- 1-Wire ® Interface που απαιτεί μόνο ένα pin για επικοινωνία.
- Κάθε συσκευή έχει έναν μοναδικό 64-bit σειριακό κωδικό αποθηκευμένο σε on-board ROM.

- Δυνατότητα multidrop που απλοποιεί τις κατανεμημένες εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας.
- Δεν απαιτείται επιπλέον εξαρτήματα.
- Τροφοδοτείται με 3.0V έως 5.5V.
- Μετρά θερμοκρασίες από -55°C έως 125°C .
- $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ με ακρίβεια μεταξύ -10°C έως $+85^{\circ}\text{C}$.



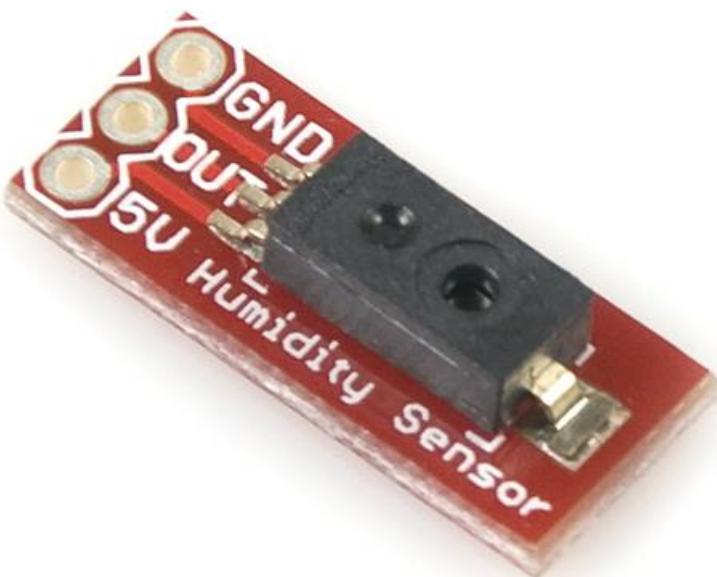


7.1.2 Αισθητήρας υγρασίας Honeywell HIH-4030

Ο Honeywell HIH-4030 μετρά την σχετική υγρασία (% RH) και θα παρέχει, ως έξοδο αναλογικού εύρους τάση. Βασίζεται στην ηλεκτρική χωρητικότητα, ικανότητα δύο κοντινών ηλεκτρικών αγωγών να δημιουργούν ένα ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ τους. Το φίλμ συλλέγει την υγρασία από τον αέρα και η υγρασία που ανιχνεύει προκαλεί μικρές αλλαγές στην τάση μεταξύ των δύο πλακών. Οι αλλαγές στην τάση θα μετατραπούν σε ψηφιακές ενδείξεις δείχνει το ποσοστό της υγρασίας στον αέρα.

Τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Χυτό θερμοσκληρυντικό πλαστικό περίβλημα.
- Διαστάσεις 4,14 x 2,67 x 8,59 mm
- Τροφοδοσία 5 V
- Χαμηλή κατανάλωση 200 μ A
- Αυξημένη ακρίβεια (±3,5% 0 έως 100 %RH)
- Ανθεκτικός σε διάφορα χημικά
- Συμβατός με πολλούς μικροελεγκτές.

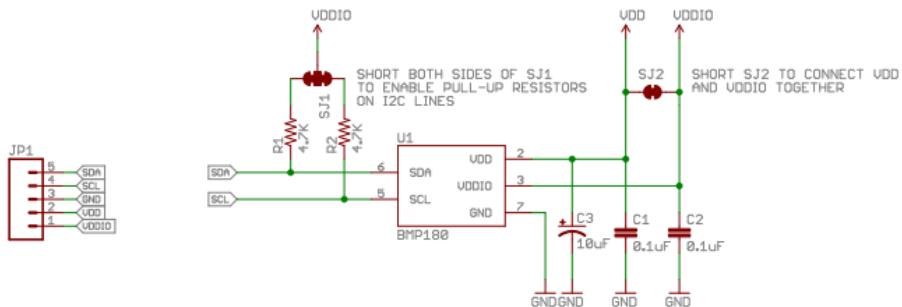
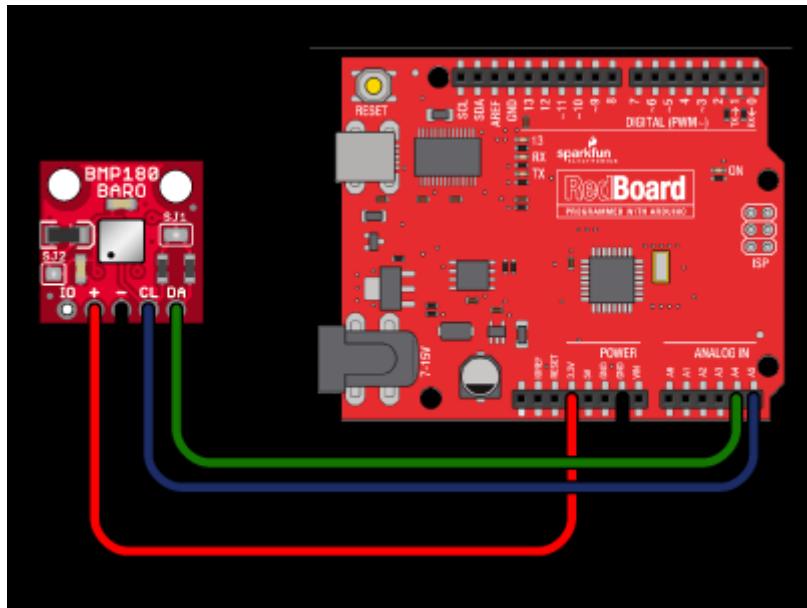


7.1.3 Αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης bmp180

Ο αισθητήρας BMP - 180 έχει σχεδιαστεί για την μέτρηση ειδικά της ατμοσφαιρικής πίεσης αλλά και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Επίσης λόγω της συσχέτισης της ατμοσφαιρικής πίεσης και του ύψους στην οποία γίνεται η μέτρηση, η βιβλιοθήκη παρέχει και την επιπλέον λειτουργία, της ένδειξης του τρέχοντος υψομέτρου της περιοχής του αισθητήρα. Η γραφική παράσταση της συνάρτησης μεταξύ του ύψους και της ατμοσφαιρικής πίεσης εμφανίζεται στο σχήμα.

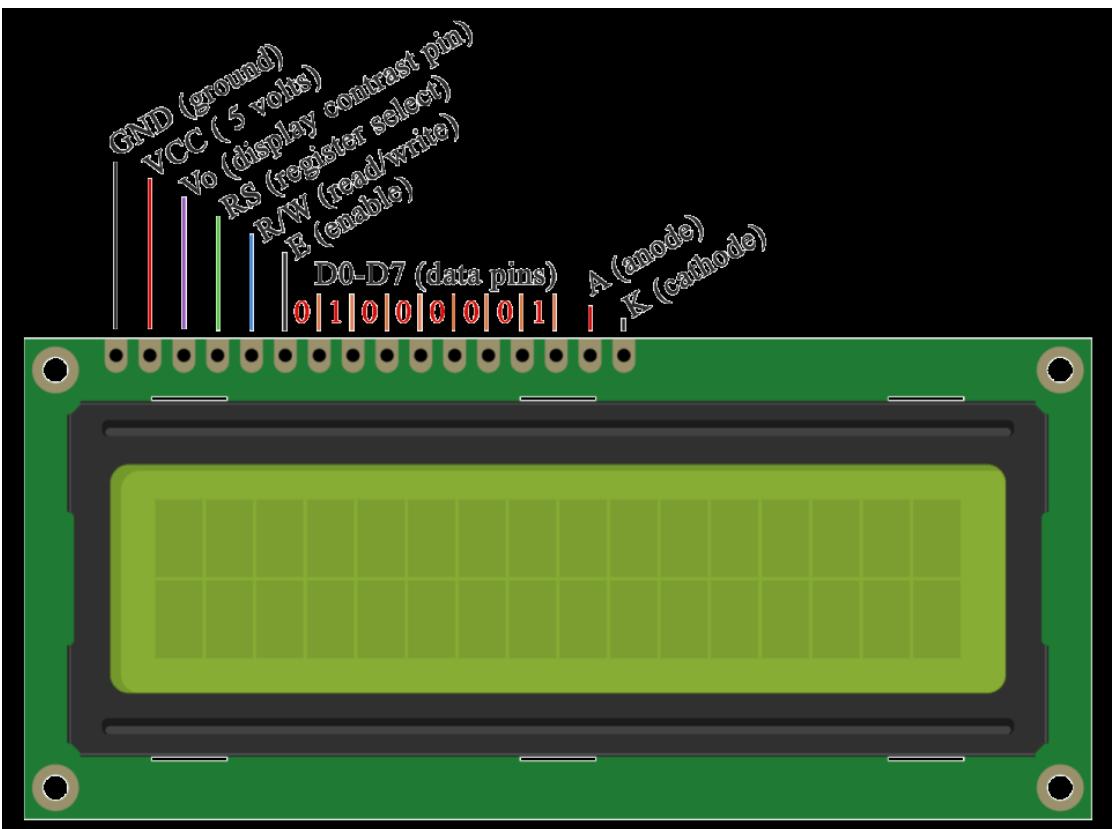
Οι τεχνικές προδιαγραφές του αισθητήρα είναι :

- Εύρος ευαισθησίας αισθητήρα: 300-1100 hPa (-500m ώς 9000m υψόμετρο)
- Ευαισθησία: 0.03 hPa / 0.25m
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος: -40 C ώς +85 C
- Τροφοδοσία: 3,3 V – 5V

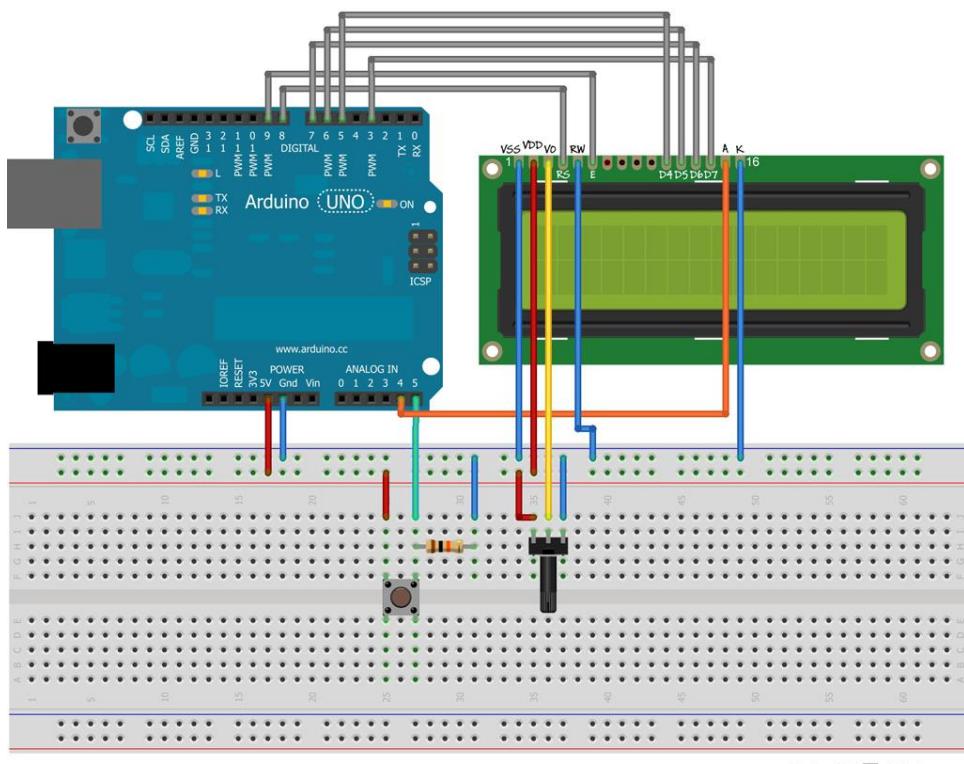


7.1.4 LCD Screen Module.

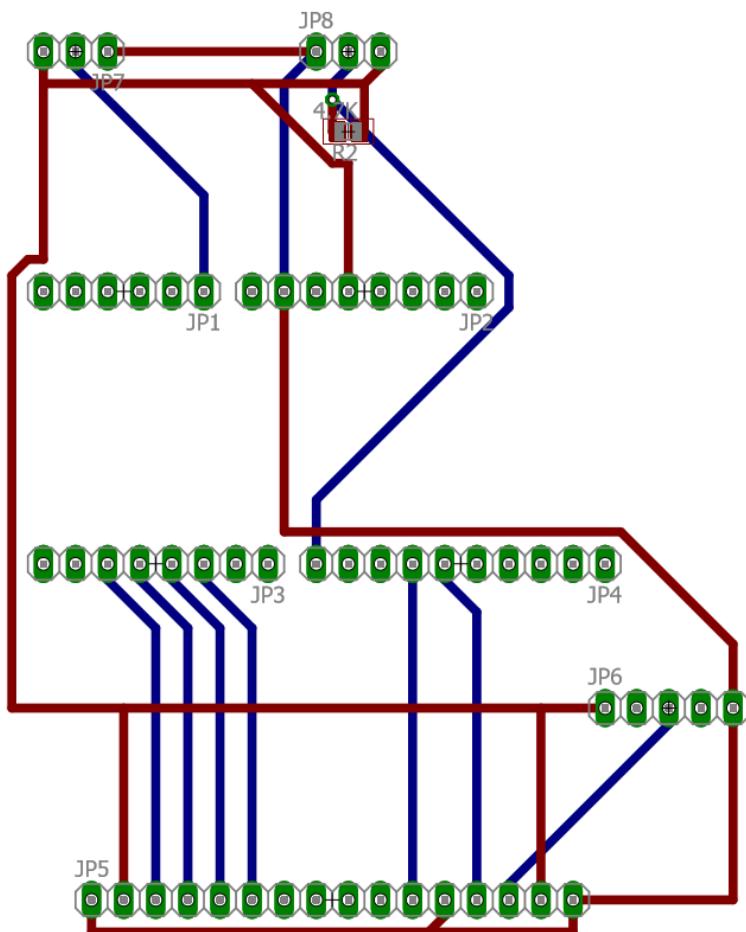
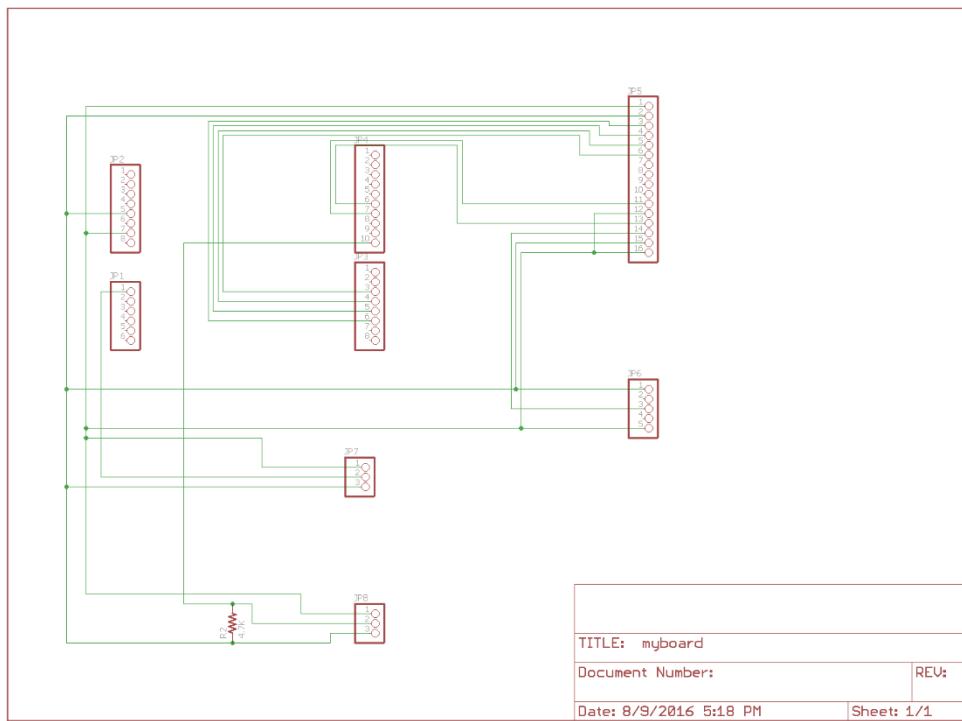
Η τεχνολογία LCD (Liquid-crystal display), που βασίζεται όπως προδίδει το όνομά της στους υγρούς κρυστάλλους, είναι ευρέως διαδεδομένη και τώρα πια έχει αντικαταστήσει πλήρως την παλαιότερη τεχνολογία καθοδικού σωλήνα.



Το δικό μας εξάρτημα είναι ένα module, δηλαδή μια ολοκληρωμένη πλακέτα που έχει απάνω τόσο την ίδια την οθόνη όσο και το απαραίτητο chip για την λειτουργία της. Η οθόνη μπορεί να απεικονίσει έως 16 χαρακτήρες σε κάθε μία σειρά από τις δύο που διαθέτει. Διαθέτει οπίσθιο φωτισμό για καλύτερη ανάγνωση, χρειάζεται τροφοδοσία της τάσης των 5V και έχει 16 pins τα οποία πρέπει να συνδεθούν καταλλήλως με τον μικροελεγκτή για μπορεί να εμφανίσει ότι θέλει ο χρήστης.



7.1.5 Λογικό & τυπωμένο κύκλωμα



7.1.6 Πηγαίος κώδικας Arduino

```
#include <OneWire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP085_U.h>

OneWire ds(8); //Temperature chip on digital pin 8

Adafruit_BMP085_Unified bmp = Adafruit_BMP085_Unified(10180); //barometric pressure sensor

int humPin = 0; //humidity analog pin
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup(void)
{
    Serial.begin(9600);
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.print("TEMP/HUM/PRES");

    if (!bmp.begin())
    {
        Serial.print("Ooops, no BMP085 detected ... Check your wiring or I2C ADDR!\n"); /* There was a problem
detecting the BMP085 ... check your connections */
        while (1);
    }
}

void loop(void)
{
    float temperature = getTemp();
    double humidity = getHumidity(temperature);
    double pressure;
    sensors_event_t event;
    bmp.getEvent(&event);

    if (event.pressure)
    {
        pressure = event.pressure;
    }

    String message = "{\"temperature\": \"\" + (String)temperature + "\", \"humidity\": \"\" + (String)humidity + \",
\", \"pressure\": \"\" + (String)pressure + \"\" }";

    Serial.println(message);

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(temperature);
    lcd.print("/");
    lcd.print(humidity);
    lcd.print("/");
    lcd.print(pressure);

    delay(1000);
}
```

```

double getHumidity(float temp)
{
    double outputVoltage = analogRead(humPin) / 1023.0 * 5.0; // convert it into voltage (Vcc = 5V)

    double relativeHumidity = 161.0 * outputVoltage / 5 - 25.8; // calculates the sensor relative humidity

    return relativeHumidity / (1.0546 - 0.0026 * temp); // calculates temperature by adapting current
    // temperature to relative humidity
}

float getTemp()
{
    byte data[12];
    byte addr[8];

    if (!ds.search(addr))
    {
        ds.reset_search(); //no more sensors on chain, reset search

        return -1000;
    }

    if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7])
    {
        return -1000;
    }

    if (addr[0] != 0x10 && addr[0] != 0x28)
    {
        return -1000;
    }

    ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0x44, 1); // start conversion, with parasite power on at the end

    byte present = ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0xBE); // Read Scratchpad

    for (int i = 0; i < 9; i++) // we need 9 bytes
    {
        data[i] = ds.read();
    }

    ds.reset_search();

    byte MSB = data[1];
    byte LSB = data[0];

    float tempRead = ((MSB << 8) | LSB); //using two's compliment

    return tempRead / 16;
}

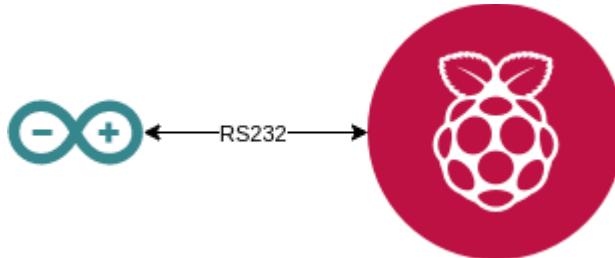
```

7.1.7 Αποστολή δεδομένων στον Application Server:

Όπως περιγράφεται στα προηγούμενα κεφάλαια ο Arduino αποτελεί την βέλτιστη λύση, όσο αφορά την εξόρυξη των μετρήσεων από τους αισθητήρες και την μετατροπή τους σε μετεωρολογικά δεδομένα.

Δυστυχώς όμως ο Arduino δεν αποτελεί λύση για την αποστολή τους σε κάποιο κεντρικό υπολογιστικό σύστημα για πολλαπλούς λόγους.

Ένας βασικός λόγος είναι γιατί ο μόνος τρόπος που διαθέτει για να μιλήσει με κάποιο άλλο υπολογιστικό σύστημα είναι μέσω της διεπαφής USB που διαθέτει. Το πρωτόκολλο πίσω από τη διεπαφή USB είναι το [UART](#), το οποίο δεν είναι ούτε αξιόπιστο, ούτε ασφαλές, αλλά και δεν μπορεί να πραγματοποιήσει WAN/Internet συνδέσεις.



Με βάση το παραπάνω μονόδρομος για την απρόσκοπτη λειτουργεία του συστήματος είναι κάποιος να χρησιμοποιηθεί κάποιος network adapter (WiFi, ethernet ή LTE). Παρόλο που ο arduino δεν διαθέτει ενσωματωμένο κάποιο network adapter υπάρχουν διάφορα shields στην αγορά που καλύπτουν αυτή την ανάγκη. Υπάρχουν επίσης και ειδικές εκδόσεις του arduino που έρχονται με ενσωματωμένους network adapters. Αυτά όμως δεν αποτελούν λύση γιατί το API που δίνουν αυτές οι λύσεις είναι πολύ χαμηλού επιπέδου, συγκεκριμένα σε επίπεδο hardware driver. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να προγραμματιστούν ξανά όλα τα αντίστοιχα επίπεδα που υπάρχουν πάνω από αυτό το επίπεδο για να μπορεί εν τέλει να εκτελεστεί μία κλήση HTTP (πχ. POST request με JSON στο request body). Αντίστοιχα θα πρέπει να προγραμματιστούν σε χαμηλό επίπεδο και οι αντίστοιχες ρουτίνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το failover του συστήματος, για παράδειγμα αν χαθεί η διασύνδεση με το διαδίκτυο ο αλγόριθμος να προσπαθήσει ξανά όταν επανέρθει.

Με βάση τα παραπάνω για την αποστολή των δεδομένων σε ένα κεντρικό υπολογιστικό σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί το raspberry Pi, το οποίο μπορεί να συνδεθεί με USB (RS232) με το Arduino και διαθέτει ενσωματωμένο ethernet ή/και WiFi adapter. Επιπλέον το raspberry τρέχει πλήρες λειτουργικό σύστημα (UNIX ή Windows core), στο οποίο μπορείς να τρέξεις υψηλού επιπέδου γλώσσες προγραμματισμού και να χρησιμοποιήσεις έτοιμες βιβλιοθήκες που σου δίνουν είτε οι γλώσσες είτε το ίδιο το λειτουργικό που τρέχει το raspberry.

Ειδικότερα στα πλαίσια της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής έχει υλοποιηθεί εφαρμογή βασισμένη στο λογισμικό ανοιχτού κώδικα της [Microsoft .NET Core](#). Η εφαρμογή είναι cross-architecture και cross-platform και μπορεί να τρέξει σε επεξεργαστές με αρχιτεκτονική ARM, ARM64, X86, X64 και στα λειτουργικά LINUX, BSD, MACOS, WINDOWS.

Για λόγους μικρού μεγέθους και κόστους έχει χρησιμοποιηθεί το raspberry και το λειτουργικό σύστημα linux (Raspberry Pi OS) για host της συγκεκριμένης εφαρμογής. Τον κύκλο ζωής (start/kill/recycle) της εφαρμογής τον διαχειρίζεται το ίδιο το λειτουργικό

Σύστημα μέτρησης περιβαλλοντολογικών
συνθηκών βασισμένο σε Arduino UNO

σύστημα. Συγκεκριμένα ξεκινάει κατά την εκκίνηση του λειτουργικού και τερματίζει κατά τον τερματισμό του. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση του διαχειριστή συστήματος [systemd](#) του λειτουργικού. Ομοίως την καταγραφή πληροφοριών ή σφαλμάτων που συμβαίνουν στην εφαρμογή την αναλαμβάνει το systemd. Η εφαρμογή, ανά τακτά χρονικά διαστήματα ψάχνει συνδεδεμένες συσκευές Arduino σε οποιαδήποτε θύρα USB. Όταν ανιχνευτεί συνδεδεμένο Arduino, τότε η εφαρμογή παρακολουθεί την σειριακή θύρα για τυχόν μετεωρολογικά δεδομένα που αποστέλλει το Arduino. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται μέσω του [UART](#) πρωτοκόλλου στο Raspberry Pi. Τα δεδομένα κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας το ανοιχτό πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων [JSON](#).

```

/dev/ttyACM0
Send
[{"temperature": "31.31", "humidity": "31.38", "pressure": "1011.67"}, {"temperature": "31.31", "humidity": "30.41", "pressure": "1011.65"}, {"temperature": "31.38", "humidity": "30.42", "pressure": "1011.67"}, {"temperature": "31.38", "humidity": "30.58", "pressure": "1011.66"}, {"temperature": "31.38", "humidity": "30.90", "pressure": "1011.64"}, {"temperature": "31.38", "humidity": "30.58", "pressure": "1011.66"}, {"temperature": "31.31", "humidity": "30.25", "pressure": "1011.64"}, {"temperature": "31.31", "humidity": "30.09", "pressure": "1011.68"}, {"temperature": "31.38", "humidity": "30.42", "pressure": "1011.64"}]

POST /api/generic/Measurement/Insert HTTP/1.1
Host: https://meteosrv.devnt.gr
Content-Type: application/json
Authorization: Bearer INVALID_TOKEN_LOREM_IPSUM_INVALID_TOKEN_LOREM_IPSUM

[
  {
    "DateTimeUtc": "2020-09-02T17:12:06.0920456Z",
    "Temperature": 35.94,
    "Humidity": 45.20,
    "Pressure": 1009.45,
    "Device": {
      "Code": null,
      "Latitude": null,
      "Longitude": null,
      "RowVersion": null,
      "UpdateStatus": 0,
      "GlobalId": "KALLITHEA01"
    },
    "RowVersion": null,
    "UpdateStatus": 1,
    "GlobalId": "da78bdd9-8a90-480a-93a8-b9ed9930794d"
  }
]

```

Ο προσαρμογέας δικτύου που χρησιμοποιείται για την αποστολή των δεδομένων είναι είτε το WiFi είτε το Ethernet. Η επιλογή του προσαρμογέα γίνεται αναλόγως με την τοπολογία του δικτύου που θα εγκατασταθεί ο ΑΜΣ.

Προς το παρόν δεν έχει υλοποιηθεί κάποιος failover μηχανισμός, παρόλα αυτά η υλοποίηση του είναι σχετικά εύκολη.

7.2 Επίπεδο εφαρμογής (Application Server layer)

Το επίπεδο αυτό αποσκοπεί στην σωστή & ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων. Δεδομένου ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα έχουν αντίκτυπο στην κοινωνία θα πρέπει το Υ/Σ να διασφαλίζει την τόσο ποιότητα τους όσο και την συνεχή και απρόσκοπτη λειτουργεία του συστήματος.

Σε ένα πραγματικό σενάριο θα υπάρχουν κατανεμημένοι πολλοί μετεωρολογικοί σταθμοί σε πολλά γεωγραφικά μέρη, για παράδειγμα εντός της χώρας. Αυτό σημαίνει ότι το Υ/Σ θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί και κάτω από μεγάλο φόρτο και με πολλά δεδομένα.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά υλοποιήθηκε μια εφαρμογή ιστού, η οποία λειτουργεί ως stateless application server. Η εφαρμογή βασίζεται στο λογισμικό ανοιχτού κώδικα της [Microsoft .NET Core](#) και στο framework ανοιχτού κώδικα [ASP.NET](#).

7.2.1 REST API

Η Εφαρμογή παρέχει ένα [REST API](#) στα υπόλοιπα συστήματα, έτσι ώστε να επικοινωνούν μαζί της.

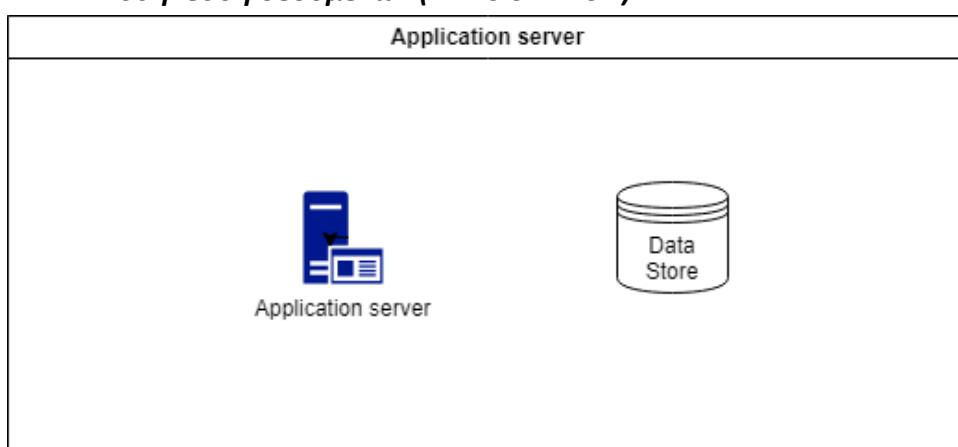
REQUEST:

```
GET /api/data/DeviceDto/Get HTTP/1.1
Host: https://meteosrv.devnt.gr
Content-Type: application/xml
Authorization: Bearer INVALID_TOKEN
Accept: application/json
```

RESPONSE:

```
[{"code": "KALLITHEA01",
"latitude": "37.948956",
"longitude": "23.699553",
"rowVersion": "AAAAAAAAB9o=",
"updateStatus": 0,
"globalId": "KALLITHEA01"}]
```

7.2.2 Αποθήκευση δεδομένων (PERSISTENCE)



Η εφαρμογή αποθηκεύει τα δεδομένα στην σχεσιακή βάση δεδομένων της Microsoft SQL server. Η Βάση δεδομένων αποτελείται από αρκετούς πίνακες, αλλά οι μόνοι που έχουν αξία αναφοράς είναι οι me_devices και οι me_Measurments.

| | | | |
|-----------------|-----|-------|-----|
| me_Devices | dbo | Table | ... |
| me_Measurements | dbo | Table | ... |
| sys_Forms | dbo | Table | ... |
| sys_Languages | dbo | Table | ... |
| sys_LogEntries | dbo | Table | ... |
| sys_Roles | dbo | Table | ... |
| sys_Templates | dbo | Table | ... |
| sys_Tenants | dbo | Table | ... |
| sys_Users | dbo | Table | ... |

7.2.2.1 Πίνακας *me_devices*

Είναι ο πίνακας που αποθηκεύονται όλοι οι ΑΜΣ που κατανέμονται στον χώρο.

| | Id | Code | Latitude | Longitude | TenantId | RowVersion | GlobalId |
|---|-----------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 1 | KALLITHEA01 | 37.948956 | 23.699553 | 1 | 0x0000000000... | KALLITHEA01 |
| 2 | 2 | THESSALONIKI01 | 40.6369861 | 22.9451953 | 1 | 0x0000000000... | THESSALONIKI01 |
| 3 | 3 | IOANNINA01 | 39.6289529 | 20.8608116 | 1 | 0x0000000000... | IOANNINA01 |
| 4 | 4 | KALAMATA01 | 37.0286906 | 22.1117214 | 1 | 0x0000000000... | KALAMATA01 |
| 5 | 5 | IRAKLION01 | 35.3220814 | 25.1000513 | 1 | 0x0000000000... | IRAKLION01 |
| 6 | 6 | PYTHAGOREION01 | 37.6898683 | 26.938557 | 1 | 0x0000000000... | PYTHAGOREION01 |
| 7 | 7 | PATRAS01 | 38.246448 | 21.733932 | 1 | 0x0000000000... | PATRAS01 |
| 8 | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL |

```

GO
CREATE TABLE [dbo].[me_Devices](
    [Id] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Code] [nvarchar](50) NOT NULL,
    [Latitude] [nvarchar](50) NOT NULL,
    [Longitude] [nvarchar](50) NOT NULL,
    [TenantId] [int] NOT NULL,
    [RowVersion] [timestamp] NOT NULL,
    [GlobalId] [nvarchar](50) NOT NULL
) ON [PRIMARY]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Devices] ADD CONSTRAINT [PK_me_Devices] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Id] ASC
) ON [PRIMARY]
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE UNIQUE NONCLUSTERED INDEX [me_Devices_GlobalId] ON [dbo].[me_Devices]
(
    [GlobalId] ASC
) ON [PRIMARY]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Devices] ADD DEFAULT (newid()) FOR [GlobalId]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Devices] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_sys_Tenants_me_Devices_TenantId] FOREIGN KEY([TenantId])
REFERENCES [dbo].[sys_Tenants] ([Id])
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Devices] CHECK CONSTRAINT [FK_sys_Tenants_me_Devices_TenantId]
GO

```

7.2.2.2 Πίνακας *me_Measurments*

Είναι ο πίνακας που αποθηκεύονται οι μετρήσεις που λαμβάνει η εφαρμογή από τους ΑΜΣ.

| Id | DateTimeUtc | Temperature | Humidity | Pressure | DeviceId | TenantId | RowVersion | GlobalId |
|-----------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 2020-09-02 1... | 35.94000 | 45.20000 | 1009.45000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | efe2ce99-5c5... |
| 2 | 2020-09-02 1... | 35.69000 | 44.35000 | 1009.48000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | 7624eeef-c14... |
| 3 | 2020-09-02 1... | 35.63000 | 45.16000 | 1009.54000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | 3c4bb350-dca... |
| 4 | 2020-09-02 1... | 35.81000 | 45.35000 | 1009.50000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | c48f993-52c... |
| 5 | 2020-09-02 2... | 34.63000 | 48.47000 | 1011.34000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | 261a31d6-ce0... |
| 6 | 2020-09-02 2... | 34.63000 | 48.63000 | 1011.28000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | f3cd6301-eba... |
| 7 | 2020-09-02 2... | 34.50000 | 48.94000 | 1011.31000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | f70b89c0-9a5... |
| 8 | 2020-09-02 2... | 34.63000 | 48.80000 | 1011.31000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | bc871200-96b... |
| 9 | 2020-09-02 2... | 34.56000 | 48.46000 | 1011.30000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | c5e8d258-7e4... |
| 10 | 2020-09-02 2... | 34.63000 | 49.94000 | 1011.40000 | 1 | 1 | 0x0000000000... | 662ae281-192... |

```

GO
CREATE TABLE [dbo].[me_Measurements](
    [Id] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [DateTimeUtc] [datetime] NOT NULL,
    [Temperature] [decimal](9, 5) NOT NULL,
    [Humidity] [decimal](9, 5) NOT NULL,
    [Pressure] [decimal](9, 5) NOT NULL,
    [DeviceId] [int] NOT NULL,
    [TenantId] [int] NOT NULL,
    [RowVersion] [timestamp] NOT NULL,
    [GlobalId] [nvarchar](50) NOT NULL
) ON [PRIMARY]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] ADD CONSTRAINT [PK_me_Measurements] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Id] ASC
) ON [PRIMARY]
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE UNIQUE NONCLUSTERED INDEX [me_Measurements_GlobalId] ON [dbo].[me_Measurements]
(
    [GlobalId] ASC
) ON [PRIMARY]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] ADD DEFAULT (newid()) FOR [GlobalId]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_sys_Roles_me_Measurements_DeviceId] FOREIGN KEY([DeviceId])
REFERENCES [dbo].[me_Devices] ([Id])
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] CHECK CONSTRAINT [FK_sys_Roles_me_Measurements_DeviceId]
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_sys_Tenants_me_Measurements_TenantId] FOREIGN KEY([TenantId])
REFERENCES [dbo].[sys_Tenants] ([Id])
GO
ALTER TABLE [dbo].[me_Measurements] CHECK CONSTRAINT [FK_sys_Tenants_me_Measurements_TenantId]
GO

```

7.2.3 Επεκτασιμότητα

Η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να μπορεί να scale-άρει οριζόντια. Αυτό σημαίνει ότι αν η επεξεργαστική ισχύ ενός διακομιστή που τρέχει την εφαρμογή δεν είναι αρκετή παρέχεται η δυνατότητα να υπάρχουν πολλαπλοί διακομιστές που τρέχουν την ίδια εφαρμογή πίσω από οποιονδήποτε load balancer.

Στο δεδομένο setup της πτυχιακής εργασίας έχει χρησιμοποιηθεί ως load balancer ο [NGINX \(High Performance Load Balancer, Web Server \)](#). Πίσω από τον nignx τρέχουν 2 instances του application server. Κάθε instance βρίσκεται σε διαφορετικό Y/S, το οποίο τρέχει λειτουργικό linux.

7.2.4 Ασφάλεια του συστήματος

Δεδομένου ότι το Υ/Σ του application server είναι προσβάσιμο μέσω του διαδικτύου σημαντικός πυλώνας στην ανάπτυξη του αποτελεί η ασφάλεια του, τόσο σε επίπεδο δικτύου όσο και σε επίπεδο λογισμικού.

Αναλογιζόμενοι την αρχιτεκτονική του Υ/Σ μπορούμε να ξεχωρίσουμε ότι αποτελείτε από δύο διαφορετικού είδους δίκτυα, το δίκτυο του application server και τα δίκτυα των κατανεμημένων μετεωρολογικών σταθμών. Σημαντικό είναι να ασφαλιστεί και η επικοινωνία μεταξύ των δύο διαφορετικών δικτύων.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί, βρίσκονται κατανεμημένοι σε όλη την χώρα. Δεδομένου αυτού, μπορεί να ανήκουν σε δίκτυα τα οποία έχουν πρόσβαση κακόβουλοι χρήστες. Για την διασφάλιση τους οι μετεωρολογικοί σταθμοί, απορρίπτουν οποιαδήποτε επικοινωνία μέσω του [uncomplicated Firewall \(ufw \)](#) και του λειτουργικού συστήματος linux. Εξαίρεση αποτελούν οι web κλήσεις που πραγματοποιούνται από αυτούς προς τον application server.

Από την άλλη πλευρά ο application server, το data store και το υπόλοιπο Software stack του Υ/Σ βρίσκονται όλα κάτω από το ίδιο εσωτερικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί ολόκληρο το σύστημα να ασφαλιστεί κεντρικά και εύκολα. Για την υλοποίηση αυτού, έχει αποφασιστεί, ότι θα απορρίπτεται οποιαδήποτε εισερχόμενη επικοινωνία από εξωτερικά δίκτυα (ή/και το διαδίκτυο). Η μοναδική εφαρμογή που θα είναι προσβάσιμη από εξωτερικά δίκτυα θα είναι ο load balancer, ο οποίος δέχεται αιτήματα στο πρωτόκολλο <https> (port 443). Το https πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για να δηλώσει μία ασφαλή δικτυακή σύνδεση http. Αυτό υποδηλώνει ότι τα δεδομένα θα ανταλλάσσονται κρυπτογραφημένα.

Η κρυπτογράφηση που χρησιμοποιεί το https πρωτόκολλο διασφαλίζει ότι τα δεδομένα δεν θα μπορούν να υποκλαπούν από κακόβουλους χρήστες ή από επιθέσεις man-in-the-middle. Αυτό που δεν εξασφαλίζει είναι από την δυνατότητα ενός κακόβουλου χρήστη να επικοινωνήσει με το REST API της εφαρμογής, με αποτέλεσμα είτε να αποκτήσει πρόσβαση σε δεδομένα, είτε να προσθέσει είτε να τροποποιήσει υπάρχοντα δεδομένα. Για την προστασία του συστήματος από τέτοιους είδους επιθέσεις, ο application server παρέχει ασφαλείς διαδικασίες αυθεντικοποίησης και ταυτοποίησης. Για την υλοποίηση αυτών των διαδικασιών έχει χρησιμοποιηθεί το σύστημα [ASP.NET Core Identity](#), το οποίο χρησιμοποιεί τα web security standards, όπως το [OAuth 2.0](#) & το [JSON Web Token](#).

7.2.5 Μελλοντικές προσθήκες

Σημαντικές μελλοντικές προσθήκες που θα μπορούσαν να γίνουν στο μέλλον, στα πλαίσια της απρόσκοπτης λειτουργείας του Υ/Σ σε βαρύ φόρτο, είναι η μεταφορά των μετρήσεων από τον SQL server σε κάποιο big data storage, πχ στο Azure (warehousing & Azure Sql Database).

7.3 Επίπεδο παρουσίασης (Presentation/UI layer – Web app)

Η εξόρυξη των δεδομένων γίνεται για κάποιον σκοπό, αλλιώς δεν υπάρχει λόγος να γίνει. Ο σκοπός στην συγκεκριμένη πτυχιακή είναι να αποτυπωθούν τα δεδομένα στην οθόνη του χρήστη.

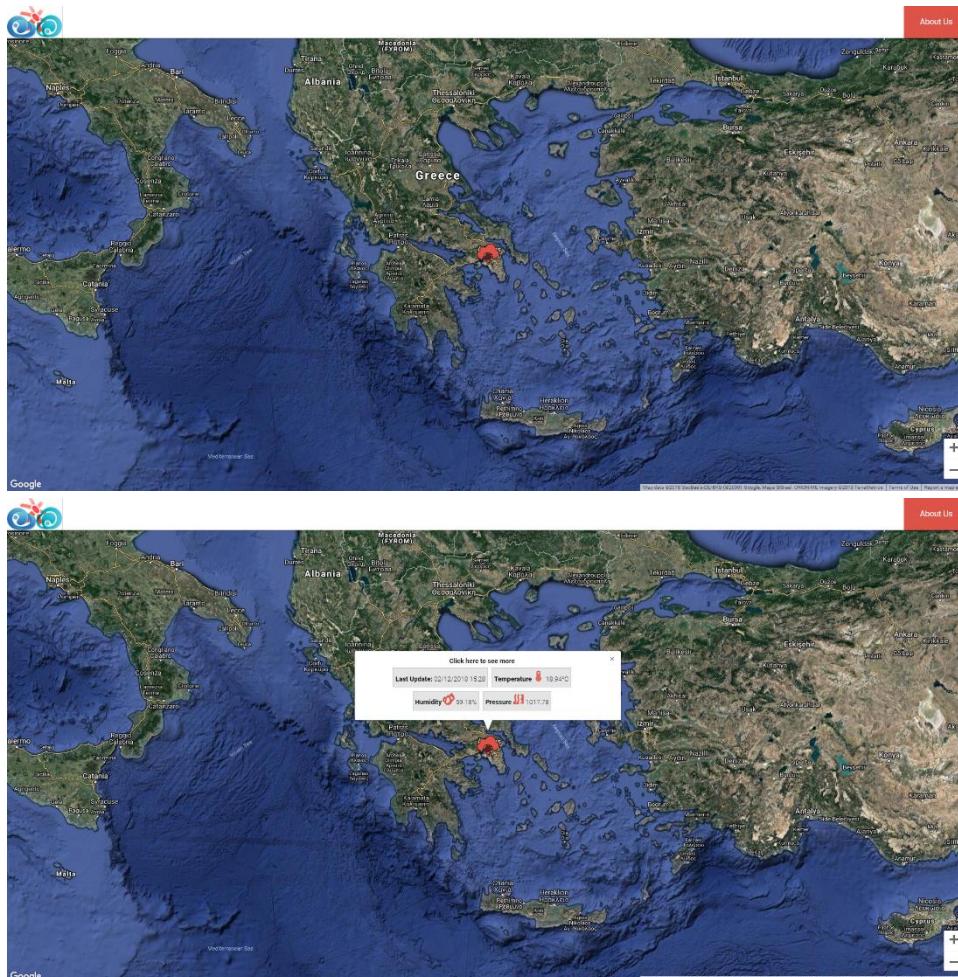
Για την αποτύπωση των δεδομένων έχει υλοποιηθεί εφαρμογή web (dotnet core), το οποίο αναλαμβάνει να αποτυπώσει σε πραγματικό χρόνο τα μετεωρολογικά δεδομένα για όλους ή συγκεκριμένο μετεωρολογικό σταθμό

Για την πραγματοποίηση αυτού υλοποιήθηκε γέφυρα μεταξύ της εφαρμογής web και της εφαρμογής του application server. Όσο αφορά το client side χρησιμοποιήθηκαν όλες οι γνωστές web τεχνολογίες.

Η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη δύο οθόνες και μία λειτουργία εύρεσης του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού που τον εξυπηρετεί.

7.3.1 Η αρχική οδόνη

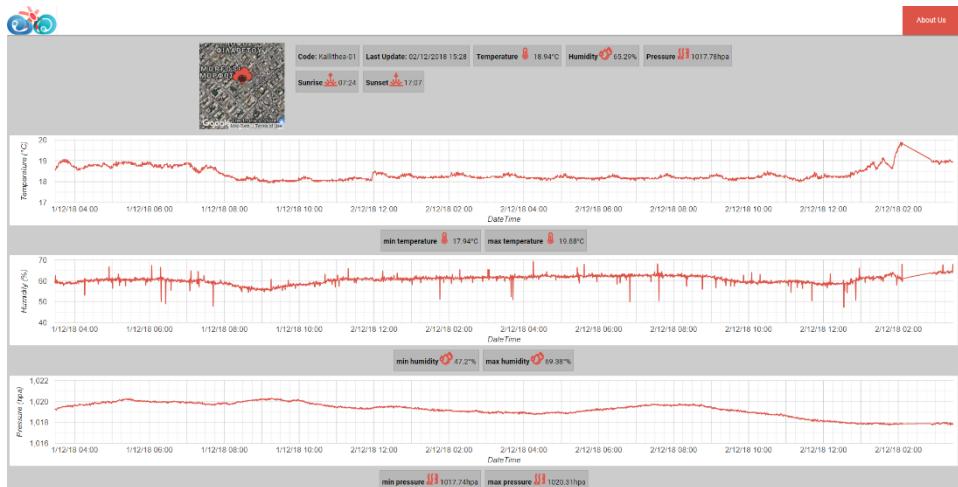
δείχνει στον χρήστη τον χάρτη της χώρας με όλους τους διαθέσιμους σταθμούς. Κάνοντας κλικ σε κάποιον σταθμό ο χρήστης μπορεί να δει ένα tooltip με τα τρέχοντα μετεωρολογικά δεδομένα. Κάνοντας κλικ στο tooltip ο χρήστης οδηγείται στην εσωτερική οθόνη του σταθμού.



7.3.2 Η εσωτερική οθόνη

Η εσωτερική οθόνη του σταθμού παρέχει αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού για το τελευταίο 24ώρο. Τα δεδομένα ανανεώνονται σε πραγματικό χρόνο.

Υπάρχει διαθέσιμο demo στον παρακάτω σύνδεσμο: <http://meteo.devnt.gr>.



7.3.3 Εύρεση τοποθεσίας

Η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να εντοπιστεί αυτόματα ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός, ο οποίος θα τον εξυπηρετεί. Αυτό γίνεται εφικτό πατώντας το κουμπί «My location» που βρίσκεται στο μενού.

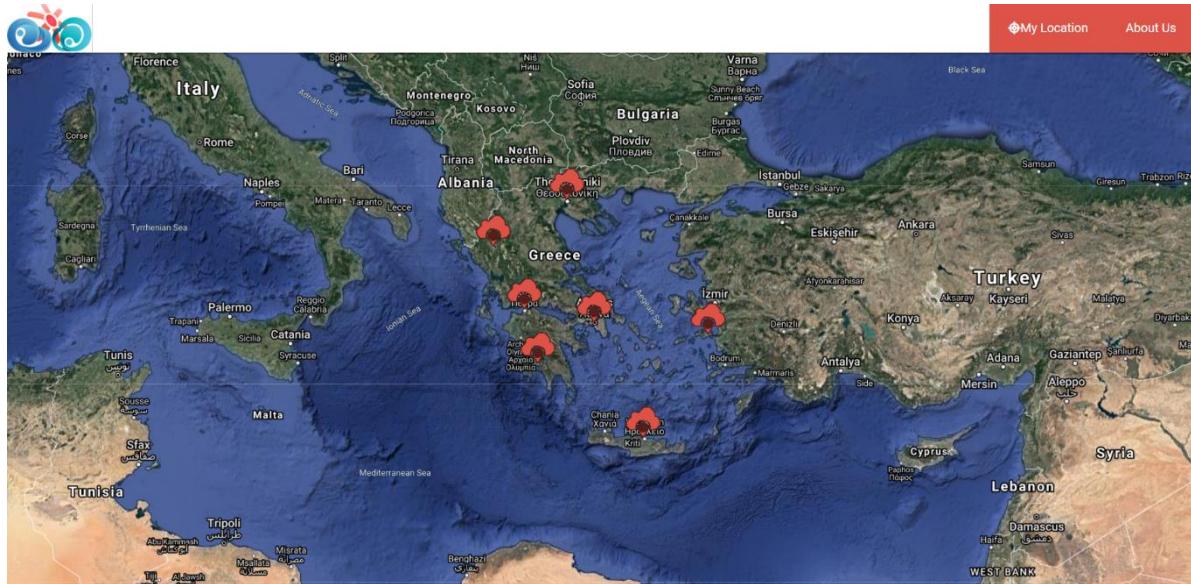
Για την πραγματοποίηση αυτού το βήματος, χρησιμοποιείται ο παρακάτω αλγόριθμος.

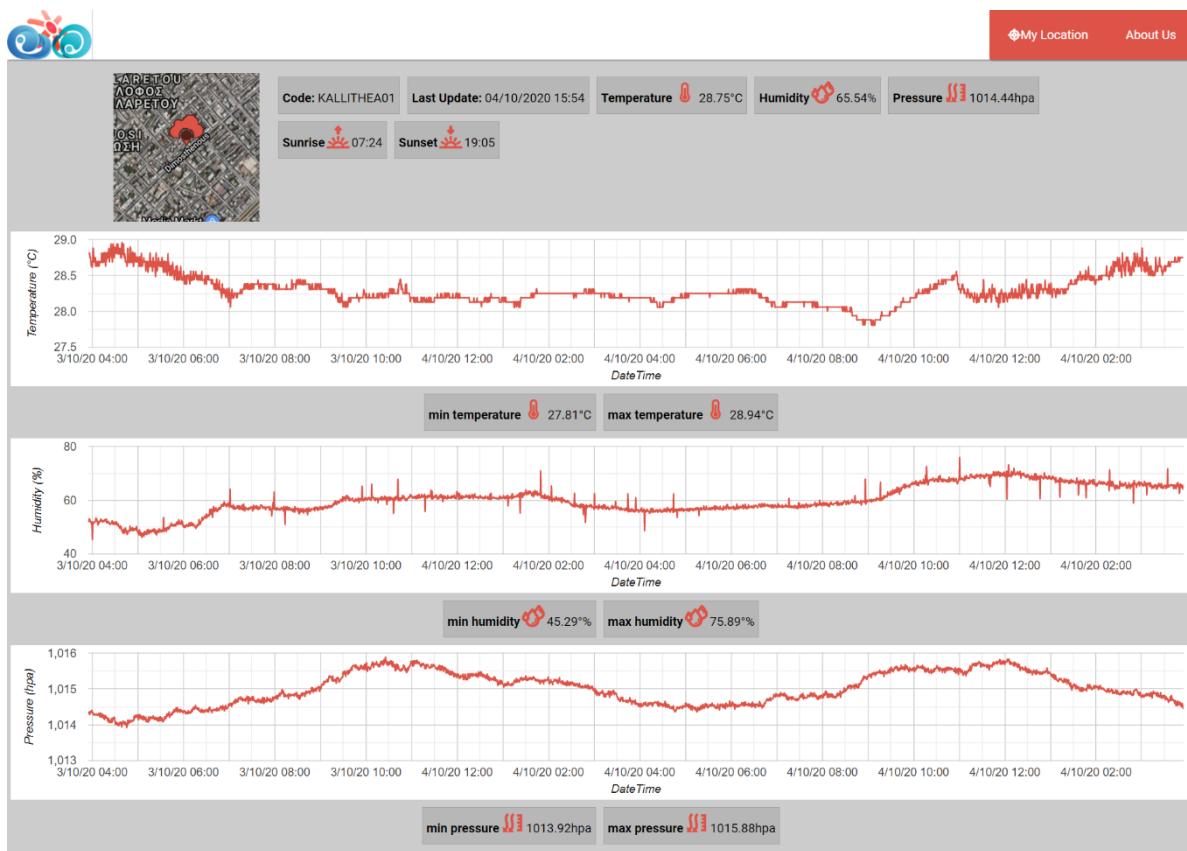
1. Αρχικά γίνεται εύρεση της τοποθεσίας του χρήστη
 - a. Σε πρώτη προτεραιότητα η εφαρμογή μέσω του φυλλομετρητή ζητάει την τοποθεσία του χρήστη, χρησιμοποιώντας το [geolocation API](#). Το geolocation API υλοποιείται από τους φυλλομετρητές και για να αποκτήσει το γεωγραφικό στίγμα του χρήστη μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλές διαφορετικές πηγές, όπως το GPS ή/και άλλα (WiFi positioning through SkyHook)
 - b. Το geolocation API δεν υλοποιείται από όλους τους φυλλομετρητές. Επίσης υπάρχουν συσκευές οι οποίες δεν διαθέτουν κάποιο μέσο για να τροφοδοτήσουν τον φυλλομετρητή με το στίγμα τους. Επιπλέον σε κάθε περίπτωση απαιτείται η έγκριση του τελικού χρήστη για να διαθέσει ο φυλλομετρητής πρόσβαση στην εφαρμογή. Για λόγους failover έχει υλοποιηθεί fallback μηχανισμός εύρεσης της τοποθεσίας του χρήστη με χρήση της διεύθυνσης IP του. Κάθε εύρος διευθύνσεων IP που δίνεται στους παρόχους δικτύωσης διαχειρίζεται από κάποιον/ους εξυπηρετητές του παρόχου, των οποίων οι φυσικές διευθύνσεις είναι γνωστές. Με βάση αυτό υπάρχει η δυνατότητα αντιστοίχισης μιας δημόσιας IP διεύθυνσης με κάποια περιοχή. Προφανώς χάνεται η δυνατότητα της ακρίβειας, αλλά επιτυγχάνεται ο εντοπισμός σε επίπεδο πόλης. Το ποσοστό σφάλματος

είναι αποδεκτό για τις ανάγκες της εφαρμογής. Για την υλοποίηση του παραπάνω μηχανισμού πραγματοποιούνται κλήσεις προς το εξωτερικό σύστημα ipapi.com.

2. Εφόσον το στύγμα της συσκευής έχει προσδιορισθεί με κάποιο από τους διαθέσιμους τρόπους, τότε ο αλγόριθμος θα πρέπει να εντοπίσει τον κοντινότερο σταθμό. Για την υλοποίηση αυτού του βήματος χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος εύρεσης της ελάχιστης ευκλείδειας απόστασης, που δίνεται από την σχέση:

$$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{(y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2 + \cdots + (y_n - x_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}.$$





8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

8.1 Βιβλιογραφία

1. World Meteorological Organization, "Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation", 7th edition, p.385, 2008
2. Wikipedia, "Weather Focasting",
https://en.wikipedia.org/wiki/Weather_forecasting
3. Wikipedia Θερμοκρασία ατμόσφαιρας,
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82>
4. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, "Handbook for the Meteorological Observation", p.44, September 2000
5. World Meteorological Organization, "Procedures And Formats For Exchange Of MONITORING RESULTS", <https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/Monitoring-home/mon-procedures.htm>
6. World Meteorological Organization, "Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation", 7th edition, p.65, 2008

8.2 Πηγές Έρευνας

1. <https://www.arduino.cc/>
2. <https://en.wikipedia.org/>
3. <http://fritzing.org/home/>
4. <http://www.avr-tutorials.com/>
5. <http://www.raspberrypi.org/>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi