



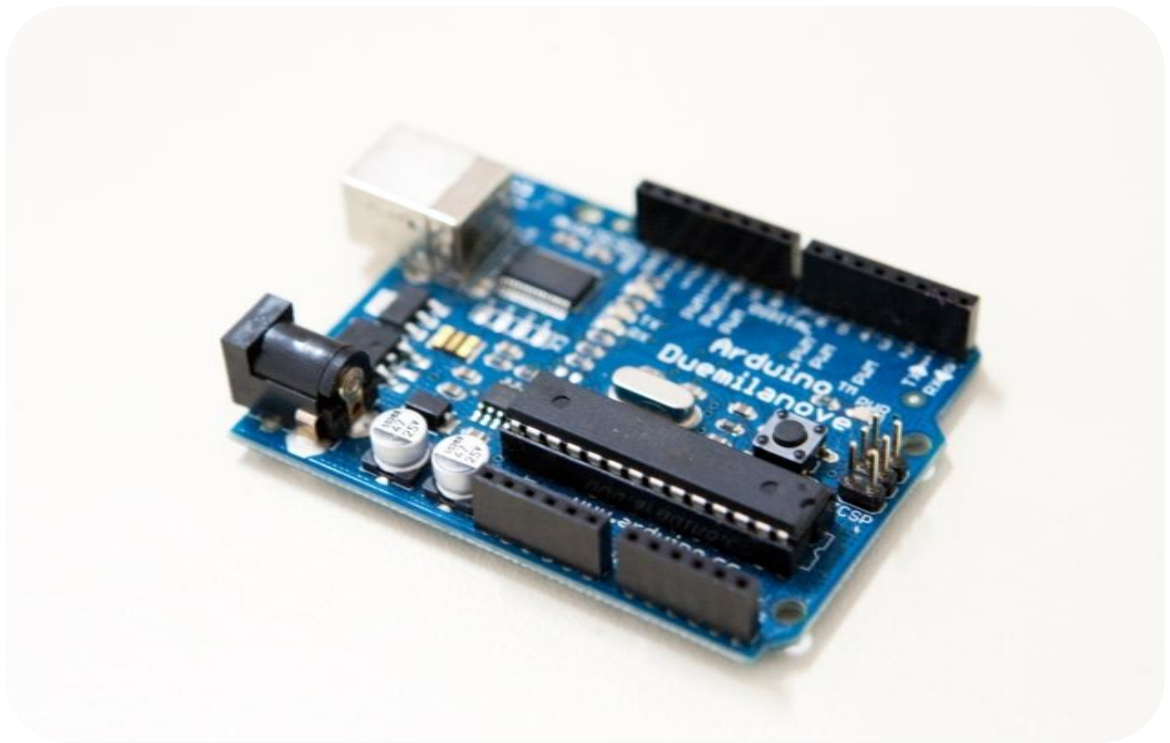
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

Τομέας Τοπογραφίας

Διπλωματική εργασία

Κατασκευή Συστήματος Καταγραφής Ψηφιακών Δεδομένων (Data Logger) με
χρήση της πλατφόρμας Arduino – Εφαρμογή με Μετεωρολογικά Δεδομένα



Άννα Παπαναστασίου

A.M.: 06103046

ΑΘΗΝΑ 2009

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

Διπλωματική εργασία:

Κατασκευή Συστήματος Καταγραφής Ψηφιακών Δεδομένων (Data
Logger) με χρήση της πλατφόρμας Arduino – Εφαρμογή με
Μετεωρολογικά Δεδομένα

Υπό

Άννα Παπαναστασίου

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος Εξεταστής: Β. Βεσκούκης, Επίκ. Καθηγητής
(επιβλέπων) Αγρονόμων και Τοπογράφων
Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Δεύτερος Εξεταστής: Ρ. Κορακίτης, Αν. Καθηγητής
Αγρονόμων και Τοπογράφων
Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Τρίτος Εξεταστής: Μ. Σακελλαρίου, Καθηγητής
Αγρονόμων και Τοπογράφων
Μηχανικών Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση και αξιοποίηση των δυνατοτήτων χαμηλού επιπέδου της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Arduino για τη δημιουργία ενός αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού. Στη διαδικασία της δημιουργίας του σταθμού είναι απαραίτητη η γνώση της προγραμματιστικής γλώσσας του Arduino, η οποία βασίζεται στην C++, καθώς και η λειτουργία των μικροσυσκευών που χρησιμοποιήθηκαν σε επίπεδο "σχεδόν" υλικού. Παρόμοια εμπορικά συστήματα και εργαλεία διατίθενται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο και με την έννοια αυτή το κύριο ενδιαφέρον δεν εντοπίζεται στην εφαρμογή του μετεωρολογικού σταθμού, αλλά στη μείωση του κόστους, καθώς και στις μεγάλες δυνατότητες που δίνει η άμεση επέμβαση του χρήστη στο προγραμματιστικό περιβάλλον του ίδιου του υλικού (hardware) του Arduino, οι οποίες καθιστούν το νέο αυτό εργαλείο πολύ ενδιαφέρον.

Από τη φύση του αντικειμένου και την εν γένει απόστασή του από αυτό καθαυτό το "παραδοσιακό" αντικείμενο του ATM, κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας προέκυψαν αρκετές δυσκολίες με σημαντικότερες τις ακόλουθες:

- Δυσχέρεια πρόσβασης στην κατάλληλη βιβλιογραφία

Λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος που είναι διαθέσιμη η συγκεκριμένη πλατφόρμα υλικού και έχει αναδειχθεί το θέμα, οι πηγές περιορίζονται ουσιαστικά σε ξενόγλωσση αρθρογραφία στο internet. Επίσης, η συγκεκριμένη ηλεκτρονική πλατφόρμα είναι πρωτοποριακή και, σχεδόν, άγνωστη στο ελληνικό κοινό, με αποτέλεσμα να απαιτείται κόπος και χρόνος για την συλλογή του απαραίτητου υλικού, καθώς ήταν δύσκολα προσβάσιμο.

- Ευρύτητα εν δυνάμει εφαρμογών, αλλά μικρή εμπειρία

Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα από ότι είναι γνωστό, δεν έχει καταγραφεί σε μετρήσιμη έκταση στο διαδίκτυο μελέτη ή έρευνα με τη χρήση της συγκεκριμένης ηλεκτρονικής πλατφόρμας, ούτε με τη χρήση των αισθητήρων ή άλλων μικροσυσκευών που χρησιμοποιήθηκαν. Είναι χαρακτηριστική η ιδιαίτερα περιορισμένη σχετική αρθρογραφία, ακόμη και για τη συγκεκριμένη - όχι πρωτότυπη- εφαρμογή μετεωρολογικού σταθμού. Επομένως, ακόμη και το θέμα της "ψηφιακής συναρμολόγησης" συστατικών που όλα μαζί κάνουν κάτι πολύ απλό, εξελίσσεται να είναι αρκετά δυσχερές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός ευέλικτου και πρακτικού συστήματος, για την ψηφιακή καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται ο λόγος, για τον οποίο ασχοληθήκαμε με το συγκεκριμένο θέμα, καθώς και με τη συγκεκριμένη πλατφόρμα. Επίσης, αναπτύχθηκαν αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε σε σύγκριση με τα παρεμφερή προϊόντα που υπάρχουν ήδη στην αγορά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Arduino, του αισθητήρα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας SHT15 και του module της MicroSD κάρτας. Τέλος, αναφέρονται οι όροι λειτουργίας, η επικοινωνία, τα ειδικά χαρακτηριστικά και ο προγραμματισμός των συσκευών.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που απαιτούσαν οι εφαρμογές της συλλογής των δεδομένων της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, καθώς και της καταγραφής δεδομένων στην μικροκάρτα. Επίσης, αναφέρονται τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην προσπάθεια σύνθεσης των εφαρμογών, όπως και οι περιορισμοί που αντιμετωπίστηκαν.

Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται αναφορά άλλων εφαρμογών που θα μπορούσαν να στηριχθούν στη συγκεκριμένη τεχνολογία, ή ίσως και σε

καλύτερη. Παρουσιάζονται μελλοντικές εφαρμογές που ποικίλουν, ανάλογα με το πρόβλημα που απαιτείται να αντιμετωπιστεί.

ABSTRACT

The target of this diploma thesis is to demonstrate the procedure used to design and implement a versatile and robust system for the digital logging of temperature and relative humidity data, based on the "Arduino" digital platform.

The first chapter reports the rationale behind our decision to deal with the particular subject, as well as with the particular platform. Also, there is an analytically reference of the advantages and the disadvantages of the technology platform that has been used compared to similar products that already exist in the market.

The second chapter refers to the technology that was used during the course of this work. Particularly, the technology that we used is the electronic digital platform called Arduino, together with "SHT15", a sensor for measuring temperature and relative humidity and a module of MicroSD card. Finally, there is also a report about the conditions of operation, the communication, the special characteristics and the planning of devices that can be based on the same platform.

The next chapter presents the steps that were required by the applications in order to collect temperature and relative humidity data, as well as to log the data in the MicroSd card. There is also a report about the problems and the difficulties that have come up during the development of applications, as well as the restrictions that were encountered and assumptions that needed to be made.

The last chapter shows other applications that could be supported by this particular technology, or perhaps even better. Also, there is a reference about

future applications that could vary, depending on the problem that would have to be solved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλους, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, επίκουρο καθηγητή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. κ. Βασίλειο Βεσκούκη για την πρόταση του να ασχοληθώ με αυτό το καινοτόμο θέμα, αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια του. Επίσης, ευχαριστίες οφείλονται στους ερευνητές ακαδημαϊκών φορέων, που ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις της διπλωματικής εργασίας και απέστειλαν σημαντικές πληροφορίες τους, κ.κ. Andre Martins. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Ρωμύλο Κορακίτη και Μιχαήλ Σακελλαρίου για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Ευχαριστώ τις φίλες μου Σταυρούλα Κουρούση και Μαρία Τέφα για την ηθική υποστήριξή τους. Επίσης, ευχαριστώ τον Κωνσταντίνο Παπασπύρου για την κατανόηση του, όπως και για τη βοήθεια του εξοπλισμού που παρείχε στα πρώτα στάδια της προσπάθειάς μου. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Αναστάσιο και Όλγα Παπαναστασίου για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Άννα Παπαναστασίου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ DATA LOGGER	18
1.2. ΜΕ ΤΙ ΑΣΧΟΛΟΥΜΑΣΤΕ ΚΑΙ ΠΙΑΤΙ	23
1.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	26
1.4. ΠΑΡΕΜΦΕΡΗ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	27
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ	30
2.1. ARDUINO	30
2.1.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ	30
2.1.2. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	31
2.1.3. ΜΟΝΤΕΛΑ ARDUINO	31
2.1.4. ARDUINO DUEMILANOVE	37
2.1.5. ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ARDUINO	39
2.1.6. ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ	40
2.1.6.1. Είσοδοι τροφοδότησης	40
2.1.7. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΗ ΣΤΟ USB	41
2.1.8. ΜΝΗΜΗ	41
2.1.9. ΕΙΣΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΙ	42
2.1.9.1. Δευτερεύουσες εισοδοι και έξοδοι	43
2.1.10. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	44
2.1.11. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ	45
2.1.12. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	46
ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ARDUINO, ΤΙΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ, ΤΙΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΟΥΝ ΚΑΘΕ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ.	46
2.1.13. ΑΥΤΟΜΑΤΟ RESET (ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ)	49

2.1.14. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ 1 (ΕΦΑΡΜΟΓΗ BLINK)	51
2.1.15. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ 2 (ΕΦΑΡΜΟΓΗ MELODY)	53
2.2. SENSOR SHT15 - ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	56
2.2.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	56
2.2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	57
2.2.3. DATASHEET SHT15	58
2.2.4. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	59
2.2.5. ΤΣΠ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	59
2.2.6. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΟΥ	60
2.2.7. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	60
2.2.8. ΌΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	61
2.2.8.1. Επιδράσεις θερμοκρασίας	62
2.2.8.2. Φως	62
2.2.8.3. Χρήση μεμβράνης κατά την λειτουργία	62
2.2.8.4. Υλικά προστασίας του αισθητήρα	63
2.2.8.5. Σύνδεση αισθητήρα	63
2.2.9. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ (INTERFACE)	64
2.2.9.1. Είσοδοι τροφοδότησης (VDD, GND)	64
2.2.9.2. Σειριακή είσοδος clock	64
2.2.9.3. Σειριακή είσοδος data	65
2.2.9.4. Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά	65
2.2.10. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	66
2.2.10.1. Εκκίνηση του αισθητήρα	66
2.2.10.2. Αποστολή εντολής	66
2.2.10.3. Μετρήσεις της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας	67
2.2.10.4. ΕΠΑΝΑΡΥΘΜΙΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	71
2.2.10.5. CRC-8 Υπολογισμός ελέγχου	71
2.2.10.6. Λεπτομερείς περιγραφές χρήσιμων στοιχείων	72
2.2.11. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΕΞΕΡΧΟΝΤΟΣ ΣΗΜΑΤΟΣ	74
2.2.11.1. Σχετική υγρασία	74

2.2.11.2. Υπολογισμός θερμοκρασίας μέσω του σήματος σχετικής υγρασίας	74
2.2.11.3. Θερμοκρασία	75
2.2.11.4. Σημείο Dew point	76
2.2.12. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ	76
2.3. MICRO SD MODULE	77
<u>3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</u>	<u>82</u>
3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	82
3.1.1. ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ, ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ, Κ.Λ.Π.)	83
3.1.2. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΠΟ BCD ΣΕ ASCII ΓΙΑ ΕΞΟΔΟ	92
3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΡΤΑ MICRO SD	99
3.2.1. ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ, ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ, Κ.Λ.Π.)	99
3.2.2. ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	105
3.3. ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	105
3.3.1. ΓΕΝΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	105
3.3.2. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	106
3.3.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΗΚΑΝ	107
3.3.4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΗΚΑΝ	107
<u>4. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</u>	<u>109</u>
4.1. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΔΙΚΕΣ ΜΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	109
4.2. ΝΕΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	111
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ</u>	<u>113</u>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ SHT15	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4 ΛΙΣΤΑ ΕΝΤΟΛΩΝ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ / STATUS REGISTER WRITE.....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ / STATUS REGISTER READ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ... ..	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.9 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ... ..	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.10 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΨΗΦΙΩΝ ΜΕ BCD ΚΩΔΙΚΑ	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.11 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΚΩΔΙΚΑ ASCII.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.12 ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΠΟ BCD ΣΕ ASCII.....	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ DATA LOGGER ΚΑΙ ΤΟΥ DATA RETRIEVAL	20
ΣΧΗΜΑ 1.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΑ, ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΝ SERVER ΚΑΙ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΣΤΟΝ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	21
ΣΧΗΜΑ 1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΩΝ ΜΕ ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ.	22
ΣΧΗΜΑ 1.4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ARDUINO	38
ΣΧΗΜΑ 1.5 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΟΡΘΗΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	47
ΣΧΗΜΑ 1.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	57
ΣΧΗΜΑ 1.7 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ SHT15	59
ΣΧΗΜΑ 1.8 ΕΙΣΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	64
ΣΧΗΜΑ 1.9 ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ. Η ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΚΑΙ Η ΑΠΛΗ ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ	66
ΣΧΗΜΑ 1.10 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΙΜΗ '0000 0100 0011 0001' = 1073 = 35.50% RH	74
ΣΧΗΜΑ 1.11 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ ΤΗΣ ΚΑΡΤΑΣ.....	106

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Σύνδεση Arduino με DMX512 (Digital MultiPlex), όπου γίνεται έλεγχος του φωτισμού και της έντασης του και των σαρωτών.....	30
Εικόνα 2 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Diecimila.....	32
Εικόνα 3 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino NG Rev. C.....	33
Εικόνα 4 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino NG.....	33
Εικόνα 5 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Extreme.....	34
Εικόνα 6 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Usb.....	34
Εικόνα 7 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino LilyPad 04.....	35
Εικόνα 8 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Nano.....	36
Εικόνα 9 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Mini.....	37
Εικόνα 10 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino.....	44
Εικόνα 11 Οθόνη προγραμμαστικού περιβάλλοντος Arduino.....	48
Εικόνα 12 Σύνδεση led με την πλατφόρμα.....	52
Εικόνα 13 Σύνδεση piezo με την πλατφόρμα.....	54
Εικόνα 14 Αισθητήρας SHT15.....	58
Εικόνα 15 MicroSD Module – Micro SD card.....	78
Εικόνα 16 Παρουσίαση λειτουργίας λογισμικού Arduino κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Module με την SDcard.....	80
Εικόνα 17 Παρουσίαση συνδεσμολογίας του module της SDcard με το Arduino.....	81
Εικόνα 18 Παρουσίαση διαφορετικής συνδεσμολογίας του module της SDcard με το Arduino.....	81
Εικόνα 19 Παρουσίαση λειτουργίας λογισμικού Arduino κατά τη διάρκεια λήψης μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας με τη χρήση του αισθητήρα.....	82
Εικόνα 20 Σύνδεση αισθητήρα - Arduino.....	83
Εικόνα 21 Σύνδεση MicroSD module - Arduino.....	99
Εικόνα 22 Σύνδεση ψηφιακού συστήματος με ηλεκτρονικό υπολογιστή.....	105

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ DATA LOGGER

Ένα ψηφιακό καταγραφικό (ή αλλιώς data logger ή όργανο καταγραφής δεδομένων) είναι μια ηλεκτρονική διάταξη, η οποία αποθηκεύει δεδομένα είτε με την πάροδο του χρόνου, είτε/και σε σχέση με την τοποθεσία που βρίσκεται το όργανο, είτε/και μέσω διασύνδεσής της με εξωτερικά όργανα και αισθητήρες. Στην πλειοψηφία τους, αλλά όχι ολοκληρωτικά, είναι βασισμένοι σε ένα ψηφιακό μικροεπεξεργαστή ή, όταν οι εφαρμογές το απαιτούν και οι συνθήκες το επιτρέπουν, σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή. Συνήθως, είναι μικρού μεγέθους, φορητοί, εξοπλισμένοι με ένα μικροεπεξεργαστή, μια εσωτερική μνήμη για τη αποθήκευση δεδομένων και τους αισθητήρες και τροφοδοτούνται από μπαταρίες. Μερικοί ψηφιακοί καταγραφείς συνδέονται με ένα προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και χρησιμοποιούν λογισμικό για να ενεργοποιήσουν τη λειτουργία τους, αλλά και για να αναλύσουν τα συλλεχθέντα δεδομένα. Παράλληλα, κάποιοι άλλοι έχουν τοπική σύνδεση με πληκτρολόγιο ή με ανεξάρτητες οθόνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες και αυτόνομες συσκευές.

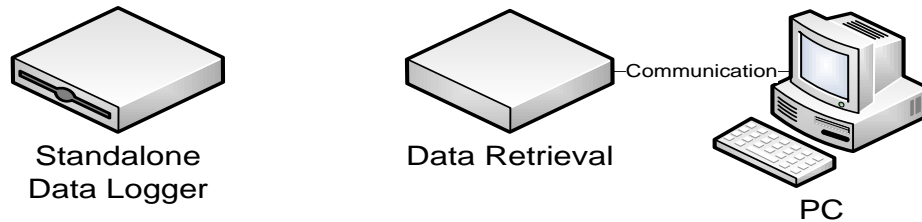
Οι καταγραφείς δεδομένων διαφέρουν και ποικίλλουν μεταξύ τους ανάλογα την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιούνται και χωρίζονται σε κατηγορίες, όπως καταγραφείς γενικού σκοπού για μία σειρά εφαρμογών μέτρησης σε συγκεκριμένες συσκευές σε συγκεκριμένο περιβάλλον ή καταγραφείς για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Ενώ συνήθως, οι καταγραφείς γενικού σκοπού είναι ικανοί έτσι ώστε να προγραμματίζονται, εντούτοις πολλοί παραμένουν ως στατικές μηχανές με ένα περιορισμένο αριθμό ή χωρίς καμία μεταβλητή παράμετρο. Οι ηλεκτρονικοί καταγραφείς έχουν αντικαταστήσει τα όργανα καταγραφής διαγραμμάτων πλέον και μάλιστα σε πολλές εφαρμογές.

Ένα από τα βασικά οφέλη των ψηφιακών ηλεκτρονικών καταγραφών είναι η δυνατότητα συλλογής δεδομένων αυτόματα σε συνεχή χρονική βάση. Δεν απαιτείται καμία επίβλεψη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους και κατά τη διάρκεια της συλλογής δεδομένων. Αυτό επιτρέπει μία ακριβή καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Αξίζει να σημειωθεί, ότι για την καλύτερη και μεγαλύτερη αξιοπιστία των δεδομένων, συνηθίζεται η τοποθέτηση των ψηφιακών καταγραφών σε σταθερά σημεία, αποφεύγοντας τη συνεχή μετακίνησή τους και την έκθεση τους σε ακραίες καιρικές συνθήκες.

Οι όροι της καταγραφής και της απόκτησης μετρήσεων χρησιμοποιούνται συχνά και εναλλακτικά. Εντούτοις, αν γίνει μια ιστορική αναδρομή, θα διαπιστωθεί ότι είναι αρκετά διαφορετικοί. Παρατηρείται ότι ένας ψηφιακός καταγραφέας (data logger) είναι ένα σύστημα ανάκτησης στοιχείων (system of data retrieval), δίχως αυτό να σημαίνει ότι ένα σύστημα ανάκτησης στοιχείων (system of data retrieval) είναι ψηφιακός καταγραφέας (data logger).

Οι ψηφιακοί καταγραφείς μπορούν να έχουν μεγάλο χρόνο απόκρισης. Ένα μέγιστο ποσοστό δείγματος 1 Hz μπορεί να θεωρηθεί αρκετά γρήγορο για ένα ψηφιακό καταγραφέα σε κάποιες εφαρμογές, όπως αυτή που εξετάζουμε, σε αντίθεση με ένα σύστημα ανάκτησης στοιχείων που θεωρείται πολύ αργό αν λειτουργεί σε τέτοια ταχύτητα.

Οι ψηφιακοί καταγραφείς είναι αυτόνομες συσκευές, ενώ το χαρακτηριστικό σύστημα ανάκτησης στοιχείων πρέπει να παραμένει σε επικοινωνία με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή.

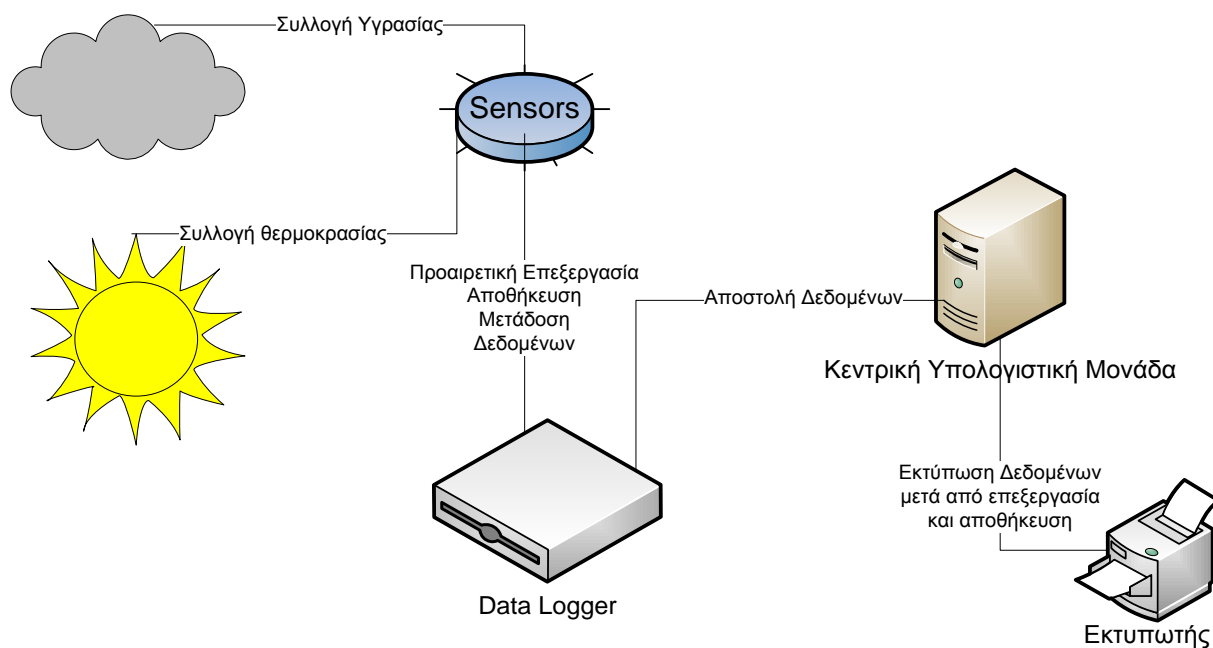


Σχήμα 1.1 Παρουσίαση λειτουργίας του data logger και του data retrieval

Αυτή η δυνατότητα αυτονομίας των ψηφιακών καταγραφέων, υπονοεί την ύπαρξη ενσωματωμένης μνήμης, η οποία χρησιμοποιείται για την ανάκτηση ή αποθήκευση των δεδομένων. Συγκεκριμένα, συνηθίζεται η χρήση μεγάλης μνήμης, ανάλογα με την εφαρμογή, ώστε να καταγράψει δεδομένα για πολλές ημέρες ή μήνες, δίχως επίβλεψη. Αυτή η μνήμη μπορεί να είναι μνήμη που υποστηρίζεται σε μπαταρία, στατική μνήμη τυχαίας προσπέλασης, μνήμη flash ή μνήμη EEPROM. Οι παλαιότεροι ψηφιακοί καταγραφείς χρησιμοποιούσαν μαγνητική ταινία για την αποθήκευση των δεδομένων ή για την απευθείας ανάγνωσή τους.

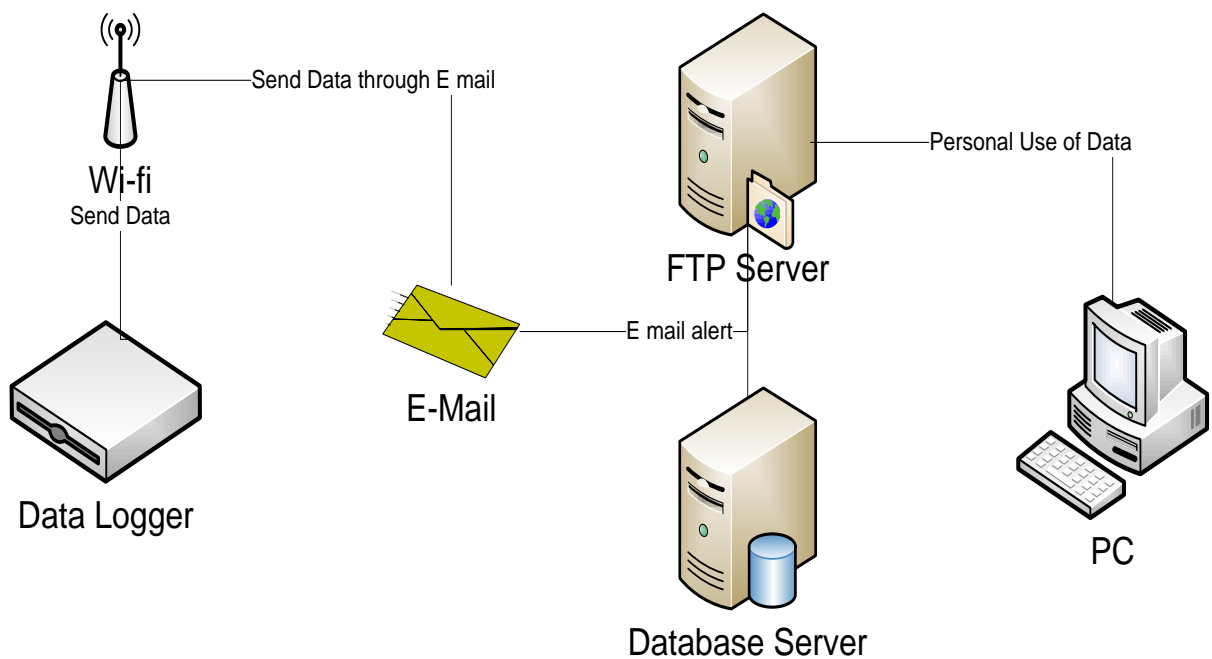
Λαμβάνοντας υπόψη τους χρόνους εγγραφής των δεδομένων των ψηφιακών καταγραφέων, οι συσκευές αυτές διαθέτουν ένα μηχανισμό χρόνου και ημερομηνίας, ώστε να εξασφαλιστεί η αξία των συλλεχθέντων δεδομένων, καθώς και η άμεση σύνδεση τους με την ημερομηνία και το χρόνο συλλογής τους. Επομένως, οι ψηφιακοί καταγραφείς διαθέτουν και χρησιμοποιούν ενσωματωμένα ρολόγια, τα οποία λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο. Η απόκλιση των ενσωματωμένων ρολογιών αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την επιλογή και αγορά ενός ψηφιακού καταγραφέα.

Η περιφερειακή μονάδα μνήμης ή αλλιώς data logger συλλέγει τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία από τους αισθητήρες. Επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά σε δευτερογενή (όπως μέσες τιμές, ωριαίες τιμές, κλπ.), τα αποθηκεύει και τα μεταδίδει, ή τα αποθηκεύει δίχως επεξεργασία και τα μεταδίδει σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα στην κεντρική υπολογιστική μονάδα. Ένα σύνολο αισθητήρων εισάγουν τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα στην περιφερειακή μονάδα μνήμης. Έπειτα, με τα κατάλληλα κυκλώματα διασύνδεσης των προαναφερθέντων τμημάτων και την αποστολή των δεδομένων στην κεντρική υπολογιστική μονάδα, γίνεται επεξεργασία, αποθήκευση και εκτύπωση των μετρούμενων δεδομένων.



Σχήμα 1.2 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων, αποθήκευση σε ψηφιακό καταγραφέα, αποστολή και επεξεργασία στον server και εκτύπωση στον εκτυπωτή.

Επίσης, χρησιμοποιώντας ασύρματη επικοινωνία, οι ψηφιακοί καταγραφείς δεν χρειάζονται την άμεση διασύνδεση με μία βάση δεδομένων ή με ένα μέσο αποθήκευσης, δεδομένου ότι υπάρχει η δυνατότητα της διαβίβασης των στοιχείων χρησιμοποιώντας ένα τυποποιημένο ασύρματο πρωτόκολλο. Με την συνεχή διάδοση των εφαρμογών του Παγκοσμίου Ιστού, οι ψηφιακοί καταγραφείς έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν «ζωντανά» και σε πραγματικό χρόνο, αναπροσαρμογές σε μία ιστοσελίδα με τη χρήση του διαδικτύου, καθώς και την απεικόνιση των δεδομένων ταυτόχρονα. Οι ψηφιακοί καταγραφείς εξυπηρετούν τις ιστοσελίδες, αποστέλλουν συναγερμό χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και αποστέλλουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων ή τα δεδομένα σε βάσεις δεδομένων ή απευθείας στους χρήστες με τη βοήθεια των FTP server.



Σχήμα 1.3 Λειτουργία ψηφιακών καταγραφέων με ασύρματη τεχνολογία και αποστολή δεδομένων στους χρήστες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με την πάροδο του χρόνου, έχει βελτιωθεί η επικοινωνία μεταξύ των αισθητήρων και των ψηφιακών καταγραφών. Τα τυποποιημένα πρωτόκολλα επιτρέπουν στους χρήστες τη σύνδεση διαφόρων οργάνων με μία μεγάλη ποικιλία ψηφιακών καταγραφών. Τα παραδείγματα των πρωτοκόλλων περιλαμβάνουν το SDI-12, το οποίο εφαρμόζεται κυρίως σε περιβαλλοντικές εφαρμογές, και το MODBUS, το οποίο απευθύνεται σε βιομηχανικούς ελέγχους. Η χρήση των προτύπων του πρωτοκόλλου SDI-12 δεν γίνεται αποδεκτή γενικά, παρά μόνο από τις βιομηχανίες που σχετίζονται με το περιβάλλον και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται εξίσου το πρότυπο του πρωτοκόλλου MODBUS. Ένα άλλο πρωτόκολλο που αρχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως βασίζεται στο Canbus (ISO 11898). Αρκετοί ψηφιακοί καταγραφείς χρησιμοποιούν ένα ευέλικτο γραφικό περιβάλλον, ώστε να επιτρέπεται η προσαρμογή τους στα διάφορα μεταβλητά πρωτόκολλα.

1.2. ΜΕ ΤΙ ΑΣΧΟΛΟΥΜΑΣΤΕ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η επίδειξη του προγραμματισμού της πλατφόρμας Arduino σε χαμηλό επίπεδο για τη δημιουργία ενός υποτυπώδους μετεωρολογικού οργάνου με απεικόνιση σε οθόνη υπολογιστή, σε συνδυασμό με ένα ψηφιακό καταγραφέα, προκειμένου να καταγράφονται οι παρατηρήσεις των μετρούμενων μεγεθών. Αυτά είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι το χαμηλό κόστος δημιουργίας μίας τέτοιας συσκευής που είναι της τάξης των 50 €, καθώς και (κυρίως) η δυνατότητα άμεσης επέμβασης του χρήστη σε χαμηλό επίπεδο προγραμματισμού για περισσότερες ή διαφορετικές πληροφορίες με τους κατάλληλους αισθητήρες, αν ασφαλώς κατέχει τις γνώσεις της γλώσσας

προγραμματισμού που χρησιμοποιείται, καθώς και βασικών αρχών αρχιτεκτονικής ψηφιακών συστημάτων και παράστασης δεδομένων.

Οι αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις για την ανάπτυξη ενός δικτύου σταθμών με συμβατικά και με πιο σύγχρονα όργανα μετρήσεων. Η χρήση τους κάνει δυνατή την δημιουργία ενός δικτύου για λήψη αξιόπιστων μετεωρολογικών παρατηρήσεων και την δημιουργία υποδομής για πρόσβαση και επεξεργασία των μετρήσεων οποιαδήποτε ώρα του εικοσιτετραώρου. Η νέα τεχνολογία συμβάλλει στην επίλυση προβλημάτων διαχείρισης προστασίας και προσδιορισμού μικροκλίματος των οικοσυστημάτων. Ακόμη, δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ευκολότερης διαχείρισης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στους σταθμούς που παρέχουν και μεταδίδουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, για άμεση αξιοποίηση τους και στους σταθμούς που καταγράφουν δεδομένα σε μη πραγματικό χρόνο, για μακροπρόθεσμη ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση των ψηφιακών οργάνων μέτρησης έχει περιορισμούς και προβλήματα. Ένα από αυτά είναι ο ηλεκτρικός θόρυβος που μπορεί να μεταφέρει ένας ψηφιακός καταγραφέας ενός συγκεκριμένου μεγέθους κατά τη διάρκεια μετάδοσης των στοιχείων ρευμάτων. Επίσης, σε περίπτωση που προκύψει σφάλμα σε αισθητήρα, δεν υπάρχει δυνατότητα διόρθωσης και συνήθως επισκευής, οπότε και απαιτείται αγορά νέου. Μάλιστα, έχουν αναφερθεί προβλήματα για συγκεκριμένα μοντέλα ψηφιακών καταγραφέων, όπως τα MK7 Data Loggers, τα οποία κατέγραφαν λανθασμένα

δεδομένα από τους αισθητήρες. Άλλος ένας περιορισμός που πρέπει να αναφερθεί είναι η συχνότητα λήψης των δεδομένων, η οποία εξαρτάται από το μοντέλο.

Οι περισσότεροι καταγραφείς έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν ένα ή δύο πακέτα δεδομένων, εκτός από συγκεκριμένα μοντέλα που παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυνατότητες. Σε περιπτώσεις που ο χρήστης απαιτεί τη συλλογή περισσότερων δεδομένων, οφείλει είτε να γίνει αγορά ενός αρκετά δαπανηρού καταγραφέα είτε να μην ανταποκρίνεται κανένας καταγραφέας του εμπορίου στις ανάγκες του. Επίσης, μία άλλη βασική παράμετρος που πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η διάρκεια μπαταρίας των καταγραφών που διατίθενται στο εμπόριο. Συνήθως, η ταχύτητα και συχνότητα συλλογής επηρεάζουν άμεσα την διάρκεια μπαταρίας.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι σε πολλές πρακτικές περιπτώσεις, σημαντικότερο κριτήριο αγοράς ενός ψηφιακού καταγραφέα είναι το κόστος του, το οποίο ανέρχεται σε υψηλά επίπεδα, μερικές φορές και απαγορευτικά. Ανεξάρτητα από την αδυναμία παρέμβασης του χρήστη στο λογισμικό και στον ίδιο τον καταγραφέα, το κόστος του αποτελεί το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται. Ενδεικτικά, αξίζει να αναφερθεί ότι το κόστος απλών καταγραφών κυμαίνεται από 100 ως και 1000 ευρώ, χωρίς επιπρόσθετες ηλεκτρονικές συσκευές, ενώ το κόστος ενός πλήρους μετεωρολογικού σταθμού μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερο.

1.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Σε αντίθεση με τους αναλογικούς αισθητήρες, οι ψηφιακοί ανιχνευτές θερμοκρασίας είναι αυτόνομοι και δεν απαιτούν κανένα επιπρόσθετο στοιχείο του κυκλώματος για τη βελτίωση των σημάτων. Υπάρχει η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με τον μικροεπεξεργαστή, με σκοπό να εξασφαλιστεί περισσότερος χρόνος, κατανάλωση ενέργειας και δαπάνης. Μπορούν να μειώσουν την τρέχουσα κατανάλωσή τους, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ως εφαρμογή στη λειτουργία του συσσωρευτή, όπου η ελάχιστη κατανάλωση ισχύος είναι σημαντική.

Επιπλέον, μπορούν να τεθούν τα όρια της θερμοκρασίας που θα παρέχεται, έτσι ώστε αν ξεπερνάται ένα προγραμματισμένο όριο θερμοκρασίας, να διακόπτεται η παραγωγή και η λειτουργία του μικροεπεξεργαστή. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποιοι αισθητήρες διαθέτουν ενσωματωμένους αλγόριθμους που οδηγούν το μικροκύκλωμα με τη βέλτιστη ταχύτητα, καταναλώνοντας το λιγότερο ποσό ενέργειας και περιορίζοντας στο ελάχιστο το θόρυβο των μετρήσεων.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας παρουσιάζουν μεγάλο εύρος καταγραφής της θερμοκρασίας. Με τη χρήση ειδικών μετατροπών, υπάρχει δυνατότητα αύξησης του προαναφερθέντος εύρους. Οι περισσότεροι αισθητήρες επικοινωνούν με τη χρήση ενός καλωδίου. Η σειριακή θύρα οφείλει να υποστηρίξει τη μεταφορά των δεδομένων με ταχύτητα 9600 bit ανά δευτερόλεπτο, σχεδόν για όλους τους αισθητήρες θερμοκρασίας, ταχύτητα που είναι υπέρ-αρκετή για κάθε πρακτική εφαρμογή.

Οι ψηφιακοί αισθητήρες έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών. Ένας κλάδος εφαρμογών των αισθητήρων είναι στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές.

Επίσης, συγκεκριμένοι αισθητήρες των φωτογραφικών μηχανών είναι κατασκευασμένοι να λειτουργούν εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα ενός υλικού και να μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρική ενέργεια (μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου).

Ένας επιπλέον κλάδος εφαρμογών είναι αυτός της ιατρικής. Ψηφιακοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση οδοντικών παθήσεων, κυστών και ριζικών βλαβών, κ.ά. Οι δυνατότητες τους βοηθούν στην άμεση και πιο σίγουρη διάγνωση των προβλημάτων, διότι παρέχονται εικόνες υψηλής ανάλυσης. Επίσης, είναι μικρού μεγέθους και δεν προκαλούν δυσχέρεια στους χρήστες.

1.4. ΠΑΡΕΜΦΕΡΗ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Τα παρεμφερή προϊόντα που παρέχονται στην αγορά είναι ενσωματωμένοι ψηφιακοί καταγραφείς με θερμομέτρα ή ανεμόμετρα ή οποιουσδήποτε άλλους αισθητήρες. Πολλές εταιρίες διαθέτουν στην αγορά πλήθος αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών με ενσωματωμένους ψηφιακούς καταγραφείς με αρκετά μεγάλο κόστος, καθώς και με μεγάλη ευχέρεια στη χρήση. Δυστυχώς, όμως δεν είναι υπάρχει δυνατότητα άμεσης επεξεργασίας λογισμικού και υλικού στους ψηφιακούς καταγραφείς που παρέχονται από τις εταιρείες αφού είναι ήδη τυποποιημένοι.

Γενικά, στην αγορά παρέχονται πολλά είδη ψηφιακών καταγραφέων. Παρατηρούνται τα ψηφιακά (DVRs) και δικτυακά (NVRs) καταγραφικά εικόνες, τα οποία συλλαμβάνουν την απεικόνιση της τρέχουσας κατάστασης, όπως αυτή λαμβάνεται από τις διαφορετικές κάμερες. Έπειτα, μετατρέπουν τα οπτικοακουστικά δεδομένα σε ψηφιακές πληροφορίες, σε περίπτωση που δε μεταδίδονται εξ αρχής ψηφιακά από τις κάμερες. Τέλος, γίνεται η εγγραφή σε

ψηφιακά μέσα αποθήκευσης και η αναπαραγωγή οποιονδήποτε δεδομένων απαιτεί ο χρήστης. Τα δεδομένα, ανάλογα με το σύστημα της ψηφιακής καταγραφής, μπορούν να αποθηκεύονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκτούν ηλεκτρονικό υδρογράφημα που εξασφαλίζει την αυθεντικότητά τους, τόσο όταν αναπαράγονται από τον καταγραφέα, όσο και όταν αποθηκευτούν σε φορητό μέσο και επιτρέπουν τη χρήση της πληροφορίας για οποιαδήποτε εφαρμογή.

Επιπλέον, ένα σύγχρονο καταγραφικό σύστημα, πέρα από την ευνότητα και βασική λειτουργία του, είναι αυτό της καταγραφής κλήσεων, το οποίο συνοδεύεται πάντα από το κατάλληλο λογισμικό. Συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της παρεχόμενης εξυπηρέτησης πελατών των εταιριών τηλεπικοινωνιών. Το ενσωματωμένο λογισμικό επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη αναζήτηση συνομιλιών, βάσει πληθώρας διαφορετικών κριτηρίων. Συγκεκριμένα, οποιοσδήποτε υπάλληλος τηλεφωνικής εταιρίας έχει τη δυνατότητα να βλέπει στην οθόνη του, ανά πάσα στιγμή, παλαιότερες τηλεφωνικές συνομιλίες με οποιονδήποτε πελάτη. Επομένως, το εν λόγω καταγραφικό σύστημα συμβάλλει στην καλύτερη εκπαίδευση των εργαζομένων, μειώνοντας παράλληλα τον αριθμό των λαθών, του μέσου της συστηματικής και ποιοτικής επίβλεψης των συνομιλιών του.

Επίσης, παρέχονται ψηφιακοί καταγραφείς των μικροσεισμικών και μη δραστηριοτήτων. Ειδικότερα, λόγω της υψηλής τεχνολογίας των νέων ψηφιακών σεισμολογικών σταθμών, δίνεται η δυνατότητα της καταγραφής σεισμικών γεγονότων μικρού μεγέθους, με τα οποία μπορεί να γίνει καταγραφή και χαρτογράφηση των μικρών ρηξιγενών ζωνών.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι πλέον σύγχρονοι γεωδαιτικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ενσωματωμένους δίσκους αποθήκευσης των δεδομένων, ή αλλιώς με ψηφιακά καταγραφικά, που απαλλάσσουν τον τοπογράφο από την καταγραφή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με το χέρι και των υπολογισμό τους για διάφορες εργασίες. Επομένως, τα δεδομένα αποθηκεύονται στο εσωτερικό του οργάνου και, στη συνέχεια, είναι προσβάσιμα μέσω ενός υπολογιστή όπου μπορούν, πλέον, να επεξεργαστούν και να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα.

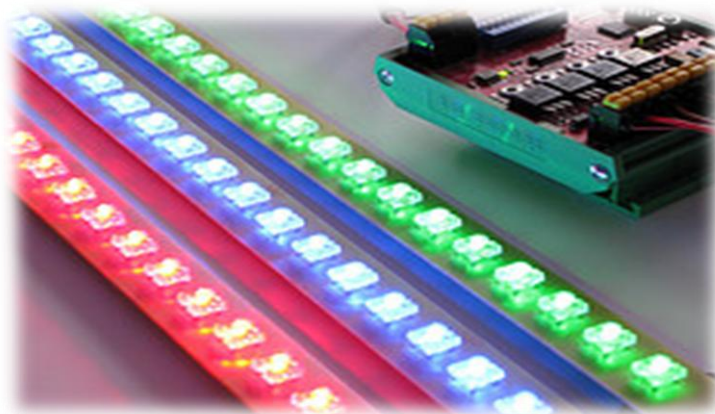
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

2.1. ARDUINO

2.1.1. Γενικές πληροφορίες της πλατφόρμας

Το Arduino είναι μια πρωτότυπη ηλεκτρονική πλατφόρμα διαμόρφωσης ανοικτού λογισμικού βασισμένη στο υλικό ενός μικροεπεξεργαστή, καθώς και σε κατάλληλο για τον προγραμματισμό του λογισμικό. Η χρήση του προορίζεται για σχεδιαστές, ανθρώπους που ασχολούνται με ηλεκτρονικά στον ελεύθερο χρόνο τους και καθένα ενδιαφερόμενο στη δημιουργία ψηφιακών εφαρμογών σε χαμηλό επίπεδο, χωρίς όμως να προγραμματίζει άμεσα σε γλώσσα μηχανής.

Το Arduino μπορεί να αισθανθεί το περιβάλλον προσλαμβάνοντας δεδομένα από μεγάλη ποικιλία αισθητήρων και μπορεί να επηρεάσει το χώρο με τον έλεγχο των φώτων, των μηχανών, και άλλων ηλεκτρονικών επεξεργαστών. Ο μικροεπεξεργαστής στον πίνακα της πλατφόρμας είναι προγραμματισμένος στη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού του Arduino και στο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino. Τα σχέδια Arduino μπορούν να είναι αυτόνομα ή μπορούν να επικοινωνήσουν με οποιοδήποτε λογισμικό ενός υπολογιστή.



Εικόνα 1 Σύνδεση Arduino με DMX512 (Digital MultiPlex), όπου γίνεται έλεγχος του φωτισμού και της έντασης του και των σαρωτών.

Οι πίνακες της πλατφόρμας μπορούν να δημιουργηθούν χειρονακτικά ή να αγοραστούν προσυναρμολογημένοι. Το λογισμικό λειτουργίας του Arduino προσφέρεται δωρεάν μέσω του διαδικτύου. Τα σχέδια αναφοράς υλικού (αρχεία CAD) είναι διαθέσιμα στο κοινό με άδεια ανοικτού λογισμικού και παρέχεται ελευθερία προσαρμογής για οποιαδήποτε ανάγκη. Το Arduino έλαβε μια τιμητική αναφορά στο ψηφιακό τμήμα Κοινοτήτων των 2006 ARS Electronica Prix.

2.1.2. Φυσικά χαρακτηριστικά

Το μέγιστο μήκος και το πλάτος του PCB Duemilanove είναι 2.7 και 2.1 ίντσες αντίστοιχα, με το καλώδιο USB και την εξωτερική τροφοδότηση εκτείνεται σε μεγαλύτερη διάσταση. Τρεις τρύπες βιδών επιτρέπουν στην πλατφόρμα την σύνδεση με μια επιφάνεια ή μια θήκη. Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόσταση μεταξύ των ψηφιακών εισόδων 7 και 8 είναι 160 mil (0.16 ").

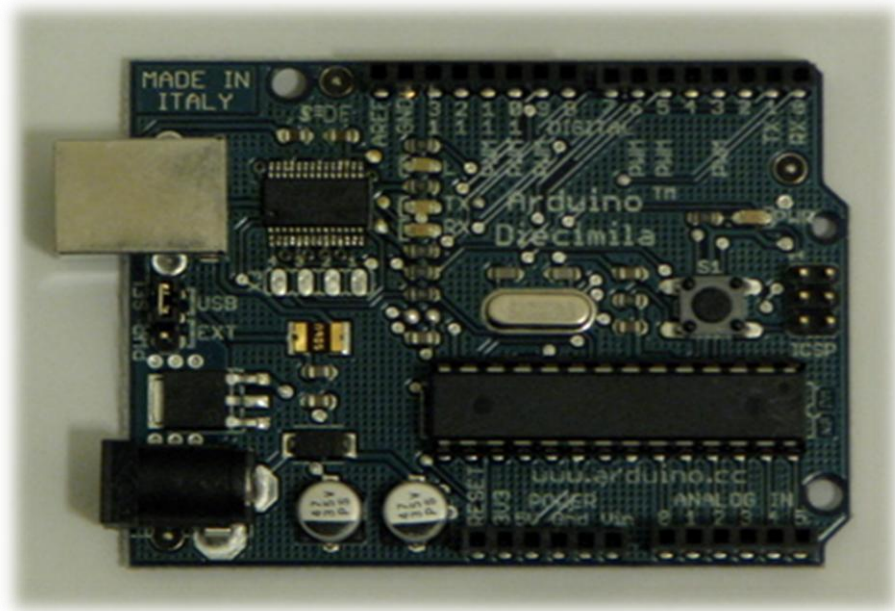
2.1.3. Μοντέλα Arduino

Στην αγορά διατίθενται πολλά μοντέλα της πλατφόρμας και στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το Arduino Duemilanove, το οποίο είναι και το νεότερο τεχνολογικά. Παλαιότερα μοντέλα αντιμετωπίζουν κάποιες διαφορές μεταξύ τους και θα αναφερθούν παρακάτω με χρονολογική σειρά από το νεότερο προς το παλαιότερο.

Arduino Diecimila

Το κύριο χαρακτηριστικό του Arduino Diecimila είναι ότι μπορεί να επαναρυθμιστεί από τον υπολογιστή χωρίς να πιεστεί το κουμπί reset που βρίσκεται στην πλατφόρμα. Το συγκεκριμένο μοντέλο ένα ρυθμιστή τάσης χαμηλής ισχύος, ο οποίος μειώνει την κατανάλωση ενέργειας της πλατφόρμας όταν τροφοδοτείται από ηλεκτρονικό υπολογιστή ή μπαταρία. Επίσης,

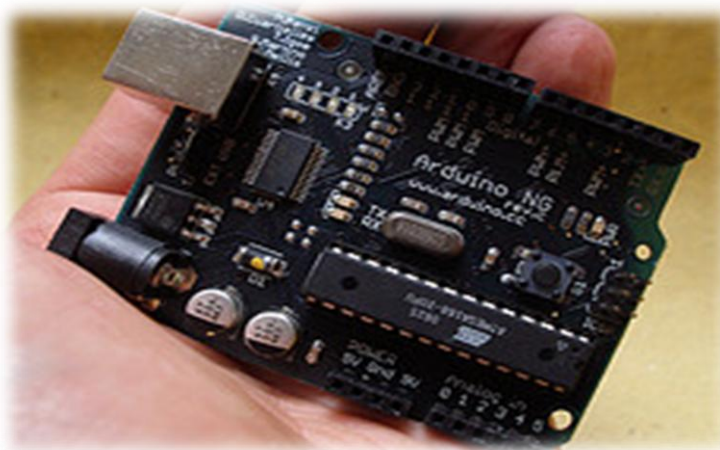
προστατεύονται οι θύρες Usb του ηλεκτρονικού υπολογιστή από τα κύματα με τη χρήση ενός polyfuse. Παρέχει επίσης τις εισόδους για reset και για 3.3V και στην ψηφιακή είσοδο 13 βρίσκεται ενσωματωμένο led.



Εικόνα 2 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Diecimila

Arduino NG Rev. C

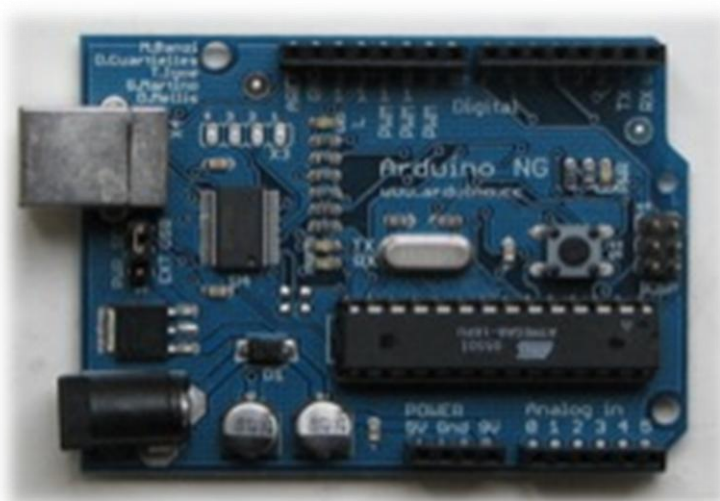
Το συγκεκριμένο μοντέλο δεν διαθέτει ενσωματωμένο led στην ψηφιακή είσοδο 13, αλλά δύο ασυνήθιστα τμήματα συγκολλημένα κοντά στις ετικέτες “GND” και “13”. Εντούτοις, διατίθενται περίπου 1000 Ω αντίστασης στην είσοδο 13 και μπορεί να γίνει σύνδεση με Led χωρίς εξωτερικό αντιστάτη.



Εικόνα 3 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino NG Rev. C

Arduino NG (Nuova Generazione)

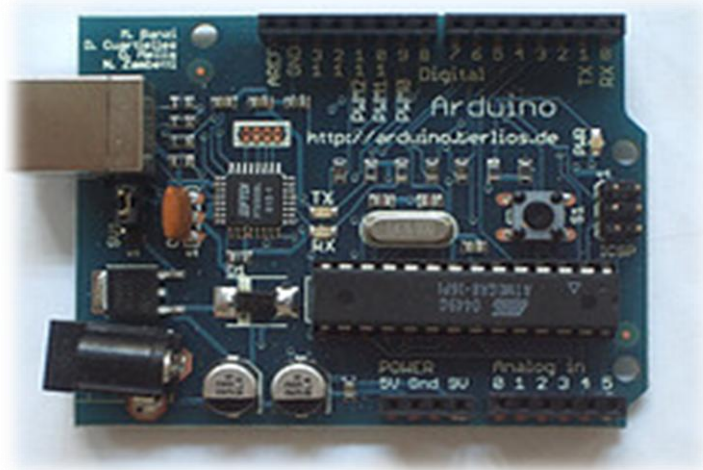
Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιεί τον USB – τμηματικό μετατροπέα FTDI FT232RL, ο οποίος απαιτεί λιγότερα εξωτερικά συστατικά από τον FT232BM. Επίσης, διαθέτει ενσωματωμένο led στην είσοδο 13, το οποίο μπορεί να παρεμποδίσει την επικοινωνία SPI.



Εικόνα 4 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino NG

Arduino Extreme

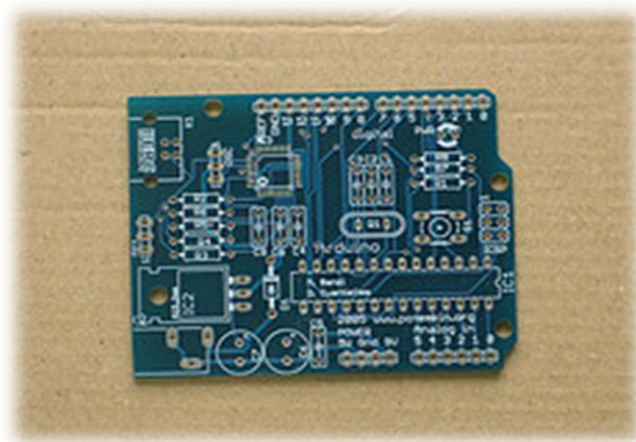
Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιεί περισσότερα συστατικά στην επιφάνεια, σε σχέση με το Arduino USB και έχει θηλυκούς αποδέκτες στις εισόδους. Επίσης, διαθέτει τα RX και TX LEDs, τα οποία υποδεικνύουν πότε στέλνονται τα δεδομένα στην πλατφόρμα ή από την πλατφόρμα, αντίστοιχα.



Εικόνα 5 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Extreme

Arduino USB

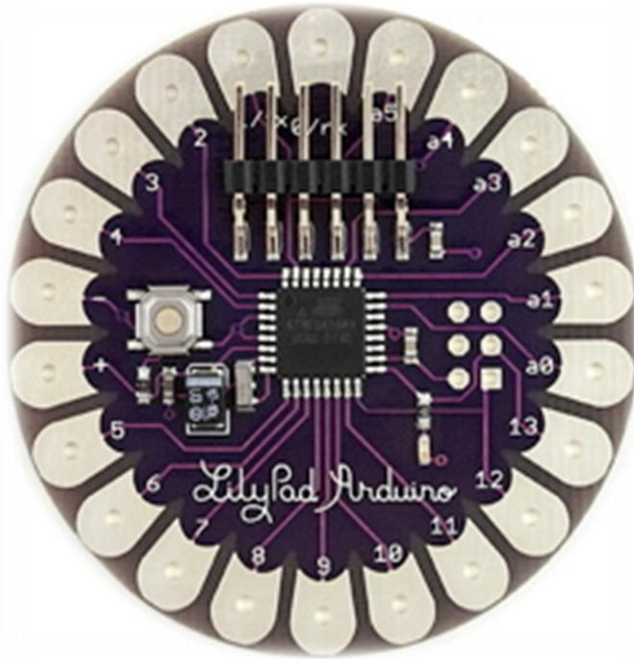
Το μοντέλο αυτό ήταν ο πρώτος πίνακας που ονομάστηκε Arduino. Αρχικά, πουλήθηκαν σαν ανεξάρτητα κομμάτια που απαιτούσαν συναρμολόγηση. Η πρώτη έκδοση παρουσίαζε σφάλμα στη σύνδεση Usb.



Εικόνα 6 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Usb

Arduino LilyPad

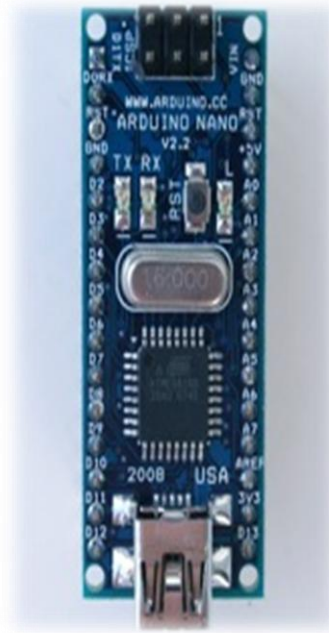
Το αρχικό σχέδιο του μοντέλου είχε 10 ICSP εισόδους και χρησιμοποιούσε το εσωτερικό ρολόι του μικροεπεξεργαστή AT mega168, παρά έναν εξωτερικό ταλαντωτή. Επίσης, στο αρχικό σχέδιο χρησιμοποιούσε ως bootloader το bootloader NG.



Εικόνα 7 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino LilyPad 04

Arduino Nano

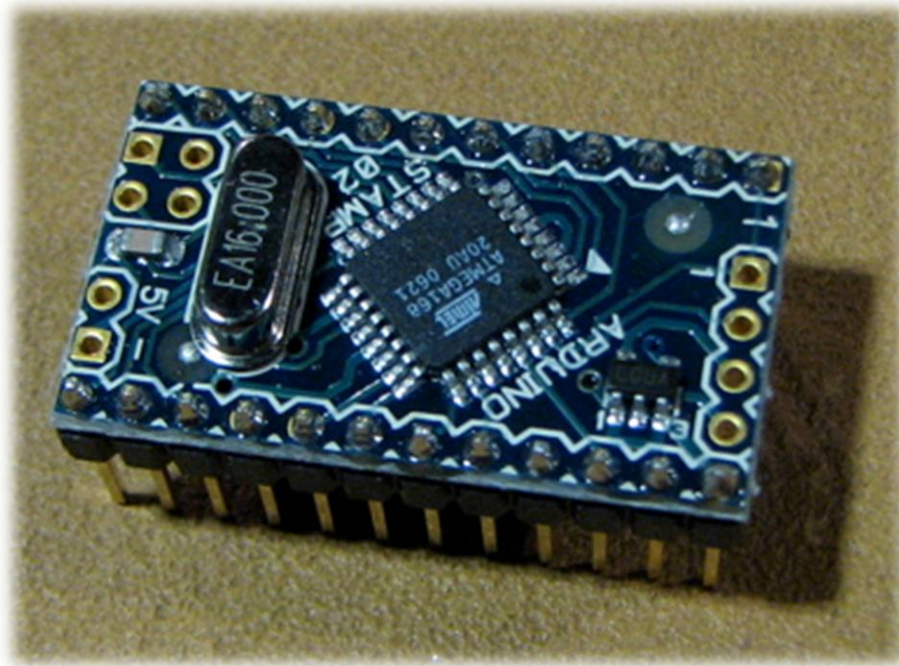
Το Arduino Nano περιέχει ένα τσιπ AT mega 168 και FTDI USB, ενώ χαρακτηρίζεται ως ένα σχέδιο για τη χρήση με breadboard.



Εικόνα 8 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Nano

Arduino Mini

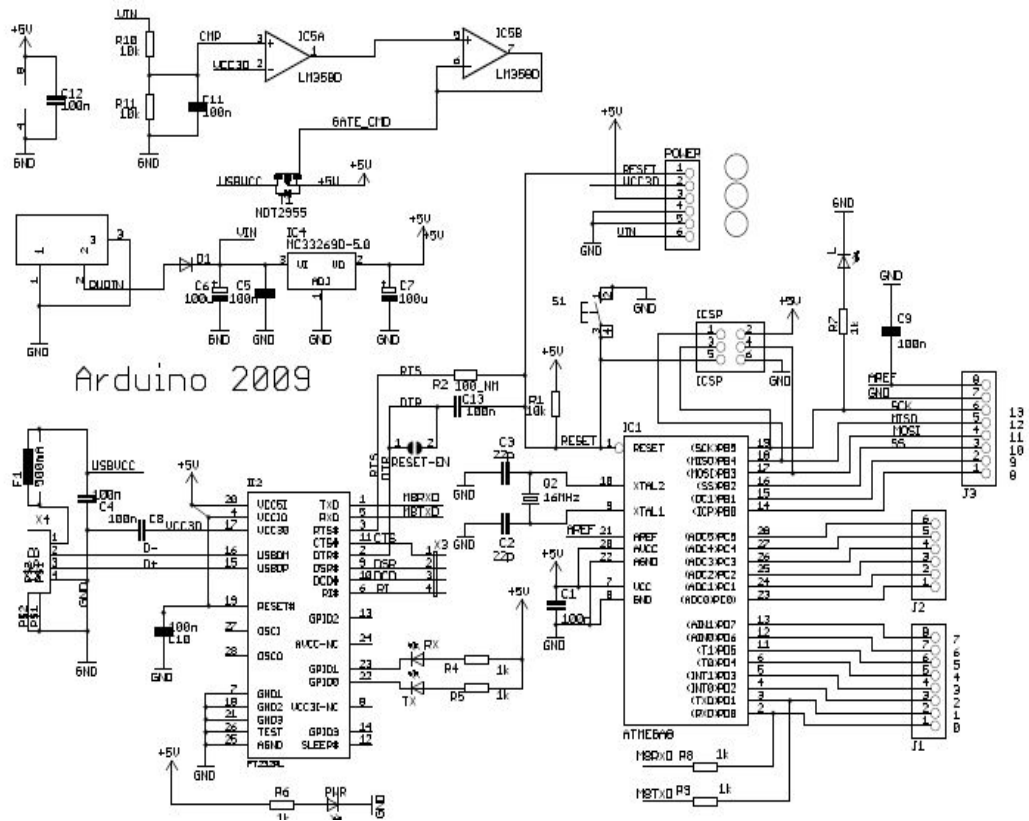
Το μοντέλο αυτό είναι ένας μικρός πίνακας μικροεπεξεργαστών που βασίζεται στον μικροεπεξεργαστή AT mega 168 και προορίζεται για τη χρήση με breadboards. Διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους – εξόδους (εκ των οποίων οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM έξοδοι), 8 αναλογικές εισόδους και ένα ταλαντωτή κρυστάλλου των 16 MHz. Υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού είτε με το Mini Usb με χρήση αντάπτορα, είτε με άλλους τρόπους, οι οποίοι δε θα μας απασχολήσουν στη συγκεκριμένη εργασία.



Εικόνα 9 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino Mini

2.1.4. Arduino Duemilanove

Το Arduino Duemilanove (2009) είναι μία πλατφόρμα βασισμένη στον μικροεπεξεργαστή ATmega168. Έχει 14 ψηφιακές εισόδους και εξόδους (εκ των οποίων οι έξι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτελέσματα PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ένα ταλαντωτής κρυστάλλου 16 MHz, μια σύνδεση USB, μία είσοδο παροχής ενέργειας, ένα διασυνδετικό αγωγό ICSP, και ένα κουμπί αναστοιχειοθέτησης. Περιέχει όλα όσα απαιτούνται για να υποστηρίξουν τη λειτουργία του μικροεπεξεργαστή. Μπορεί να συνδεθεί με έναν υπολογιστή διαμέσω ενός καλωδίου USB ή να τροφοδοτηθεί με έναν προσαρμογέα ρεύμα-συνεχές ρεύμα ή με μία μπαταρία.



Σχήμα 1.4 Συνδεσμολογία Arduino

2.1.5. Ειδικά χαρακτηριστικά Arduino

Πίνακας 1.1 Φυσικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας

Μικροεπεξεργαστής	ATmega168
Λειτουργούσα τάση	5V
Τάση εισαγωγής (που συνιστάται)	7-12V
Τάση εισαγωγής (όρια)	6-20V
Ψηφιακές I/O είσοδοι	14 (εκ των οποίων οι 6 παρέχουν την παραγωγή PWM)
Αναλογικές είσοδοι	6
ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα ανά I/O είσοδο	40 μ A
ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα για 3.3V είσοδο	50 μ A
Μνήμη	16 KB (ATmega168) εκ των οποίων τα 2 KB χρησιμοποιούνται από bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168)
EEPROM	512 bytes (ATmega168)
Ταχύτητα ρολογιών	16 MHZ

2.1.6. Τροφοδότηση

Το Arduino Duemilanove μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω της σύνδεσης USB ή με μια εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα.

Η εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (εκτός της σύνδεσης USB) μπορεί να προέλθει είτε από έναν προσαρμογέα ρεύμα-συνεχές ρεύμα (τοίχος-ακροχόρδωνας) είτε από μπαταρία. Ο προσαρμογέας μπορεί να συνδεθεί στην είσοδο που βρίσκεται πάνω στην πλατφόρμα με διαστάσεις 2.1mm. Κάποια καλώδια από μια μπαταρία μπορούν να συνδεθούν στις Gnd και Vin εισόδους που βρίσκονται στην τροφοδότηση μπαταρίας.

Η πλατφόρμα μπορεί να λειτουργήσει σε μία εξωτερική τροφοδότηση από έξι έως είκοσι βολτ. Εάν παρέχεται λιγότερο από επτά βολτ, εντούτοις, η είσοδος των πέντε βολτ μπορεί να παρέχει λιγότερο από πέντε βολτ και η πλατφόρμα μπορεί να είναι ασταθής. Εάν παρέχονται περισσότερα από 12 V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμάνει και να βλάψει την πλατφόρμα. Το προτεινόμενο φάσμα τροφοδότησης είναι 7-12 V.

2.1.6.1. Είσοδοι τροφοδότησης

Οι εισοδοί τροφοδότησης είναι οι ακόλουθες:

- VIN.** Η τάση εισαγωγής στον πίνακα Arduino όταν χρησιμοποιεί μια εξωτερική πηγή ενέργειας (σε αντιδιαστολή με 5 βολτ από τη σύνδεση USB ή άλλη ρυθμισμένη πηγή ενέργειας). Είναι δυνατόν να παρέχεται η τάση μέσω αυτής της εισόδου, ή, εάν παρέχοντας την τάση μέσω του προσαρμογέα εισόδου της μπαταρίας, εξασφαλίζεται πρόσβαση σε αυτή την είσοδο.

- 5V.** Η ρυθμισμένη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το μικροεπεξεργαστή και άλλα συστατικά στον πίνακα. Αυτό μπορεί να προέλθει από VIN δια μέσω ενός ρυθμιστή της πλατφόρμας, είτε να παρασχεθεί από USB είτε από έναν άλλο ρυθμισμένο 5V ανεφοδιασμό.
- 3V3.** Ένας ανεφοδιασμός 3.3 βολτ παράγεται από το τσιπ FTDI που βρίσκεται στην πλατφόρμα. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να μεταδώσει είναι 50 μ A.
- GND.** Είσοδοι εδάφους.

2.1.7. Προστασία από υπερένταση στο USB

Το Arduino Duemilavone μπορεί να επαναριθμήσει τις πολλές ασφάλειες, ώστε να προστατέψει τις θύρες USB του υπολογιστή από τη χαμηλή είτε υψηλή τάση. Αν και οι περισσότεροι υπολογιστές παρέχουν την δική τους εσωτερική προστασία, η ασφάλεια παρέχει ένα πρόσθετο επίπεδο προστασίας. Εάν περισσότερα από 500 μ A εφαρμόζονται στη θύρα USB, η ασφάλεια διακόπτει αυτόματα τη σύνδεση έως ότου διορθωθεί το πρόβλημα λόγω υψηλής ή χαμηλής τάσης.

2.1.8. Μνήμη

Ο μικροεπεξεργαστής ATmega168 έχει τρεις ομάδες μνήμης. Διαθέτει flash memory (program space), στην οποία αποθηκεύεται το Arduino sketch, SRAM (static random access memory), στην οποία δημιουργείται το sketch και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές όταν τρέχει, και EEPROM, η οποία χρησιμοποιείται από τους προγραμματιστές για την αποθήκευση μακροχρόνιων πληροφοριών.

Συγκεκριμένα, ο μικροεπεξεργαστής διαθέτει 16 KB της flash memory, 1024 bytes της SRAM και 512 bytes της EEPROM μνήμης. Είναι φανερό ότι μιλάμε για σύστημα περιορισμένων δυνατοτήτων σε σχέση με τα σύγχρονα μικροϋπολογιστικά συστήματα που γνωρίζουμε, το οποίο, ωστόσο, είναι αρκετό για πολλές εφαρμογές. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο μέρος της SRAM μνήμης δεν είναι διαθέσιμο.

2.1.9. Είσοδοι και έξοδοι

Κάθε μια από τις 14 ψηφιακές εισόδους στο Duemilanove μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος ή έξοδος, χρησιμοποιώντας τις pinMode (), digitalWrite (), και digitalRead () λειτουργίες. Λειτουργούν σε 5 βολτ. Κάθε είσοδος μπορεί να παρέχει ή να λάβει ένα μέγιστο 40 mA και έχει έναν εσωτερικό pull-up αντιστάτη (αποσυνδεδεμένο εξ ορισμού) των 20-50 kOhms. Επιπλέον, μερικές εισόδους έχουν ειδικευμένες λειτουργίες:

Σειριακές: 0 (RX) και 1 (TX). Χρησιμοποιούνται για την παραλαβή (RX) και την διαβίβαση (TX) των σειριακών στοιχείων TTL. Αυτές οι εισόδους συνδέονται με τις αντίστοιχες εισόδους του τμηματικού τσιπ FTDI USB-to-TTL.

Εξωτερικοί διακόπτες: 2 και 3. Αυτές οι εισόδους μπορούν να διαμορφωθούν για να προκαλέσουν διακοπή σε μια χαμηλή αξία, μια αύξηση ή μια μειωμένη άκρη, ή μια αλλαγή στην αξία.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, και 11. Παρέχουν οκτάμπιτη παραγωγή PWM μαζί με την analogWrite () λειτουργία.

PWM: Pulse Width Modulation: Η διαμόρφωση πλάτους σφυγμού είναι μία τεχνική για τα αναλογικά αποτελέσματα με ψηφιακά μέσα. Ο ψηφιακός

έλεγχος χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ένα τετραγωνικό κύμα, δηλαδή ένα σήμα που εναλλάσσεται άνω και κάτω.

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Αυτές οι εισοδοί υποστηρίζουν την επικοινωνία SPI, η οποία, αν και παρέχεται από το ελλοχεύον υλικό, δεν συμπεριλαμβάνεται στη γλώσσα Arduino.

LED: 13. Υπάρχει ενσωματωμένο led που συνδέεται με την ψηφιακή είσοδο 13. Όταν η τιμή της εισόδου είναι HIGH, το led είναι αναμμένο, ενώ όταν η τιμή της εισόδου είναι LOW, το led δεν είναι αναμμένο.

Το Duemilanove έχει 6 αναλογικές εισόδους, κάθε μια από τις οποίες παρέχει 10 bit της ανάλυσης (δηλ. 1024 διαφορετικές τιμές). Εξ ορισμού μετρούν από το έδαφος έως 5 βολτ, ενώ είναι εν τούτοις πιθανό να αλλαχτεί το ανώτερο όριο της εμβέλειάς τους χρησιμοποιώντας την AREF είσοδο και την analogReference() λειτουργία. Επιπλέον, μερικές εισοδοί έχουν ειδικές λειτουργίες:

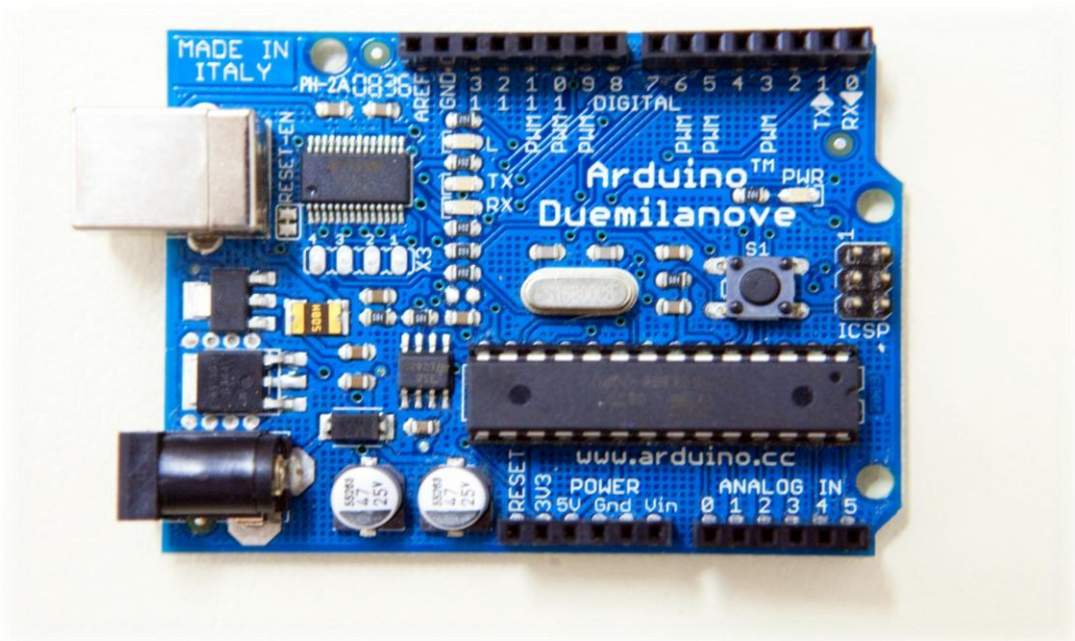
I²C: 4 (SDA) και 5 (SCL). Υποστήριξη I²C (TWI) επικοινωνίας, χρησιμοποιώντας την Wire library.

2.1.9.1. Δευτερεύουσες εισοδοί και έξοδοι

Υπάρχουν μερικές άλλες εισοδοί στην πλατφόρμα:

AREF. Αναφορά τάσης για τις αναλογικές εισόδους, χρησιμοποιώντας την εντολή analogReference().

Reset. Η επαναφορά της γραμμής αυτής σε LOW τιμή, επαναρυθμίζει το μικροεπεξεργαστή. Συνήθως χρησιμοποιείται για την πρόσθεση ενός κουμπιού αναστοχειοθέτησης στις ασπίδες που εμποδίζουν αυτό της πλατφόρμας.



Εικόνα 10 Παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino

2.1.10. Επικοινωνία

Το Arduino Duemilanove έχει διάφορες εγκαταστάσεις για την επικοινωνία με έναν υπολογιστή, ένα άλλο Arduino, ή άλλους μικροεπεξεργαστές. Οι ATmega168 και ATmega328 μικροεπεξεργαστές παρέχουν UART TTL (5V) σειριακή επικοινωνία, η οποία είναι διαθέσιμη στις ψηφιακές εισόδους 0 (RX) και 1 (TX). Ένα FTDI FT232RL στα κανάλια της πλατφόρμας, αυτή η σειριακή επικοινωνία με USB και οι Οδηγοί FTDI (οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται με το λογισμικό Arduino) παρέχουν μία εικονική είσοδο COM του λογισμικού στον υπολογιστή. Το λογισμικό Arduino περιλαμβάνει ένα σειριακό όργανο ελέγχου, που επιτρέπει στα απλά δεδομένα

κειμένου να αποσταλούν προς αλλά και από την πλατφόρμα Arduino. Τα RX και TX LEDs στην πλατφόρμα θα αναβοσβήσουν όταν διαβιβάζεται το στοιχείο μέσω του τσιπ FTDI και της σύνδεσης USB στον υπολογιστή (αλλά όχι για την σειριακή επικοινωνία των εισόδων 0 και 1). Η Software Serial βιβλιοθήκη επιτρέπει την σειριακή επικοινωνία σχετικά με οποιαδήποτε ψηφιακή είσοδο του Duemilanove.

Οι ATmega168 και ATmega328 μικροεπεξεργαστές επίσης υποστηρίζουν την I2C (TWI) και SPI επικοινωνία. Το λογισμικό Arduino περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη Wire για να απλοποιήσει τη χρήση της I2C επικοινωνίας. Για να χρησιμοποιηθεί η SPI επικοινωνία, χρειάζεται η ανάγνωση και κατανόηση των οδηγιών λειτουργίας των ATmega168 ή ATmega328 μικροεπεξεργαστών.

2.1.11. Προγραμματισμός μικροεπεξεργαστή

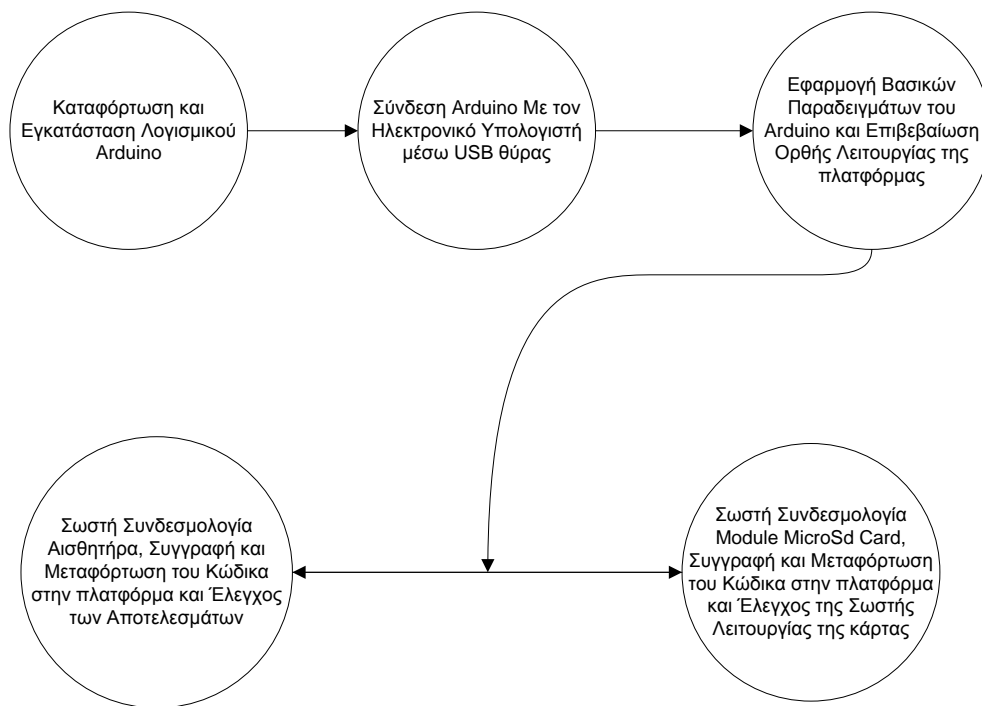
Το Arduino Duemilanove μπορεί να προγραμματιστεί με το λογισμικό Arduino. Οι μικροεπεξεργαστές ATmega168 ή ATmega328 στο Arduino Duemilanove παρέχονται με bootloader, ο οποίος επιτρέπει την μεταφόρτωση νέου κώδικα σε αυτό χωρίς τη χρήση ενός εξωτερικού προγραμματιστή υλικού. Επικοινωνεί με τη χρήση του αρχικού STK500 πρωτοκόλλου.

Μπορεί, επίσης, να παρακαμφθεί το bootloader και να προγραμματιστεί ο μικροεπεξεργαστής μέσω της επιγραφής ICSP (προγραμματισμός σε σειριακό κύκλωμα).

2.1.12. Προγραμματισμός εφαρμογών

Αναφορά στο μοντέλο προγραμματισμού του *Arduino*, τις ενσωματωμένες βιβλιοθήκες, τις βιβλιοθήκες που συνοδεύουν κάθε πρόσθετη συσκευή.

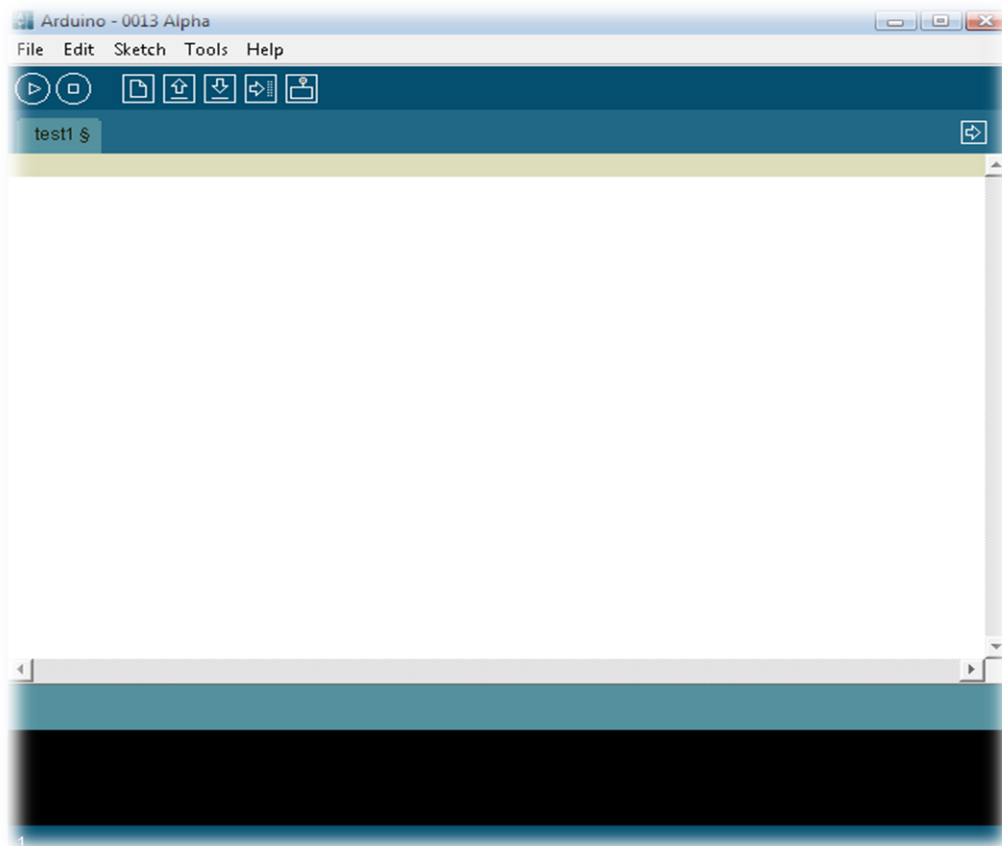
Το προγραμματιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται συνήθως στα παραδείγματα της πλατφόρμας ονομάζεται «επεξεργασία» ή *Processing*. Είναι βασισμένο στην προγραμματιστική γλώσσα *Java* και έχει σχεδιαστεί για τη χρήση από σχεδιαστές, και οποιονδήποτε άλλο που δεν χρειάζεται να γνωρίζει όλες τις λεπτομέρειες του προγραμματισμού σε χαμηλό επίπεδο μηχανής, αλλά επιθυμούν στη δημιουργία κάποιου «έργου». Είναι χρήσιμο εργαλείο για την πραγματοποίηση ιδεών προγραμματισμού, επειδή απαιτείται σχετικά μικρός κώδικας επεξεργασίας για αρκετά σημαντικά πράγματα, όπως η δημιουργία σύνδεσης δικτύων, η σύνδεση μιας εξωτερικής συσκευής μέσω μίας σειριακής θύρας ή ο έλεγχος ψηφιακής κάμερας μέσω *Fire Wire*. Είναι ελεύθερο και ανοιχτό προς το κοινό εργαλείο, διαθέσιμο μέσα από το διαδίκτυο. Επειδή βασίζεται στην προγραμματιστική γλώσσα *Java*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα όπως σε *MAC OS X*, *Windows* και *Linux*. Σε περίπτωση που κάποιο κομμάτι της «επεξεργασίας» ή *Processing* δεν είναι επιθυμητό, είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει δείγματα του κώδικα και τα κατάλληλα σχόλια, με τη χρήση ψευδογλώσσας για οποιοδήποτε περιβάλλον πολυμέσων είναι επιθυμητό.



Σχήμα 1.5 Αναπαράσταση ορθής ροής εργασιών

Η πλατφόρμα διαθέτει οκτώ κουμπιά επιλογών, τα οποία είναι βεβαίωση / σύνταξη, διακοπή, νέο, άνοιγμα, αποθήκευση, μεταφόρτωση στην I/O πλατφόρμα, σειριακή οθόνη και αναγνωριστικός κατάλογος ή verify, stop, new, open, save, upload to I/O board and serial monitor. Το κουμπί επιλογής βεβαίωση / σύνταξη ελέγχει αν ο κώδικας του χρήστη περιέχει λάθη και τα επισημαίνει, ενώ το κουμπί διακοπή διακόπτει τη σειριακή επικοινωνία. Το κουμπί επιλογής νέο δημιουργεί νέα καρτέλα για την καταγραφή κώδικα, το κουμπί επιλογής άνοιγμα παρουσιάζει όλους τους κώδικες που έχουν δημιουργηθεί και το κουμπί επιλογής αποθήκευση αποθηκεύει τον κώδικα. Το κουμπί επιλογής μεταφόρτωση στην I/O πλατφόρμα μεταβιβάζει τον κώδικα στην I/O πλατφόρμα, αφού πρώτα έχει γίνει αποθήκευση και έλεγχος της σωστής σύνταξης του κώδικα. Το κουμπί επιλογής σειριακή οθόνη εμφανίζει τα σειριακά δεδομένα στην οθόνη, τα οποία αποστέλλονται από την πλατφόρμα. Πρέπει να γίνει επιλογή της μεταβλητής ταχύτητας μεταβίβασης

των δεδομένων του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή αλλιώς των τηλεγραφικών σημάτων, σύμφωνα με τον κώδικα που έχει συνταχθεί. Το τελευταίο κουμπί του αναγνωριστικού καταλόγου επιτρέπει τη διαχείριση κωδικών με περισσότερα από ένα αρχεία. Τα αρχεία αυτά μπορεί να είναι αρχεία της προγραμματιστική γλώσσα Arduino, της C, της C++ ή των διασυνδετικών προσαγωγών.



Εικόνα 11 Οθόνη προγραμμαστικού περιβάλλοντος Arduino

Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης υπάρχουσών βιβλιοθηκών σε οποιονδήποτε κώδικα με τη χρήση της επιλογής "Import library" ή χειρονακτικά προσθέτοντας στον κώδικα την εντολή `#include`(όνομα βιβλιοθήκης). Παρέχονται κάποιες βιβλιοθήκες με την εγκατάσταση του προγράμματος οδήγησης της πλατφόρμας και αυτές είναι:

EEPROM	ανάγνωση και εγγραφή σε μόνιμη αποθήκευση (εγγραφή στη μνήμη της πλατφόρμας).
Ethernet	εφαρμόζεται για τη σύνδεση με το Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας το Arduino Ethernet Shield.
Firmata	χρησιμοποιείται την επικοινωνία με τις εφαρμογές του υπολογιστή που χρησιμοποιείται ένα τυποποιημένο τμηματικό πρωτόκολλο.
Liquid Crystal	εφαρμόζεται για τον έλεγχο των επιδείξεων υγρού κρυστάλλου (LCDs).
Servo	εφαρμόζεται για τον έλεγχο των servo μηχανών.
Software Serial	εφαρμόζεται για την τμηματική ανακοίνωση σχετικά με οποιασδήποτε ψηφιακές εισόδους.
Stepper	εφαρμόζεται για τον έλεγχο των stepper μηχανών.
Wire	η διεπαφή δύο καλωδίων (TWI/I2C) έχει την δυνατότητα αποστολής και λήψης των δεδομένων εκτός των συσκευών και των αισθητήρων.

2.1.13. Αυτόματο RESET (λογισμικό)

Το Arduino Duemilanove έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την επαναρύθμιση από το λογισμικό που τρέχει σε έναν συνδεδεμένο υπολογιστή, παρά να απαιτείται η πίεση του κουμπιού πριν την μεταφόρτωση του προγράμματος. Μια από τις γραμμές ελέγχου ροής του υλικού (DTR) του FT232RL συνδέεται με τη γραμμή reset ATmega168 ή ATmega328 διαμέσω ενός πυκνωτή των 100 nanofarad. Όταν αυτή η γραμμή βεβαιώνεται (λήψη LOW), η γραμμή αναστοιχειοθέτησης μειώνεται αρκετά ώστε να επαναριθμήσει το τσιπ. Το λογισμικό Arduino χρησιμοποιεί αυτήν την ικανότητα να επιτρέψει την μεταφόρτωση του κώδικα με την απλά συμπίεση ενός κουμπιού στο περιβάλλον του Arduino.

Το bootloader είναι ένα μικρό κομμάτι λογισμικού, το οποίο έχει "καεί" στο τσιπ και παρέχεται στην πλατφόρμα. Επιτρέπει τη μεταφόρτωση κώδικα στην πλατφόρμα χωρίς τη χρήση εξωτερικού εξοπλισμού. Το bootloader "ακούει" τις εντολές ή τα δεδομένα που προέρχονται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Συνήθως, αυτός είναι ο κώδικας (δηλαδή τα αναφερθέντα δεδομένα), τα οποία γράφει το Bootloader στην flash memory του μικροεπεξεργαστή. Αν δεν σταθούν δεδομένα από τον υπολογιστή, το bootloader επεξεργάζεται τα δεδομένα που είχαν μεταφορτωθεί την τελευταία φορά στο τσιπ. Αν το τσιπ χρησιμοποιείται για πρώτη φορά και δεν έχει γίνει καμία μεταφόρτωση κανενός κώδικα, το bootloader είναι το μοναδικό αποθηκευμένο πρόγραμμα και θα αρχίσει να εκτελείται. Η παραπάνω αναφορά έγινε διότι το bootloader μπορεί να έχει ένα πιο σύντομο διάλειμμα, καθώς την στιγμή που χαμηλώνει το DTR (Data Terminal Ready: ο ακροδέκτης, τίθεται σε λογικό 1, όταν η τερματική μονάδα τίθεται σε λειτουργία) μπορεί να συντονιστεί καλά η έναρξη της μεταφόρτωσης.

Αυτή η οργάνωση έχει άλλες επιπτώσεις. Όταν το Duemilanove είναι συνδεδεμένο με έναν υπολογιστή που τρέχει είτε τη MAC OS X είτε Linux, επαναρυθμίζεται κάθε φορά που γίνεται μια σύνδεση από το λογισμικό (μέσω USB). Για το επόμενο μισό-δευτερόλεπτο περίπου, το bootloader τρέχει στο Duemilanove. Ενώ προγραμματίζεται για να αγνοήσει τα δύσμορφα στοιχεία (δηλαδή οτιδήποτε εκτός από τη μεταφόρτωση του νέου κώδικα), θα παρεμποδίσει τα πρώτα bytes των δεδομένων που στέλνονται στην πλατφόρμα μετά την πραγματοποίηση της σύνδεσης. Εάν ένας τρέχον κώδικας στην πλατφόρμα λαμβάνει μία επιβεβαίωση ή άλλα δεδομένα όταν ξεκινά για πρώτη φορά, πρέπει να είναι σίγουρο ότι το λογισμικό με το οποίο επικοινωνεί, περιμένει ένα δευτερόλεπτο μετά από την διάνοιξη της σύνδεσης και πριν την αποστολή των δεδομένων αυτών.

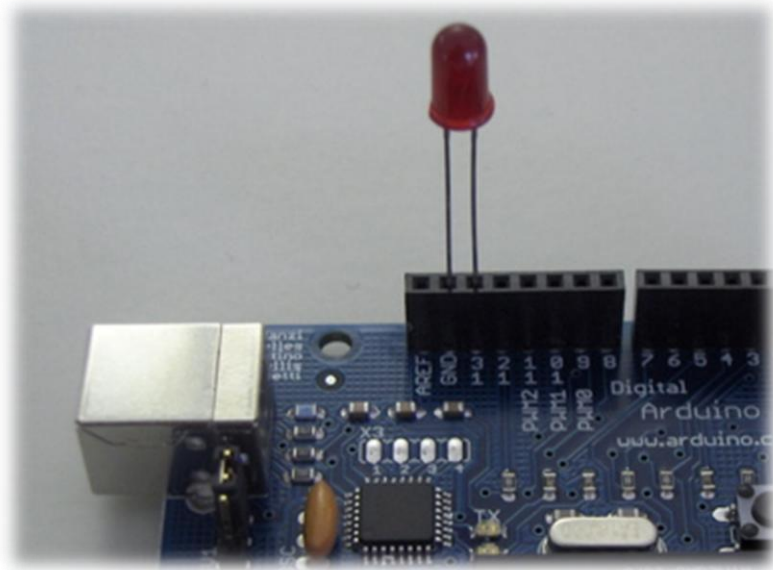
Το Duemilanove περιέχει ένα trace να θέσει εκτός λειτουργίας την αυτόματη αναστοιχειοθέτηση / επαναρύθμιση. Τα μαξιλάρια από κάθε πλευρά του trace μπορούν να συγκολληθούν μαζί για να το επιτρέψουν πάλι. Το trace αυτό ονομάζεται “RESET-EN”. Μπορεί επίσης να τεθεί εκτός λειτουργίας η αυτόματη επαναρύθμιση, με τη σύνδεση ενός αντιστάτη των 110 ohm από 5 Volt με τη γραμμή reset.

2.1.14. Παράδειγμα προγραμματισμού 1 (εφαρμογή blink)

Στις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού, το πρώτο εγγράψιμο πρόγραμμα που εμφανίζεται σε κάθε οθόνη είναι το «hello world». Δεδομένου ότι η πλατφόρμα Arduino δε διαθέτει οθόνη, το πρώτο πρόγραμμα είναι αυτό που μας βοηθά να αναβοσβήνουμε ένα μικρό λαμπάκι. Οι πλατφόρμες σχεδιάζονται έτσι ώστε να καθίσταται εύκολο να αναβοσβήνουν το λαμπάκι, χρησιμοποιώντας την ψηφιακή είσοδο 13. Αξίζει να σημειωθεί, ότι κάποια μοντέλα Arduino, όπως και το Duemilanove, διαθέτουν ενσωματωμένο λαμπάκι. Στα μοντέλα, τα οποία δεν διαθέτουν ενσωματωμένο λαμπάκι, υπάρχει ένας αντιστάτης 1 KB στην είσοδο, επιτρέποντας τη άμεση σύνδεση με ένα λαμπάκι. (Αν χρειάζεται η σύνδεση με ένα λαμπάκι και με άλλη ψηφιακή είσοδο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί εξωτερικός αντιστάτης).

Τα συγκεκριμένα λαμπάκια έχουν πολικότητα, γεγονός που σημαίνει μόνο αν γίνει σωστή σύνδεση και με σωστό προσανατολισμό των καλωδίων τους. Το ‘κοντό’ καλώδιο, συνδέεται με την ψηφιακή GND είσοδο. Ο βολβός, που ανήκει στο λαμπάκι, τυπικά διαθέτει μία επίπεδη άκρη στην συγκεκριμένη πλευρά. Εάν το λαμπάκι δεν αναβοσβήσει, πρέπει να γίνει αντιστροφή των καλωδίων (δε θα καταστραφούν τα λαμπάκια εάν γίνει αντίστροφη συνδεσμολογία για μικρή χρονική περίοδο).

Κύκλωμα



Εικόνα 12 Σύνδεση led με την πλατφόρμα

Κώδικας

Το παράδειγμα του κώδικα είναι πολύ απλό και περισσότερες λεπτομέρειες παραθέτονται στον κώδικα σαν σχόλια.

```
/* Blinking LED
 * -----
 *
 * turns on and off a light emitting diode(LED) connected to
 a digital
 * pin, in intervals of 2 seconds. Ideally we use pin 13 on
 the Arduino
 * board because it has a resistor attached to it, needing
 only an LED
 *
 * Created 1 June 2005
 * copyleft 2005 DojoDave <http://www.0j0.org>
 * http://arduino.berlios.de
 *
 * based on an original by H. Barragan for the Wiring i/o
 board
 */

int ledPin = 13;           // LED connected to digital
pin 13

void setup()
```

```

{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);      // sets the digital pin as
  output
}

void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH);   // sets the LED on
  delay(1000);                  // waits for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW);    // sets the LED off
  delay(1000);                  // waits for a second
}

```

2.1.15. Παράδειγμα προγραμματισμού 2 (εφαρμογή melody)

Αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιεί ένα piezo ηχείο για την παραγωγή μελωδίας. Αποστέλλει ένα τετραγωνικό κύμα της κατάλληλης συχνότητας στο piezo, παράγοντας τον αντίστοιχο τόνο. Ο υπολογισμός των τόνων γίνεται ακολουθώντας την μαθηματική εξίσωση:

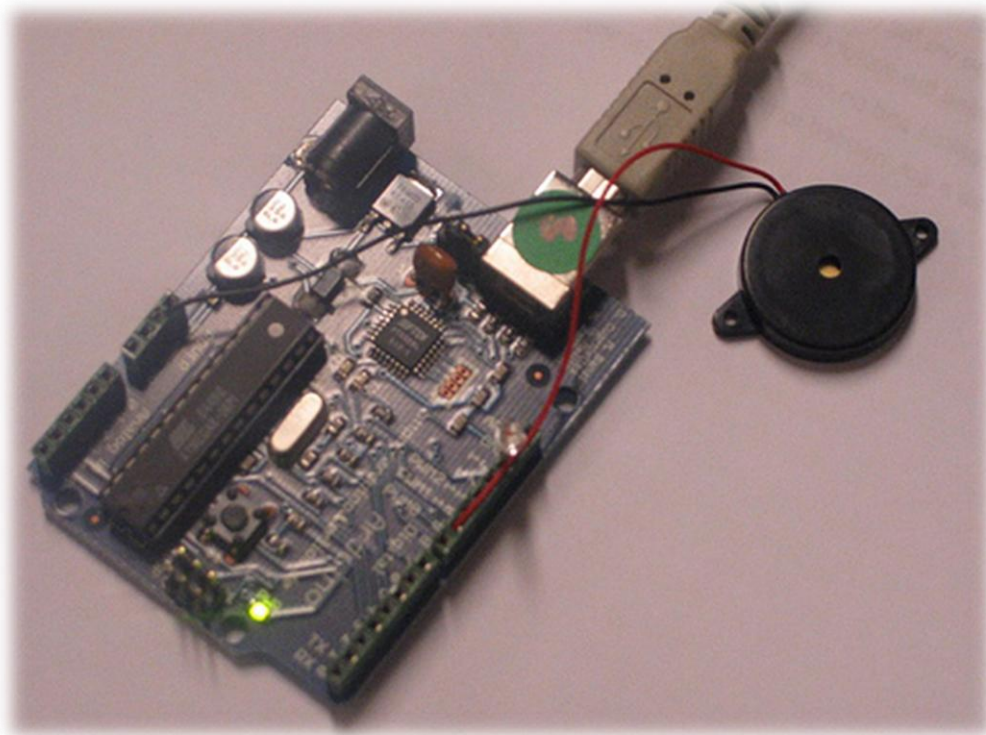
$$\text{time High} = \text{period} / 2 = 1 / (2 * \text{tone Frequency})$$

όπου οι διαφορετικοί τόνοι περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Note	Frequency (Hz)	Period	time High
c	261	3830	1915
d	294	3400	1700
e	329	3038	1519
f	349	2864	1432
g	392	2550	1275
a	440	2272	1136
b	493	2028	1014
C	523	1912	956

Κύκλωμα

Τα piezo έχουν πολικότητα. Οι εμπορικές συσκευές έχουν, συνήθως, ένα κόκκινο (θετικό) καλώδιο και ένα μαύρο (αρνητικό). Χρειάζεται να συνδεθεί το κόκκινο καλώδιο με την ψηφιακή είσοδο 9 της πλατφόρμας και το μαύρο καλώδιο με την ψηφιακή είσοδο ground. Μερικές φορές είναι πιθανό να γίνει η απόκτηση των piezo στοιχείων χωρίς να βρίσκονται σε πλαστική συσκευασία, αλλά να μοιάζουν με ένα μεταλλικό δίσκο.



Εικόνα 13 Σύνδεση piezo με την πλατφόρμα

Κώδικας

```
int speakerPin = 9;

int length = 15; // the number of notes
char notes[] = "ccggaagffeeddc "; // a space represents a
rest
int beats[] = { 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 4
};
int tempo = 300;

void playTone(int tone, int duration) {
  for (long i = 0; i < duration * 1000L; i += tone * 2) {
    digitalWrite(speakerPin, HIGH);
    delayMicroseconds(tone);
    digitalWrite(speakerPin, LOW);
    delayMicroseconds(tone);
  }
}

void playNote(char note, int duration) {
  char names[] = { 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'a', 'b', 'C' };
  int tones[] = { 1915, 1700, 1519, 1432, 1275, 1136, 1014,
956 };
  // play the tone corresponding to the note name
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    if (names[i] == note) {
      playTone(tones[i], duration);
    }
  }
}

void setup() {
  pinMode(speakerPin, OUTPUT);
}
```

```
void loop() {
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    if (notes[i] == ' ') {
      delay(beats[i] * tempo); // rest
    } else {
      playNote(notes[i], beats[i] * tempo);
    }

    // pause between notes
    delay(tempo / 2);
  }
}
```

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν η πλατφόρμα Arduino Duemilanove, το καλώδιο USB, το breadboard, το πακέτο jumper καλωδίων που παρέχεται στη συσκευασία starter kit, ο αισθητήρας SHT15, η μικροκάρτα SD και το module της μικροκάρτας. Γενικότερα, χρησιμοποιήθηκαν και άλλα συστατικά με σκοπό την εκμάθηση της λειτουργίας της πλατφόρμας και την εκπόνηση διαφόρων παραδειγμάτων.

2.2. SENSOR SHT15 - ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

2.2.1. Γενικές πληροφορίες της συσκευής

Ο ψηφιακός αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας SHT15 είναι από τις τελευταίες εκδόσεις της σειράς αισθητήρων υγρασίας με ακρίβεια μέτρησης της μεθόδου των τεμνουσών ακρών. Σαν κάθε άλλο τύπο αισθητήρων της οικογένειας SHTxx, ο χωρητικός αισθητήρας υγρασίας είναι πλήρως βαθμολογημένος και παρέχει μια ψηφιακή έξοδο. Κάθε αισθητήρας εξετάζεται ξεχωριστά όσον αφορά την ποιότητα και την ακρίβεια.

2.2.2. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα αισθητήρα

Πίνακας 1.2 Χαρακτηριστικά αισθητήρα SHT15

Κατανάλωση ενέργειας: 80uW (σε 12bit, 3V, 1 μέτρηση/s)

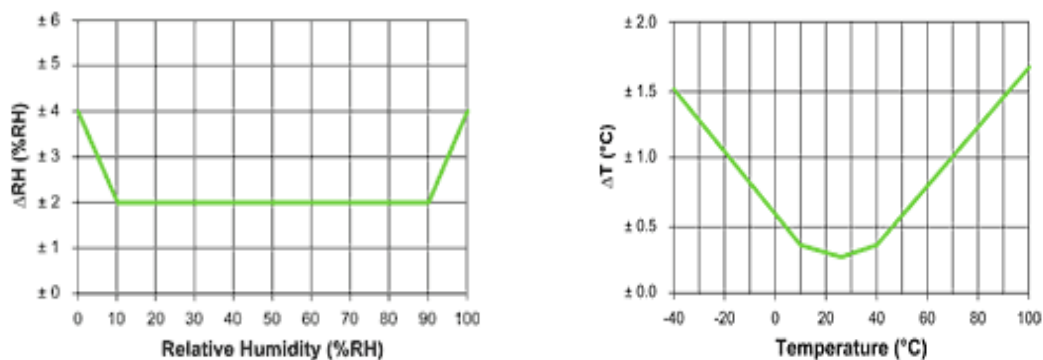
Εμβέλεια λειτουργίας RH: 0 - 100% RH

Εμβέλεια λειτουργίας T: -40 - +125°C (- 40 - +257°F)

Χρόνος απόκρισης RH: 8 SEC (tau63%)

Έξοδος: ψηφιακή (2-wire διεπαφή)

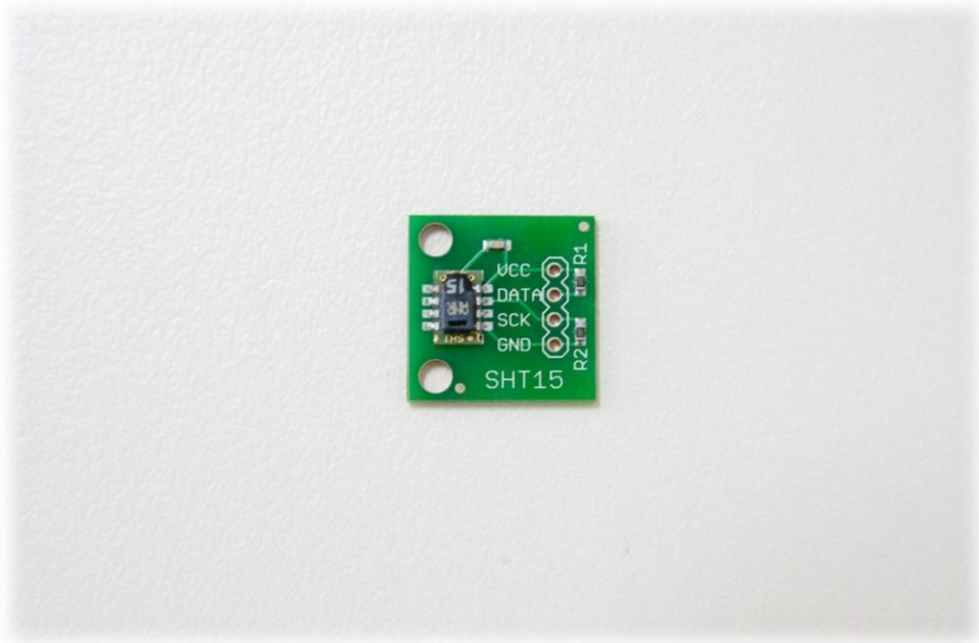
Μέγιστα όρια ακρίβειας για σχετική υγρασία και θερμοκρασία:



Σχήμα 1.6 Διαγράμματα σχετικής υγρασίας - θερμοκρασίας

2.2.3. Datasheet Sht15

- Πλήρως καλιμπραρισμένος
- Ψηφιακή έξοδος
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Εξαιρετική σταθερότητα μακράς διάρκειας

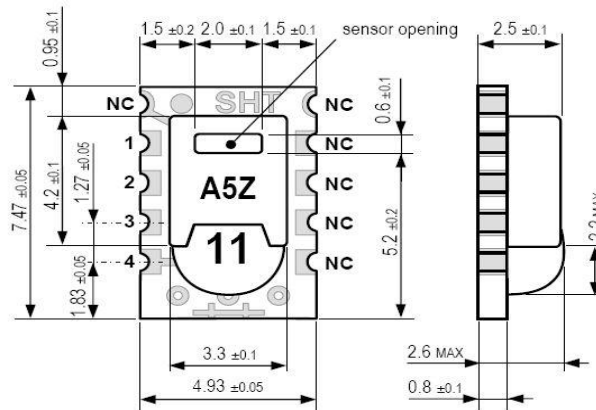


Εικόνα 14 Αισθητήρας SHT15

Ο SHT15 ανήκει στην οικογένεια Sensirion των αισθητήρων σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας επιφάνειας. Οι αισθητήρες ενσωματώνουν τα στοιχεία των αισθητήρων συν την επεξεργασία σήματος σε ένα μικροσκοπικό μέγεθος και παρέχουν μια πλήρως βαθμολογημένη ψηφιακή έξοδο. Για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας χρησιμοποιείται ένα μοναδικό χωρητικό στοιχείο του αισθητήρα, ενώ η θερμοκρασία μετράται από έναν αισθητήρα με τη μέθοδο ταινία-κενό. Η εφαρμοσμένη τεχνολογία CMOSens® εγγυάται την άριστη αξιοπιστία και τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα. Και οι δύο αισθητήρες συνδέονται με ενιαίο τρόπο με ένα μετατροπέα 14bit (ο οποίος μετατρέπει τα

αναλογικά δεδομένα σε ψηφιακά) και ένα κύκλωμα τμηματικών διεπαφών. Αυτό οδηγεί στην ανώτερη ποιότητα σημάτων, σε γρήγορο χρόνο απόκρισης και σε ανθεκτικότητα στις εξωτερικές διαταραχές (EMC).

2.2.4. Διαστάσεις



Σχήμα 1.7 Διαστάσεις και μορφή αισθητήρα SHT15

Κάθε SHT1x είναι χωριστά βαθμολογημένος σε μια αίθουσα υγρασίας ακρίβειας. Οι συντελεστές βαθμολόγησης είναι προγραμματισμένοι σε μια μνήμη OTP στο τσιπ. Αυτοί οι συντελεστές χρησιμοποιούνται για να βαθμολογήσουν εσωτερικά τα σήματα από τους αισθητήρες. Η τμηματική διεπαφή 2 καλωδίων και ο εσωτερικός κανονισμός τάσης επιτρέπουν την εύκολη και γρήγορη ολοκλήρωση συστημάτων. Το μικροσκοπικό μέγεθος και η χαμηλής ισχύος κατανάλωση κάνουν τον SHT1x την τελευταία επιλογή ακόμη και για τις πιο απαιτητικές εφαρμογές.

2.2.5. Τσιπ αισθητήρα

Το δελτίο αυτό αναφέρεται στο τσιπ SHT15 V4 και στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της συγκεκριμένης έκδοσης των 4 τσιπ πυριτίου που διαθέτει ο αισθητήρας. Εκτός από τους αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας το τσιπ

περιέχει έναν ενισχυτή, το μετατροπέα A/D, τη μνήμη OTP και μια ψηφιακή διεπαφή. Οι V4 αισθητήρες μπορούν να προσδιοριστούν από τον αλφανουμερικό κώδικα ανιχνευσιμότητας στο φίλτρο του αισθητήρα.

2.2.6. Περιεχόμενα υλικού

Ενώ ο αισθητήρας αποτελείται από ένα τσιπ CMOS, η πλειοψηφία των αισθητήρων διαθέτει ένα LCP φίλτρο με εποξική σφαιρική κορυφή σε ένα FR4 υπόστρωμα. Η συσκευή είναι πλήρως ανθεκτική σε RoHS και WEEE, και κατά συνέπεια είναι χωρίς PB, Cd, Hg, Cr (6+), PBB και PBDE.

2.2.7. Εξαρτήματα αξιολόγησης

Για τις δοκιμαστικές μετρήσεις αισθητήρων, για την τεχνολογία του αισθητήρα ή ακόμα και την πειραματική εφαρμογή του αισθητήρα υπάρχει μια διαθέσιμη εξάρτηση αξιολόγησης ek-H2, που συμπεριλαμβάνεται στον αισθητήρα και μπορεί να επικοινωνήσει με το λογισμικό ενός υπολογιστή. Για τις περιπλοκότερες και πιο απαιτητικές μετρήσεις διατίθεται ένα εξάρτημα αξιολόγησης polyfuse ek-H3, που επιτρέπει την παράλληλη εφαρμογή μέχρι 20 αισθητήρων.

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³	τ (63%)		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶	τ (63%)	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

Πίνακας 1.3 Ακρίβεια και αξιοπιστία της μετρούμενης σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας του αισθητήρα

2.2.8. Όροι λειτουργίας

Οι αισθητήρας λειτουργούν σταθερά μέσα στη συνιστώμενη κανονική σειρά. Οι μακροπρόθεσμες εκθέσεις στις κανονικές εξωτερικές συνθήκες, ειδικά όταν η υγρασία κυμαίνεται >80%RH, μπορούν προσωρινά να αντισταθμίσουν το σήμα της σχετικής υγρασίας (+ 3% RH μετά από 60h). Όταν εκτίθεται σε φυσιολογικές εξωτερικές συνθήκες, βέβαια, η σχετική υγρασία θα επιστρέψει αυτόματα και με αργό ρυθμό στα φυσιολογικά επίπεδα χωρίς καμία απόκλιση. Η παρατεταμένη έκθεση σε ακραίες συνθήκες μπορεί να επιταχύνει την παλαίωση και εξάντληση του αισθητήρα.

2.2.8.1. Επιδράσεις θερμοκρασίας

Η ανάγνωση σχετικής υγρασίας εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία. Επομένως, είναι ουσιαστικό να κρατηθούν οι αισθητήρες υγρασίας στην ίδια θερμοκρασία με τον αέρα, του οποίου η σχετική υγρασία πρόκειται να μετρηθεί. Σε περίπτωση δοκιμής ή προσόντων ο αισθητήρας αναφοράς και ο αισθητήρας δοκιμής πρέπει να παρουσιάσουν ίση θερμοκρασία για να επιτρέψουν τη σύγκριση των αναγνώσεων υγρασίας.

Εάν ο αισθητήρας SHT15 μοιράζεται ένα PCB με τα ηλεκτρονικά συστατικά που παράγουν τη θερμότητα πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπεται η μεταφορά θερμότητας ή το να κρατείται όσο το δυνατόν σε χαμηλότερα επίπεδα.

Τα μέτρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μείωση της μεταφοράς της θερμότητας μπορούν να είναι εξαερισμός, μείωση των στρωμάτων χαλκού μεταξύ του SHT15 και του υπολοίπου του PCB ή δημιουργώντας μια σχισμή στο PCB γύρω από τον αισθητήρα.

2.2.8.2. Φως

Ο αισθητήρας SHT15 δεν είναι φωτοευαίσθητος. Η παρατεταμένη και άμεση έκθεση στην ηλιοφάνεια ή την ισχυρή UV ακτινοβολία μπορεί παλαιώσει ή να εξαντλήσει τα υλικά κατασκευής του.

2.2.8.3. Χρήση μεμβράνης κατά την λειτουργία

Ο SHT15 δεν περιέχει μεμβράνη στο άνοιγμα των αισθητήρων. Εντούτοις, μια μεμβράνη μπορεί να προστεθεί για να αποτρέψει την εισαγωγή ρύπων και τα σταγονιδίων στα υλικά του αισθητήρα, αλλά και για την προστασία του. Επίσης θα μειώσει επίσης τις μέγιστες συγκεντρώσεις των

χημικών ατμών. Για τους βέλτιστους χρόνους απόκρισης, ο όγκος αέρα πίσω από τη μεμβράνη πρέπει να κρατηθεί σε αρκετά χαμηλά επίπεδα.

Η εταιρεία Sensirion συστήνει και παρέχει τα SF1 φίλτρα για τη βέλτιστη IP54 προστασία (για την υψηλότερη προστασία - δηλ. IP67 –το SF1 φίλτρο πρέπει να σφραγιστεί στο PCB με εποξικό).

2.2.8.4. Υλικά προστασίας του αισθητήρα

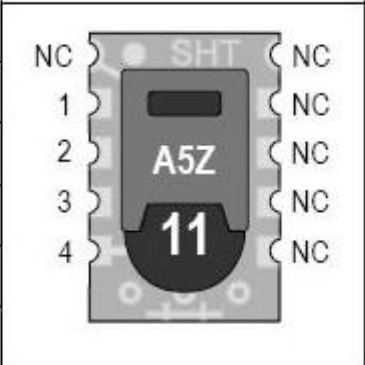
Πολλά υλικά που απορροφούν την υγρασία, θα ενεργήσουν ως βοηθοί της αυξανόμενης απόκρισης των μονωτών και της καθυστέρησης. Επομένως, τα υλικά στην περιοχή του αισθητήρα πρέπει να επιλεγτούν προσεκτικά.

Τα συνιστώμενα υλικά είναι: Οποιαδήποτε μέταλλα, LCP, POM, PTFE, PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

2.2.8.5. Σύνδεση αισθητήρα

Φέρνοντας τα σήματα SCK και DATA σε παράλληλη σύνδεση και κατά προσέγγιση (π.χ. στα καλώδια) για περισσότερο από 10cm μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συνδεσιμότητα και στην απώλεια επικοινωνίας. Αυτό μπορεί να επιλυθεί με τη δρομολόγηση VDD και GND μεταξύ των δύο DATA σημάτων και τη χρήση προστατευμένων καλωδίων. Επιπλέον, η επιβράδυνση της συχνότητας SCK μπορεί ενδεχομένως να βελτιώσει την ακεραιότητα των σημάτων. Οι εισοδοί παροχής ηλεκτρικού ρεύματος (VDD, GND) πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με τον πυκνωτή των 100nF εάν τα καλώδια χρησιμοποιούνται. Ο πυκνωτής πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν πιο κοντά στον αισθητήρα γίνεται.

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected



Σχήμα 1.8 Είσοδοι και στοιχεία αισθητήρα

2.2.9. Λεπτομέρειες διεπαφής (interface)

2.2.9.1. Είσοδοι τροφοδότησης (VDD, GND)

Η τάση τροφοδότησης του SHT15 πρέπει να κυμαίνεται από 2.4V ως 5.5V ενώ η συνιστώμενη τάση τροφοδότησης είναι 3.3V. Οι είσοδοι τροφοδότησης, οι οποίοι είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (VDD) και το έδαφος (GND) πρέπει να συνδέονται με έναν πυκνωτή 100 nF.

Η σειριακή επικοινωνία του SHT15 βελτιστοποιείται για την ανάγνωση αισθητήρων και την αποτελεσματική κατανάλωση ισχύος. Ο αισθητήρας δεν μπορεί να επικοινωνήσει με το I2C πρωτόκολλο. Εντούτοις, ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί με ένα I2C bus χωρίς την παρέμβαση άλλων συσκευών που συνδέονται με το bus. Ο επεξεργαστής πρέπει να ρυθμιστεί ανάλογα με τα πρωτόκολλα.

2.2.9.2. Σειριακή είσοδος clock

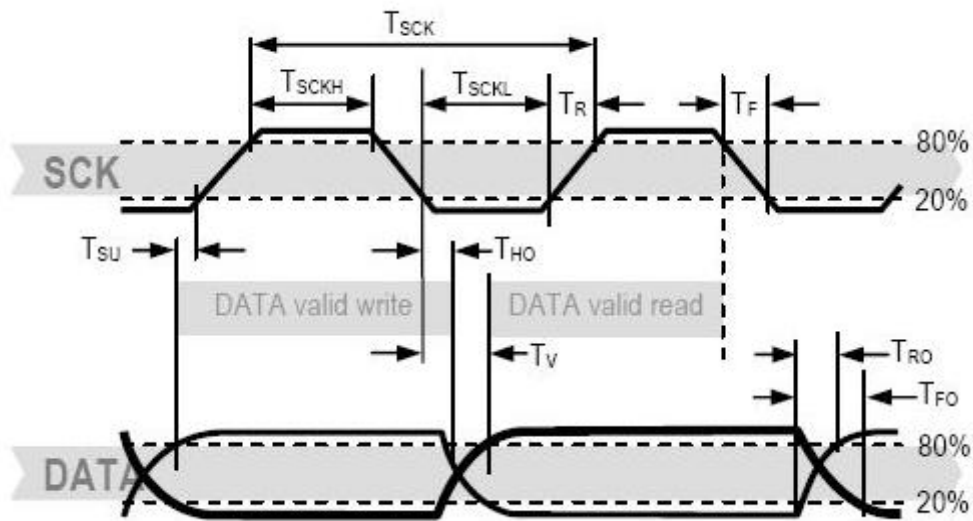
Η SCK είσοδος χρησιμοποιείται για να συγχρονίσει την επικοινωνία μεταξύ του μικροεπεξεργαστή και του αισθητήρα SHT15. Θεωρείται ότι δεν υπάρχει ελάχιστη συχνότητα SCK, αφού η επικοινωνία είναι πλήρως στατική.

2.2.9.3. Σειριακή είσοδος data

Η είσοδος DATA χρησιμοποιείται για να μεταφέρει ή για να παραλάβει τα δεδομένα από τον αισθητήρα. Για την αποστολή μιας εντολής στον αισθητήρα, το DATA σήμα είναι έγκυρο καθώς αυξάνεται απέναντι SCK σήμα και πρέπει να παραμείνει σταθερό όταν το SCK σήμα είναι HIGH. Εάν το SCK σήμα επανέλθει και δεν είναι HIGH, η τιμή του DATA σήματος θα είναι σίγουρα διαφορετική. Για την ανάγνωση των δεδομένων από τον αισθητήρα, το σήμα DATA είναι έγκυρο αφού το σήμα SCK δεν είναι HIGH και παραμένει έγκυρο μέχρι να αλλάξει το σήμα SCK. Ο μικροεπεξεργαστής πρέπει να στέλνει σήμα τέτοιο ώστε να είναι το σήμα DATA LOW, για την αποφυγή μίξης των σημάτων. Ένας εξωτερικός pull-up αντιστάτης (π.χ. 10kΩ) είναι απαραίτητος, για να επαναφέρει το σήμα σε HIGH θέση. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι pull-up αντιστάτες μπορούν να χρησιμοποιούνται στα I/O κυκλώματα των μικροεπεξεργαστών.

2.2.9.4. Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά όπως η κατανάλωση ενέργειας, χαμηλού και υψηλού επιπέδου, είσοδοι και έξοδοι τροφοδότησης εξαρτώνται από την τάση τροφοδότησης.



Σχήμα 1.9 Χρονικό διάγραμμα λειτουργίας του αισθητήρα. Η συνεχόμενη γραμμή δεδομένων απεικονίζει τον έλεγχο από τον αισθητήρα και η απλή διακεκομμένη γραμμή δεδομένων απεικονίζει τον έλεγχο από τον μικροεπεξεργαστή

2.2.10. Επικοινωνία με τον αισθητήρα

2.2.10.1. Εκκίνηση του αισθητήρα

Το βασικό βήμα είναι η τροφοδότηση του αισθητήρα σε επιλεγμένη τάση VDD. Η συχνότητα εκπομπής κατά τη διάρκεια της τροφοδότησης δεν πρέπει να πέσει κάτω από 1V/ms. Αμέσως μετά την τροφοδότηση του αισθητήρα απαιτούνται 11 ms για να φτάσει σε Sleep State. Είναι απαραίτητο να μην αποσταλεί καμία εντολή πριν από τον προαναφερθέν χρόνο.

2.2.10.2. Αποστολή εντολής

Για να αρχίσει μια μετάδοση, η ακολουθία έναρξης μετάδοσης πρέπει να είναι καθορισμένη. Αποτελείται από την μείωση του σήματος DATA ενώ το SCK σήμα είναι HIGH, ακολουθούμενο από έναν χαμηλό σφυγμό του SCK σήματος και την αύξηση του σήματος DATA ξανά, ενώ το SCK σήμα είναι ακόμα HIGH.

Η επόμενη εντολή αποτελείται από τρία bits διευθύνσεων (υποστηρίζεται μόνο «000») και πέντε bits εντολής. Το SHT15 υποδεικνύει την κατάλληλη υποδοχή μιας εντολής μετατρέποντας το DATA σήμα LOW (ACK bit) μετά από τη μείωση του 8ου σήματος SCK. Η DATA γραμμή απελευθερώνεται (και γίνεται HIGH) μετά από τη μείωση του 9ου σήματος SCK.

Πίνακας 1.4 Λίστα εντολών του αισθητήρα

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	11110

2.2.10.3. Μετρήσεις της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας

Έπειτα από την έκδοση μιας μέτρησης εντολής («00000101» για τη σχετική υγρασία, «00000011» για τη θερμοκρασία), ο μικροεπεξεργαστής πρέπει να περιμένει για την ολοκλήρωση της μέτρησης. Η μέγιστη χρονική διάρκεια της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι από 20/80/320 ms για 8/12/14 bit μέτρηση αντίστοιχα. Ο χρόνος ποικίλλει ανάλογα με την ταχύτητα του εσωτερικού ταλαντωτή και μπορεί να μειωθεί ως και 30%. Για να επισημανθεί η ολοκλήρωση μιας μέτρησης, ο αισθητήρας SHT15 μετατρέπει τη γραμμή του σήματος DATA σε LOW και εισάγει το IDLE MODE. Ο μικροεπεξεργαστής

πρέπει να περιμένει για την επιβεβαίωση του σήματος δεδομένων (Data Ready) πριν ξεκινήσει ξανά το σήμα SCK για την ανάγνωση δεδομένων. Τα στοιχεία της μέτρησης αποθηκεύονται μέχρι την ανάγνωσή τους, έτσι ώστε ο μικροεπεξεργαστής να συνεχίζει με περαιτέρω λειτουργίες και να γίνεται ανάγνωση με ευκολία οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Στη συνέχεια θα διαβιβαστούν δύο bytes των δεδομένων της μέτρησης και ένα byte του CRC (Cyclic Redundancy Check/Κυκλικός έλεγχος πλεονασμού) ελέγχου (το οποίο είναι προαιρετικό). Ο μικροεπεξεργαστής πρέπει να αναγνωρίσει κάθε byte μετατρέποντας το σήμα της γραμμής Data σε LOW κατάσταση. Όλες οι τιμές είναι MSB πρώτα (Most Significant Bytes). Παραδείγματος χάρη το 5^ο στοιχείο του σήματος SCK είναι MSB για μία τιμή 12 bit, ενώ για μία τιμή 8 bit είναι το πρώτο byte που δεν χρησιμοποιείται.

Η επικοινωνία ολοκληρώνεται αφότου αναγνωριστεί το bit του CRC ελέγχου των δεδομένων. Εάν δε χρησιμοποιείται CRC-8 έλεγχος, τότε υπάρχει πιθανότητα ο μικροεπεξεργαστής να τερματίσει την επικοινωνία μετά από την μέτρηση δεδομένων LSB (Less Significant Bytes) κρατώντας, όμως, το σήμα ACK σε κατάσταση HIGH. Η συσκευή επιστρέφει αυτόματα σε Sleep Mode (κατάσταση ύπνου) αφότου ολοκληρωθούν οι μετρήσεις και τερματιστεί η επικοινωνία.

```

// connection reset: DATA-line=1 and at least 9 SCK cycles
followed by start
    // 16 is greater than 9 so do it twice
    // _____
_____
// DATA: |_____|

// _____
// SCK :  __|  |__|  |__|  |__|  |__|  |__|  |__|  |__|  |__|
|_____| |__| |_____|
    shiftOut(shtData, shtClk, LSBFIRST, 0xff);
    shiftOut(shtData, shtClk, LSBFIRST, 0xff);
    SHT_Start();

```

```

void SHT_Measure(int SHT_CMD) {
    //-----
-----
    SHT_Soft_Reset();
    SHT_Start();
    ioByte = SHT_CMD;
    SHT_Write_Byte(); // Issue Command
    SHT_Wait(); // wait for data ready
    ackBit = 0; // read first byte
    SHT_Read_Byte();
    int msby; // process it as Most Significant Byte (MSB)
    msby = ioByte;
    ackBit = 1;
    SHT_Read_Byte(); // read second byte
    retVal = msby; // process result to combine MSB with LSB
    retVal = retVal * 0x100;
    retVal = retVal + ioByte;
    if (retVal <= 0) retVal = 1;
}

```

Συγκεκριμένα, τα τρία πρώτα στοιχεία του MSB πρέπει να είναι 000 και τα πέντε τελευταία είναι η εντολή. Το MSB αποτελείται από 8 στοιχεία, όπως και το LSB.

Για παράδειγμα, η εντολή 1000 0100, 1101 0001 μεταφράζεται στο δεκαδικό σύστημα ως εξής:

$$(10000100,11010001) = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} + 0 \times 2^{-5} + 0 \times 2^{-6} + 0 \times 2^{-7} + 1 \times 2^{-8} = 132,82$$

Η εργασία μπορεί να γίνει και αντίστροφα.

$$132,82 = 1000 0100, 1101 0001$$

$$132 \div 2 = 66$$

$$0 \quad 66 \div 2 = 33$$

$$0 \quad 33 \div 2 = 16$$

$$1 \quad 16 \div 2 = 8$$

$$0 \quad 8 \div 2 = 4$$

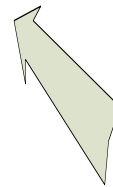
$$0 \quad 4 \div 2 = 2$$

$$0 \quad 2 \div 2 = 1$$

$$0 \quad 1 \div 2 = 1$$

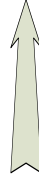
$$1 \quad 0 \div 2 = 0$$

LSB



MSB

$0.82 \times 2 = 1.64$	MSB
$0.64 \times 2 = 1.28$	
$0.28 \times 2 = 0.56$	
$0.56 \times 2 = 1.12$	
$0.12 \times 2 = 0.24$	
$0.24 \times 2 = 0.48$	
$0.48 \times 2 = 0.96$	
$0.96 \times 2 = 1.92$	LSB



2.2.10.4. Επαναρύθμιση σύνδεσης

Εάν χαθεί η επικοινωνία με την συσκευή, τότε το ακόλουθο σήμα θα επαναριθμήσει τη σειριακή επικοινωνία. Αυτό συμβαίνει κρατώντας το σήμα DATA σε κατάσταση HIGH και διακόπτοντας το σήμα SCK εννέα ή περισσότερες φορές. Αυτό πρέπει να ακολουθηθεί από μία ακολουθία εκκίνησης της μετάδοσης και να προηγείται από οποιαδήποτε άλλη εντολή. Η συγκεκριμένη ακολουθία επαναρυθμίζει την διεπιφάνεια μόνο. Η κατάσταση εγγραφής, πάραυτα διατηρεί το περιεχόμενο που έχει καθοριστεί από την αρχή.

2.2.10.5. CRC-8 Υπολογισμός ελέγχου

Ολόκληρη η ψηφιακή μετάδοση εξασφαλίζεται από ένα έλεγχο 8 bit. Ο συγκεκριμένος έλεγχος εξασφαλίζει την ανίχνευση αλλά και απομάκρυνση οποιωνδήποτε λανθασμένων στοιχείων. Η προαναφερθείσα λειτουργία είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του αισθητήρα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι, ανάλογα με την εφαρμογή. Γενικά, το ίδιο ισχύει και για τον CRC-8 έλεγχο, ο οποίος μπορεί να ενεργοποιηθεί ή όχι, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

2.2.10.6. Λεπτομερείς περιγραφές χρήσιμων στοιχείων

2.2.10.6.1. Κατάλογος κατάστασης

Μερικές από τις προηγμένες λειτουργίες του αισθητήρα SHT15, όπως η επιλογή της ανάλυσης της μέτρησης, η ειδοποίηση του τερματισμού της μπαταρίας ή η χρήση της θερμάστρας μπορούν να πραγματοποιηθούν με την αποστολή μιας εντολής στον κατάλογο κατάστασης. Μετά την εντολή στον κατάλογο κατάστασης ανάγνωσης ή στον κατάλογο κατάστασης εγγραφής (Status Register Read και Status Register Write αντίστοιχα), το περιεχόμενο των 8 bits του καταλόγου κατάστασης μπορεί να αναγνωσθεί ή να εγγραφεί.

Πίνακας 1.5 Κατάλογος κατάστασης εγγραφής / Status Register Write

TS	0	0	0	0	0	0	1	1	0	ACK	Bit 7	Status Register	ACK
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-------	-----------------	-----

Πίνακας 1.6 Κατάλογος κατάστασης ανάγνωσης / Status Register Read

TS	0	0	0	0	0	1	1	1	ACK	Bit 7	Status Register	ACK	Bit 7	Checksum	ACK
----	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-------	-----------------	-----	-------	----------	-----

2.2.10.6.2. Αποτελέσματα μετρήσεων

Η καθορισμένη ανάλυση της μέτρησης για 14 bit θερμοκρασίας και 12 bit υγρασίας μπορεί να μειωθεί σε 12 και 8 bit αντίστοιχα. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές υψηλής ταχύτητας ή για εφαρμογές χαμηλής ισχύος.

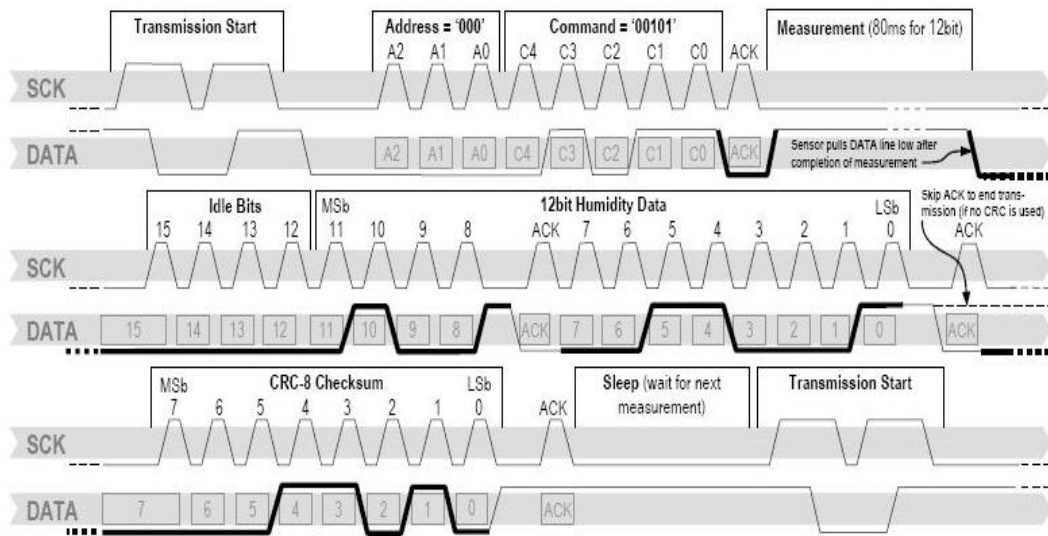
2.2.10.6.3. Τερματισμός μπαταρίας

Ο τερματισμός της λειτουργίας των μπαταριών έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης και δήλωσης της τάσης VDD όταν κυμαίνεται σε κατώτερα επίπεδα των 2.47 Volt. Η ακρίβεια είναι ± 0.05 V.

2.2.10.6.4. Θερμάστρα

Η θερμάστρα μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του αισθητήρα κατά 5 - 10°C, ανεξάρτητα από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει την τάση τροφοδότησης κατά 8 mA όταν η τάση είναι 5 V κατά προσέγγιση.

Υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αναγνώσεων της υγρασίας και της θερμοκρασίας με τη χρήση της θερμάστρας και χωρίς τη χρήση αυτής. Είναι αναμενόμενο ότι η θερμοκρασία θα αυξηθεί, ενώ η σχετική υγρασία θα μειωθεί κατά την ίδια χρονική περίοδο. Το σημείο δροσίας του αισθητήρα θα παραμείνει το ίδιο. Πρέπει να σημειωθεί ότι με τη χρήση της θερμάστρας, η ανάγνωση της θερμοκρασίας θα επιδειξει την θερμοκρασία του θερμασμένου στοιχείου του αισθητήρα και όχι την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, προτείνεται να μην γίνεται συνεχής χρήση του αισθητήρα, αφού η συγκεκριμένη συσκευή δεν απαιτεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις για τέτοιες εφαρμογές.



Σχήμα 1.10 Παράδειγμα μέτρησης του αισθητήρα για την τιμή ‘0000 0100 0011 0001’ = 1073 = 35.50% RH

2.2.11. Μετατροπή του σήματος εξόδου

2.2.11.1. Σχετική υγρασία

Για την αντιστάθμιση της μη γραμμικότητας του αισθητήρα υγρασίας και για την λήψη της πλήρους ακρίβειας των μετρήσεων, πρέπει να γίνει μετατροπή της ανάγνωσης των συντελεστών σύμφωνα με την εξίσωση :

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 (\%RH) \quad \text{“εξ. (1.1)”}$$

Πίνακας 1.7 Μετατροπές του αισθητήρα των παραμέτρων της σχετικής υγρασίας

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955×10^{-6}
8 bit	-2.0468	0.0367	-4.0845×10^{-4}

Για την απλούστευση των εξισώσεων, αλλά και των πιθανών περιπτώσεων, η εταιρία εξοπλίζει τους χρήστες με ειδικές οδηγίες για την μη γραμμικότητα της σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας. Σε περίπτωση που η

σχετική υγρασία παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες από 99% λόγω του πλήρους διαποτισμένου αέρα πρέπει να υποβληθούν σε ειδική επεξεργασία ώστε να επιδείχνουν το 100% της σχετικής υγρασίας. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας δεν έχει καμία σημαντική εξάρτηση τάσης.

2.2.11.2. Υπολογισμός θερμοκρασίας μέσω του σήματος σχετικής υγρασίας

Σε περίπτωση που οι θερμοκρασίες διαφέρουν σημαντικά από τους 25°C (=77°F), το σήμα της σχετικής υγρασίας απαιτεί επεξεργασία της θερμοκρασίας. Η διόρθωση της θερμοκρασίας αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε 0.12%RH/°C για 50%RH. Η εξίσωση και οι τιμές των συντελεστών είναι οι εξής:

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear} \quad \text{“εξ. 1.2”}$$

Πίνακας 1.8 Μετατροπές του αισθητήρα των παραμέτρων της θερμοκρασίας

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

2.2.11.3. Θερμοκρασία

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας με την ιδιότητα PTAT (Proportional To Absolute Temperature), δηλαδή της αναλογίας προς την απόλυτη θερμοκρασία, είναι γραμμικός εκ κατασκευής. Για την σωστή και ψηφιακή ανάγνωση των αποτελεσμάτων απαιτείται η παρακάτω εξίσωση με τους αντίστοιχους συντελεστές των πινάκων.

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T \quad \text{“εξ. 1.3”}$$

Πίνακας 1.9 Μετατροπές του αισθητήρα των παραμέτρων της θερμοκρασίας

VDD	$d_1(^{\circ}C)$	$d_1(^{\circ}F)$	SO_T	$d_2(^{\circ}C)$	$d_2(^{\circ}F)$
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.6	-39.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

2.2.11.4. Σημείο Dew point

Ο αισθητήρας SHT15 δεν μετρά το σημείο δροσιάς (Dew Point) άμεσα, εντούτοις το σημείο δροσιάς μπορεί να προέλθει από τις αναγνώσεις της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας. Δεδομένου ότι η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία μετρούνται με το ίδιο τσιπ, ο αισθητήρας επιτρέπει τις μετρήσεις του σημείου δροσιάς.

Για τον υπολογισμό του σημείου δροσιάς (Dew Point) υπάρχουν διάφορες εξισώσεις, εκ των οποίων αρκετές είναι πολύπλοκες και αφορούν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, που δεν παρατηρούνται συχνά εκτός από ακραίες περιοχές.

2.2.12. Περιβαλλοντική Σταθερότητα

Αρχικά, πρέπει να γίνει έλεγχος για την καταλληλότητα των εφαρμογών ή των συσκευών σε σχέση με τον αισθητήρα αναφοράς και για την εφαρμογή ίδιων όρων λειτουργίας. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι χρόνοι απόκρισης στις εφαρμογές μπορούν να είναι μεγαλύτεροι από τους ήδη αναφερθέντες και για το λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα χορήγησης του απαιτούμενου χρόνου.

Η σειρά των αισθητήρων SHT1x εξετάστηκε σύμφωνα με AECQ100 με τη μέθοδο δοκιμής προϊόντων. Οι προδιαγραφές των αισθητήρων έχουν εξεταστεί για απόδοση θερμοκρασίας βαθμού 2, σύμφωνα με το AEC-Q100. Η απόδοση των αισθητήρων δεν μπορεί να εγγυηθεί υπό άλλους όρους δοκιμής και κάποιο μέρος εκτός των προδιαγραφών των αισθητήρων. Συγκεκριμένα, δε μπορεί να δοθεί καμία εγγύηση για την απόδοση και λειτουργία των αισθητήρων όσον αφορά συγκεκριμένη εφαρμογή που επιλέγει ο χρήστης.

2.3. MICRO SD MODULE

Η κύρια ιδέα της χρήσης μίας τέτοιας μικροσυσκευής είναι να παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης ενός μεγάλου ποσού δεδομένων από τους αισθητήρες. Συγκεκριμένα, η μικροκάρτα SD μπορεί να συνδεθεί στο Arduino και έπειτα μέσω της σειριακής θύρας USB και του λογισμικού της πλατφόρμας να γίνει ανάγνωση των δεδομένων απευθείας από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η SD (secure digital) κάρτα μπορεί να συνδεθεί με την πλατφόρμα μέσω της ICSP θύρας και μέσω των ψηφιακών εισόδων 8-13, έτσι ώστε να τροφοδοτείται εύκολα και χωρίς προβλήματα. Όταν η μικροσυσκευή συνδεθεί στις ψηφιακές εξόδους 8-13, παρέχεται τροφοδότηση της τάξεως 5V μόνο από την έξοδο 8, η οποία τίθεται σε λειτουργία HIGH.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν δύο κάρτες των 2 gigabyte. Επιλέχθηκε η μικροσυσκευή της εταιρίας Libelium διότι παρουσιάζει το πλεονέκτημα της άμεσης σύνδεσής της με την πλατφόρμα χωρίς τη χρήση καλωδίων.

Οι MMC (multi media card) κάρτες έχουν μέγεθος 15 mm x 11 mm x 1 mm και την δυνατότητα επικοινωνίας με ένα πρωτόκολλο, το οποίο

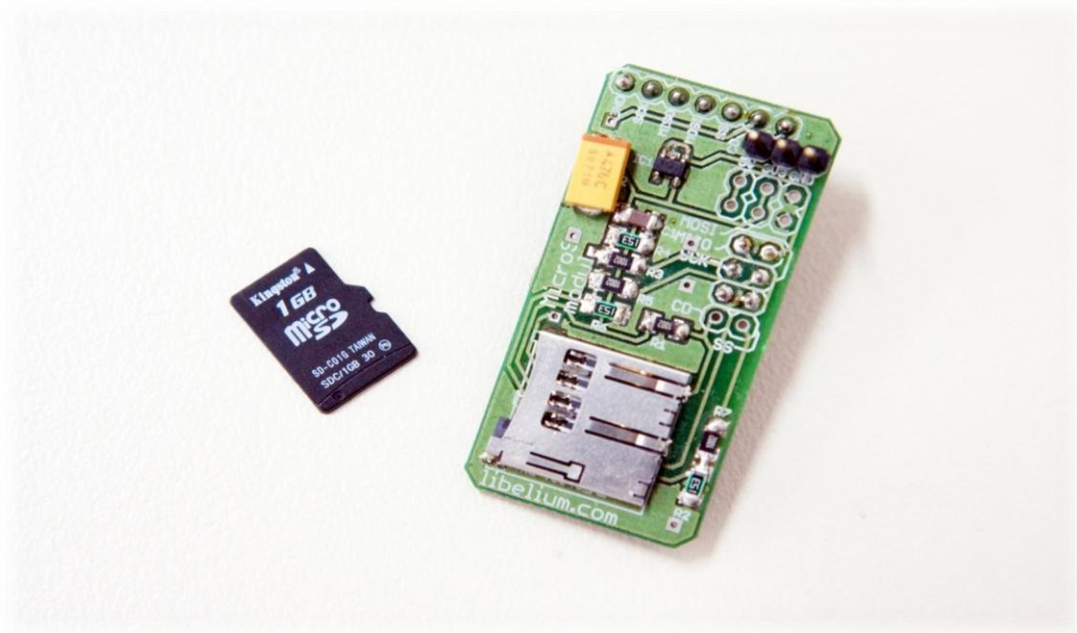
αποκαλείται SPI και υποστηρίζεται από το υλικό των μικροεπεξεργαστών. Απαιτούνται μόνο τέσσερις γραμμές I/O για την διαβίβαση των εντολών και των δεδομένων προς την κάρτα, καθώς και την παραλαβή δεδομένων από την κάρτα. Οι συνδέσεις μπορούν να γίνουν με πληθώρα συνδυασμών, αλλά ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά που παρέχονται σε όλες τις κάρτες, τα οποία είναι:

/CS (δίχως επιλογή κάρτας)

CLK (ρολόι)

MOSI (master out, slave in)

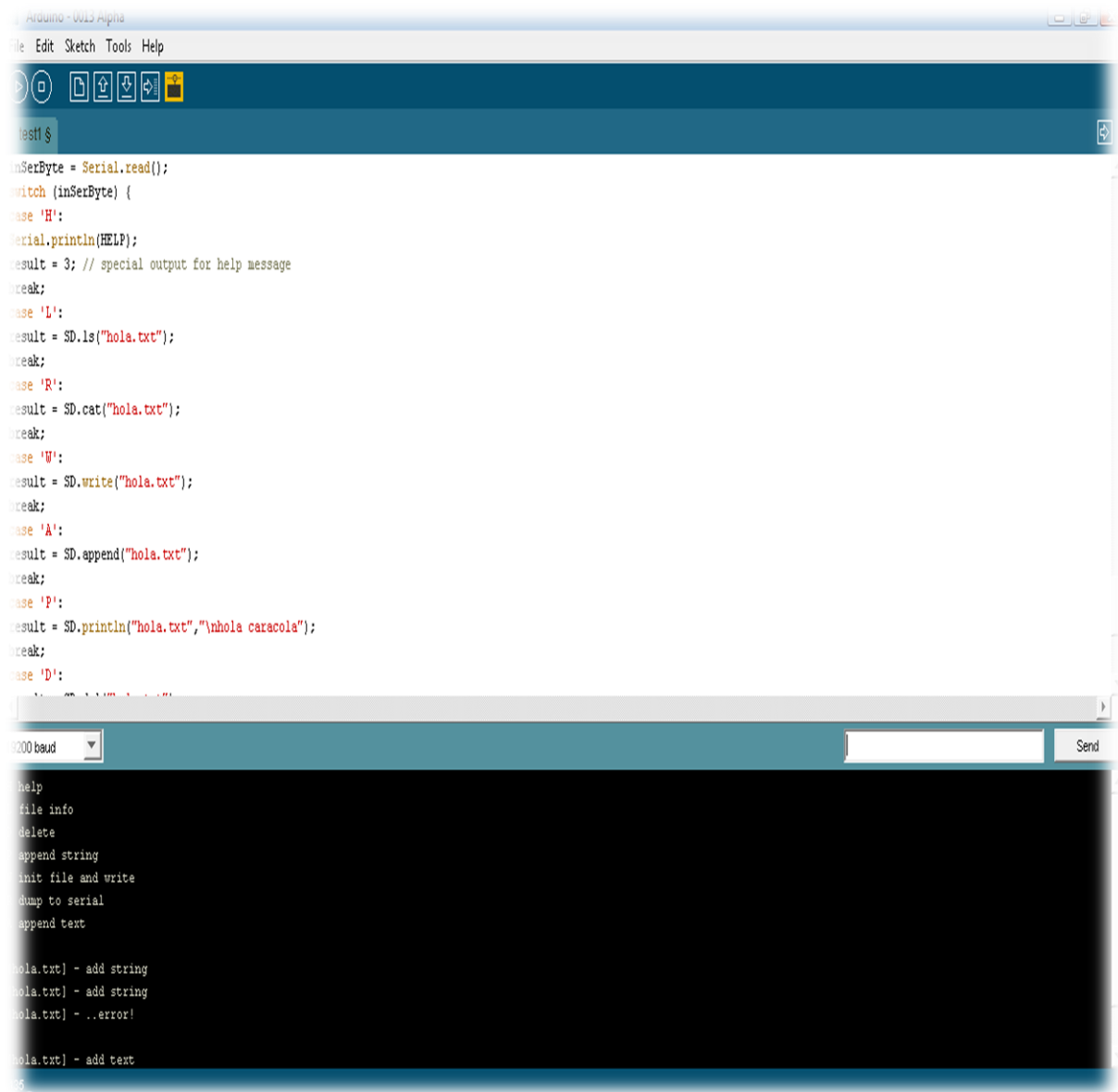
MISO (master in, slave out)



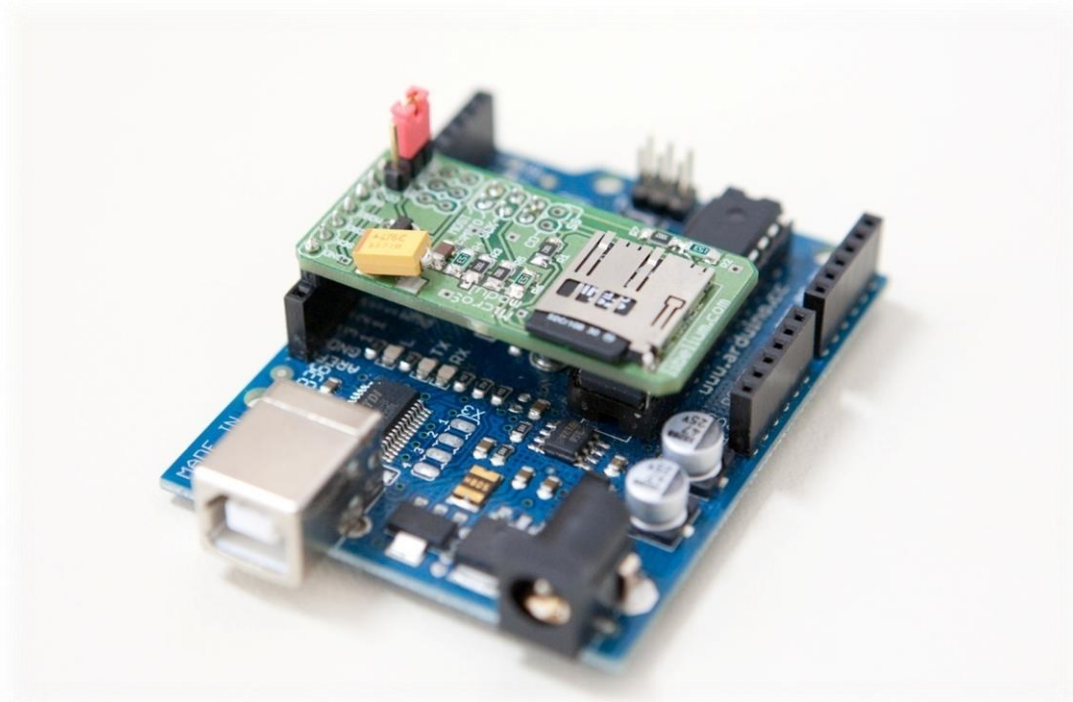
Εικόνα 15 MicroSD Module – Micro SD card

Οι MMC κάρτες απαιτούν μεταξύ 2.7 και 3.6 V για την ορθή λειτουργία τους. Χαμηλής ισχύος κάρτες που ανέρχονται στα 1.8 V έχουν τη δυνατότητα να αντεπεξέλθουν, αν και θεωρούνται σπάνιες και προτείνονται για ειδικές εφαρμογές.

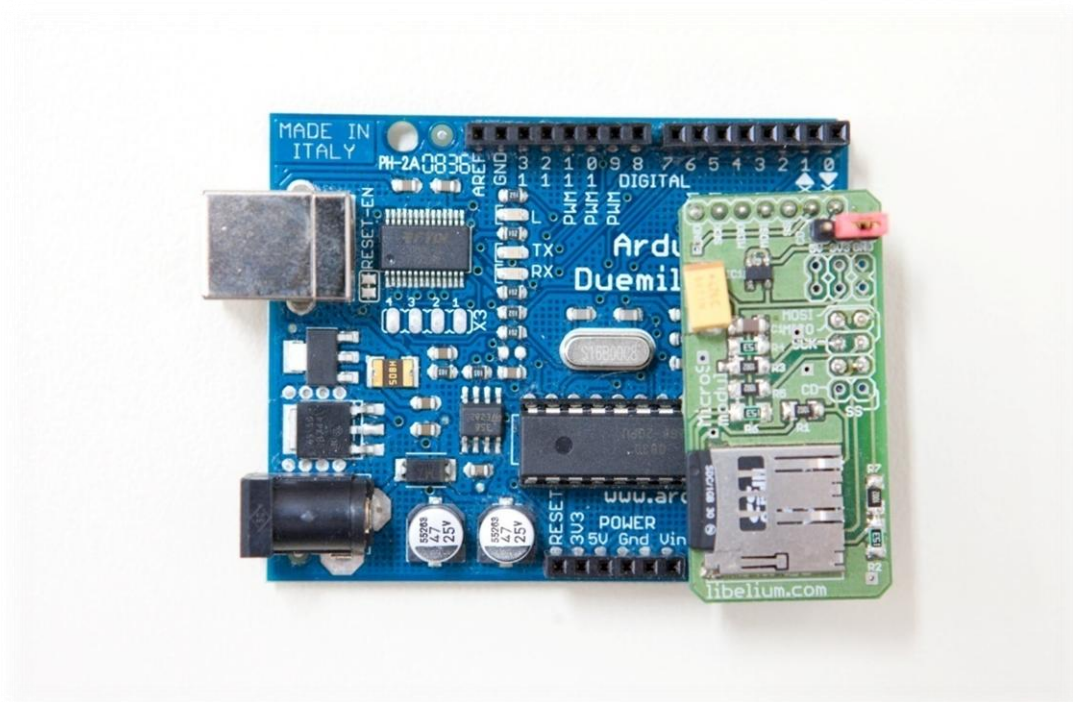
Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη χρήση της μικρό-κάρτας είναι η λειτουργία της σε συνδυασμό με τον αισθητήρα και η άμεση καταγραφή των δεδομένων της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάστηκε λόγω της αδυναμίας της σύνδεσης των δύο αυτών μικροσυσκευών, καθώς θεωρήθηκε αναγκαίος ο διαμοιρασμός της data εισόδου της πλατφόρμας. Είναι γνωστό, βέβαια, ότι δεν είναι δυνατόν να αποσπώνται διαφορετικά δεδομένα από την ίδια είσοδο data χωρίς την ύπαρξη κυκλώματος διαιτησίας της εισόδου, πράγμα το οποίο είναι εκτός της εμβέλειας της παρούσης.



Εικόνα 16 Παρουσίαση λειτουργίας λογισμικού Arduino κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Module με την SDcard



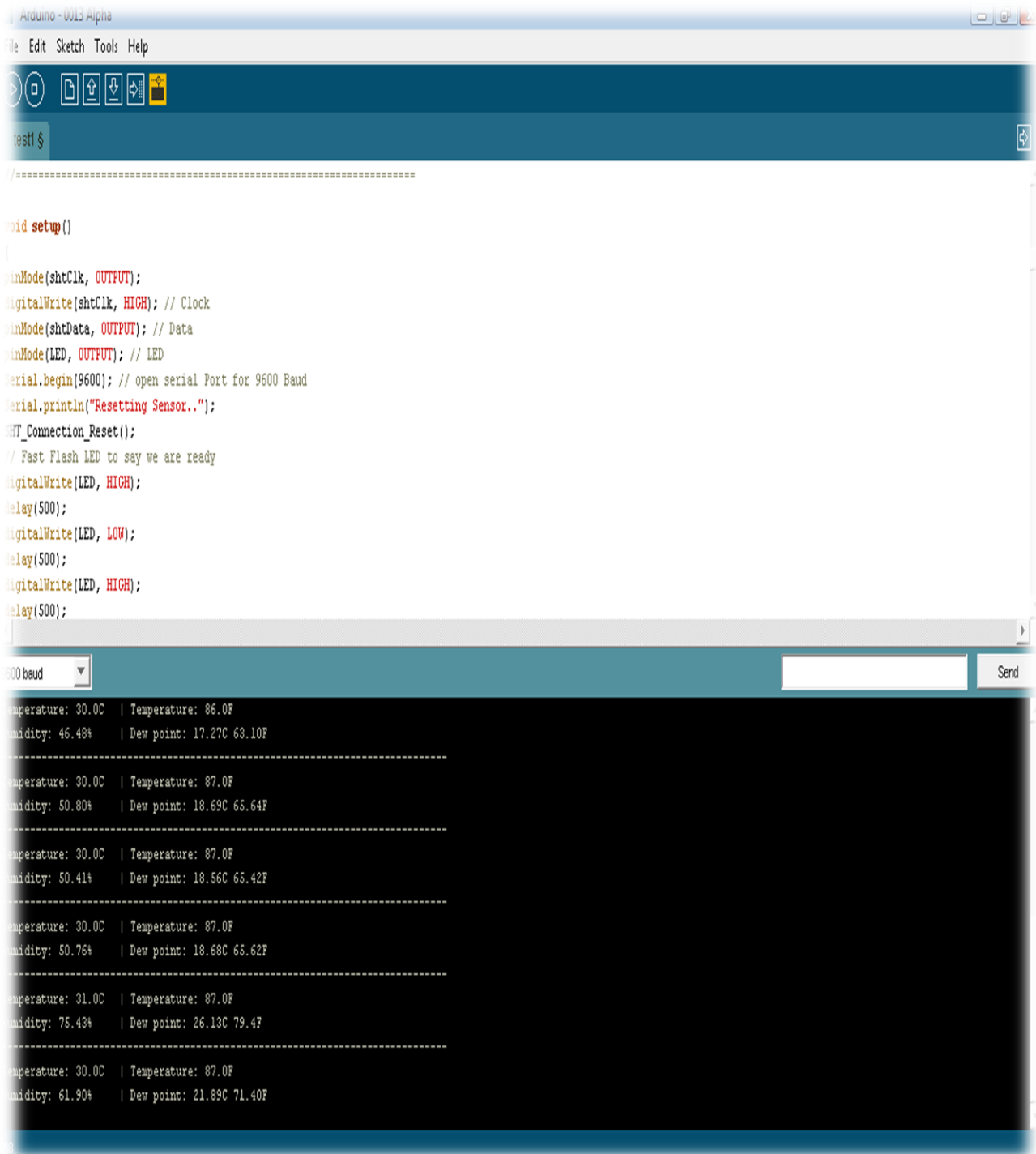
Εικόνα 17 Παρουσίαση συνδεσμολογίας του module της SDcard με το Arduino



Εικόνα 18 Παρουσίαση διαφορετικής συνδεσμολογίας του module της SDcard με το Arduino

3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ



```
Arduino - 0013 Alpha
File Edit Sketch Tools Help

test1 $

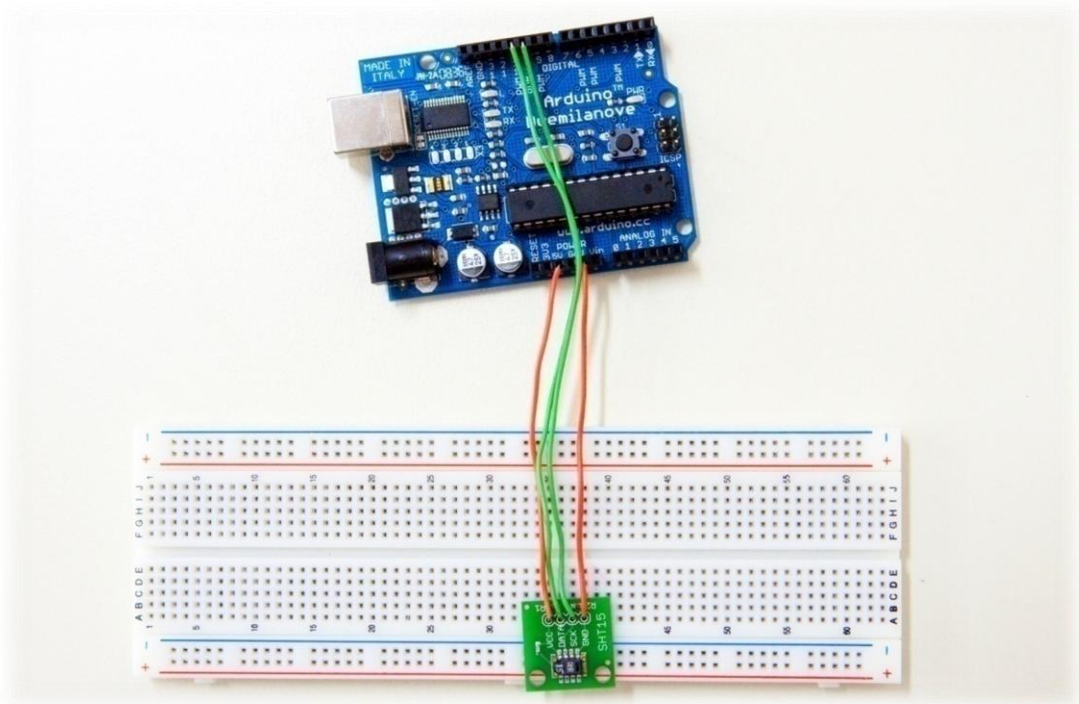
//=====

void setup()
{
  pinMode(shtClk, OUTPUT);
  digitalWrite(shtClk, HIGH); // Clock
  pinMode(shtData, OUTPUT); // Data
  pinMode(LED, OUTPUT); // LED
  Serial.begin(9600); // open serial Port for 9600 Baud
  Serial.println("Resetting Sensor..");
  SHT_Connection_Reset();
  // Fast Flash LED to say we are ready
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(500);
}

900 baud [input] Send

Temperature: 30.0C | Temperature: 86.0F
Humidity: 46.48% | Dew point: 17.27C 63.10F
-----
Temperature: 30.0C | Temperature: 87.0F
Humidity: 50.80% | Dew point: 18.69C 65.64F
-----
Temperature: 30.0C | Temperature: 87.0F
Humidity: 50.41% | Dew point: 18.56C 65.42F
-----
Temperature: 30.0C | Temperature: 87.0F
Humidity: 50.76% | Dew point: 18.68C 65.62F
-----
Temperature: 31.0C | Temperature: 87.0F
Humidity: 75.43% | Dew point: 26.13C 79.4F
-----
Temperature: 30.0C | Temperature: 87.0F
Humidity: 61.90% | Dew point: 21.89C 71.40F
```

Εικόνα 19 Παρουσίαση λειτουργίας λογισμικού Arduino κατά τη διάρκεια λήψης μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας με τη χρήση του αισθητήρα



Εικόνα 20 Σύνδεση αισθητήρα - Arduino

3.1.1. Δομή προγράμματος (βιβλιοθήκες, συναρτήσεις, κλπ.)

Κώδικας

```
#define LED 13
#define T_CMD 0x03 // See Sensirion Data sheet
#define H_CMD 0x05
#define R_STAT 0x07
#define W_STAT 0x06
#define RST_CMD 0x1E
//=====
=====

// SHT11 Sensor Coefficients from Sensirion Data Sheet
const float C1=-4.0; // for 12 Bit
const float C2= 0.0405; // for 12 Bit
const float C3=-0.0000028; // for 12 Bit
//const float D1=-40.0; // for 14 Bit @ 5V
//const float D2=0.01; // for 14 Bit DEGC
```

```

const float T1=0.01; // for 14 Bit @ 5V
const float T2=0.00008; // for 14 Bit @ 5V
//=====
=====

// Sensor Variables
int shtClk = 11; // Clock Pin
int shtData = 10; // Data Pin
int ioByte; // data transfer global - DATA
int ackBit; // data transfer global - ACKNOWLEDGE
float retVal; // Raw return value from SHT-11
float temp_degC; // working temperature
float temp_degF; // working temperature
float r_temp; // raw working temp
float r_humid; // Raw working humidity
float dew_point;
float dew_pointF;
//=====
=====

// coding variables
int dly;
int timewait;
byte bitmask;
//=====
=====

// //
// Code Body //
// //
//=====
=====

void setup()
{

```

```

pinMode(shtClk, OUTPUT);
digitalWrite(shtClk, HIGH); // Clock
pinMode(shtData, OUTPUT); // Data
pinMode(LED, OUTPUT); // LED
Serial.begin(9600); // open serial Port for 9600 Baud
Serial.println("Resetting Sensor..");
SHT_Connection_Reset();
// Fast Flash LED to say we are ready
digitalWrite(LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite(LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(LED, LOW);
//-----
Serial.println("Starting Temperature & Humidity reading every
5 seconds.");
}
//=====
=====

void loop()
//=====
=====

{
Serial.println("-----
-----");
// SHT-11 Get Temperature
SHT_Measure(T_CMD); // retVal = Temperature reading
r_temp = retVal;
temp_degC = SHT_calc_tempC( retVal); // Convert to Celcius
Serial.print("Temperature: ");
serialPrintFloat(temp_degC);

```

```

Serial.print("C");
Serial.print('\t');
temp_degF = SHT_calc_tempF( retVal); // Convert to Fahrenheit
Serial.print("| Temperature: ");
serialPrintFloat(temp_degF);
Serial.print("F");
Serial.print('\t');
Serial.println();
// SHT-11 Get Humidity
SHT_Measure(H_CMD); // retVal = humidity reading
r_humid = retVal; // Store raw humidity value
Serial.print("Humidity: ");
// Linear conversion
float rh_lin = C3 * retVal * retVal + C2 * retVal + C1;
// Temperature compensated RH
float rh_true = (temp_degC * (T1 + T2 * retVal) + rh_lin);
if(rh_true>100)rh_true=100; // deal with rh being outside
if(rh_true<0.1)rh_true=0.1; // a physical possible range
serialPrintFloat(rh_true);
Serial.print("%");
Serial.print('\t');
// calculate Dew Point
dew_point=calc_dewpoint(rh_true,temp_degC); //calculate dew
point
dew_pointF = 9 * dew_point/5 + 32;
Serial.print("| Dew point: ");
serialPrintFloat(dew_point);
Serial.print("C");
Serial.print(" ");
serialPrintFloat(dew_pointF);
Serial.print("F");
Serial.println();
// Slow Flash activity LED and create pause between scans
// ...in this case, 5 secs)
timewait = 0;

```

```

while (timewait < 5) {
digitalWrite(LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(LED, LOW);
delay(500);
timewait++;
}
}
//--[ Subroutines ]-----
-----
void SHT_Write_Byte(void) {
//-----
-----
pinMode(shtData, OUTPUT);
shiftOut(shtData, shtClk, MSBFIRST, ioByte);
pinMode(shtData, INPUT);
digitalWrite(shtData, LOW);
digitalWrite(shtClk, LOW);
digitalWrite(shtClk, HIGH);
ackBit = digitalRead(shtData);
digitalWrite(shtClk, LOW);
}
int shiftIn() {
int cwt;
cwt=0;
bitmask=128;
while (bitmask >= 1) {
digitalWrite(shtClk, HIGH);
cwt = cwt + bitmask * digitalRead(shtData);
digitalWrite(shtClk, LOW);
bitmask=bitmask/2;
}
return(cwt);
}

```

```

//-----
-----
void SHT_Read_Byte(void) {
//-----
-----
ioByte = shiftIn();
digitalWrite(shtData, ackBit);
pinMode(shtData, OUTPUT);
digitalWrite(shtClk, HIGH);
digitalWrite(shtClk, LOW);
pinMode(shtData, INPUT);
digitalWrite(shtData, LOW);
} //-----
-----

void SHT_Start(void) {
//-----
-----
// generates a sensirion specific transmission start
// This where Sensirion is not following the I2C standard
// _____
// DATA: |_____|
// ____
// SCK : ___| |___| |_____
digitalWrite(shtData, HIGH); // Data pin high
pinMode(shtData, OUTPUT);
digitalWrite(shtClk, HIGH); // clock high
digitalWrite(shtData, LOW); // data low
digitalWrite(shtClk, LOW); // clock low
digitalWrite(shtClk, HIGH); // clock high
digitalWrite(shtData, HIGH); // data high
digitalWrite(shtClk, LOW); // clock low
}
//-----
-----

void SHT_Connection_Reset(void) {

```



```

//-----
-----
// connection reset: DATA-line=1 and at least 9 SCK cycles
followed by start
// 16 is greater than 9 so do it twice
//
-----
// DATA: |_____|
// _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
// SCK : __| |__| |__| |__| |__| |__| |__| |__| |_____|
|__| |_____|
shiftOut(shtData, shtClk, LSBFIRST, 0xff);
shiftOut(shtData, shtClk, LSBFIRST, 0xff);
SHT_Start();
}
//-----
-----
void SHT_Soft_Reset(void) {
//-----
-----
SHT_Connection_Reset();
ioByte = RST_CMD;
ackBit = 1;
SHT_Write_Byte();
delay(15);
}
//-----
-----
void SHT_Wait(void) {
//-----
-----
// Waits for SHT to complete conversion
delay(5);
dly = 0;
while (dly < 600) {

```

```

if (digitalRead(shtData) == 0) dly=2600;
delay(1);
dly=dly+1;
}
}
//-----
-----
void SHT_Measure(int SHT_CMD) {
//-----
-----
SHT_Soft_Reset();
SHT_Start();
ioByte = SHT_CMD;
SHT_Write_Byte(); // Issue Command
SHT_Wait(); // wait for data ready
ackBit = 0; // read first byte
SHT_Read_Byte();
int msby; // process it as Most Significant Byte (MSB)
msby = ioByte;
ackBit = 1;
SHT_Read_Byte(); // read second byte
retVal = msby; // process result to combine MSB with LSB
retVal = retVal * 0x100;
retVal = retVal + ioByte;
if (retVal <= 0) retVal = 1;
}
//-----
-----
int SHT_Get_Status(void) {
//-----
-----
SHT_Soft_Reset();
SHT_Start();
ioByte = R_STAT;
SHT_Write_Byte();

```

```

SHT_Wait();
ackBit = 1;
SHT_Read_Byte();
return(ioByte);
}
//-----
-----

int SHT_calc_tempC( float w_temperature)
//-----
-----
{ // calculate temp with float
float temp1;
// Per the data sheet, these are adjustments to results
temp1 = w_temperature * 0.01; // divide by 100
temp1 = temp1 - (int)40; // Subtract 40
return (temp1);
}
//-----
-----

int SHT_calc_tempF( int w_temperature) {
//-----
-----
// calculate temp with float
int temp1;
temp1 = w_temperature * 0.018;
temp1 = temp1 - (int)40;
return (temp1);
}
//-----
-----

float calc_dewpoint(float h,float t)
//-----
-----
// calculates dew point
// input: humidity [%RH], temperature [°C]

```

```

// output: dew point [°C]
{ float logEx,dew_point;
logEx=0.66077+7.5*t/(237.3+t)+(log10(h)-2);
dew_point = (logEx - 0.66077)*237.3/(0.66077+7.5-logEx);
return dew_point;
}
//-----
-----
void serialPrintFloat( float f){
//-----
-----
// print results properly with float decimal value
int i;
Serial.print((int)f);
Serial.print(".");
i = (f - (int)f) * 100;
Serial.print( abs(i) );
}

```

3.1.2. Μετατροπή από BCD σε ASCII για έξοδο

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τη δεκαδική λογική. Αντίθετα, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές λειτουργούν με βάση τη δυαδική λογική. Είναι προφανές ότι υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας του χρήστη με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο χρήστης εισάγει δεδομένα σε δεκαδική μορφή. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής επεξεργάζεται τα δεδομένα σε δυαδική μορφή. Επομένως, απαιτείται η κατάλληλη μετατροπή των πληροφοριών που ονομάζεται κωδικοποίηση και κώδικας θεωρείται ένας συστηματικός τρόπος παράστασης πληροφοριών.

Τα ηλεκτρονικά ψηφιακά συστήματα χρησιμοποιούν σήματα που έχουν δύο διακριτές τιμές. Όμως, τα ψηφιακά συστήματα αναπαριστούν και χειρίζονται πολλά διακριτά στοιχεία πληροφορίας και όχι μόνο δυαδικές

πληροφορίες. Κάθε διακριτό στοιχείο πληροφορίας μπορεί να παρασταθεί με έναν δυαδικό κώδικα και δυαδικός κώδικας θεωρείται ένας συστηματικός τρόπος παράστασης πληροφοριών σε δυαδική μορφή.

Οι δυαδικοί κώδικες χρησιμοποιούν το δυαδικό ψηφίο (binary digit – bit) με δύο πιθανές τιμές "0" και "1". Με έναν δυαδικό κώδικα που χρησιμοποιεί n bits μπορούν να παρασταθούν το πολύ 2^n διακεκριμένα στοιχεία πληροφορίας, αφού τα n bits μπορούν να τοποθετηθούν στη σειρά με 2^n διαφορετικούς τρόπους ή συνδυασμούς.

Τέσσερα στοιχεία μπορούν να παρασταθούν με έναν δυαδικό κώδικα των 2 bits. Κάθε στοιχείο παριστάνεται με έναν από τους τέσσερις τρόπους που μπορούν να τοποθετηθούν στη σειρά αυτά τα 2 bits: 00, 01, 10 και 11. Οι δυαδικοί κώδικες χωρίζονται στους δυαδικούς κώδικες με βάρη και στους δυαδικούς κώδικες χωρίς βάρη.

Οι δυαδικοί κώδικες με βάρη κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε στη θέση του κάθε bit του κώδικα να αντιστοιχεί ένα βάρος (κάθε θέση έχει μία αξία). Ο δυαδικός κώδικας BCD με βάρη στα bits ανάλογα τη θέση τους, χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των 10 ψηφίων του δεκαδικού συστήματος. Συγκεκριμένα, ο BCD κώδικας χρησιμοποιεί 4 bits με βάρη 8 4 2 1.

Ο κώδικας BCD είναι δυαδικός κώδικας με βάρη, που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των 10 ψηφίων του δεκαδικού συστήματος, όπως δηλώνει το όνομα του, δηλαδή Binary Coded Decimal ή δυαδικά κωδικοποιημένο δεκαδικό. Ο συγκεκριμένος κώδικας είναι ένας τρόπος παράστασης των 10 ψηφίων του δεκαδικού συστήματος, το κάθε ένα από τα

οποία αντιστοιχεί σε μία τετράδα bits. Για παράδειγμα, ο δεκαδικός αριθμός 5 αντιστοιχεί στην τετράδα 0101 ($0 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 5$). Παρατηρούνται δύο τύποι BCD χαρακτήρων, οι packed και unpacked BCD. Για παράδειγμα, ο αριθμός 9 παρίσταται ως 0000 1001 σε μορφή unpacked BCD. Ο αριθμός 59 παρίσταται ως 0101 1001 σε μορφή packed BCD, η οποία θεωρείται και πιο αποτελεσματική για την αποθήκευση δεδομένων.

Πίνακας 1.10 Αντιστοίχιση ψηφίων με BCD κώδικα

Digit	BCD 8 4 2 1 ή packed
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Πολλές εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών όμως απαιτούν τη χρήση δεδομένων που αποτελούνται από αριθμούς αλλά και από γράμματα και από ειδικούς χαρακτήρες. Για παράδειγμα, για να παρασταθεί ένα όνομα σε δυαδική μορφή, πρέπει να υπάρχει ένας κώδικας για το αλφάβητο. Αντίστοιχα, το ίδιο ισχύει για τους αριθμούς και τους ειδικούς χαρακτήρες.

Οι αλφαριθμητικοί χαρακτήρες περιλαμβάνουν:

- Τα 26 κεφαλαία γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου A – Z
- Τα 26 μικρά γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου a – z
- Τα 10 δεκαδικά ψηφία 0 – 9
- Τους ειδικούς χαρακτήρες (τα σημεία στίξης ! . , ? και άλλοι όπως @, #, \$, %, &)

Ένας αλφαριθμητικός κώδικας είναι ένας συστηματικός τρόπος παράστασης των αλφαριθμητικών χαρακτήρων σε δυαδική μορφή. Κάθε αλφαριθμητικός χαρακτήρας παριστάνεται σε μία ομάδα bits, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από το πλήθος των αλφαριθμητικών χαρακτήρων που παριστάνει ο κώδικας.

Τέτοιοι δυαδικοί αλφαριθμητικοί κώδικες είναι και ο κώδικας ASCII (American Standard Code for Information Interchange) που χρησιμοποιεί 7 bits. Είναι ο πλέον συχνά χρησιμοποιούμενος δυαδικός αλφαριθμητικός κώδικας, οποίος χρησιμοποιεί 7 bits για την κωδικοποίηση 128 χαρακτήρων.

Ο κώδικας ASCII περιλαμβάνει 94 εκτυπώσιμους γραφικούς χαρακτήρες και 34 μη εκτυπώσιμους χαρακτήρες ελέγχου (control characters), δηλαδή συνολικά 128 χαρακτήρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι χαρακτήρες ελέγχου χωρίζονται σε διαμορφωτές μορφής, διαχωριστές πληροφορίες και χαρακτήρες ελέγχου – επικοινωνίας.

Πίνακας 1.11 Χαρακτήρες κώδικα ASCII

b ₇ b ₆ b ₅ b ₄ b ₃ b ₂ b ₁	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	'	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές συνήθως χρησιμοποιούν δυαδικές λέξεις των 8 bits (1 byte), ενώ ο κώδικας ASCII χρησιμοποιεί 7 bits. Έτσι, κάθε χαρακτήρας του κώδικα συνήθως αναπαρίσταται με 1 byte των 8 bits, οπότε μπορεί να γίνει κωδικοποίηση 256 χαρακτήρων. Για την κωδικοποίηση των 128 χαρακτήρων του κώδικα χρησιμοποιείται το MSB με τιμή "0" και τα υπόλοιπα 7 bits είναι τα 7 bits του κώδικα. Για παράδειγμα, η λέξη bit στον κώδικα ASCII είναι:

b	i	t
1100010	1101001	1110100

Για την κωδικοποίηση άλλων χαρακτήρων (για παράδειγμα τα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου) χρησιμοποιείται το MSB με τιμή "1". Με αυτό τον τρόπο έχει προκύψει το Πρότυπο ΕΛΟΤ-928 του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης που είναι εγκεκριμένο από την ISO (International Standard Organization).

Η μετατροπή μεταξύ των BCD και ASCII δυαδικών κωδικών γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν τα στοιχεία δίνονται σε μορφή packed BCD, πρέπει αρχικά να μετατραπούν σε unpacked BCD μορφή και έπειτα η μορφή αυτή να προστεθεί με τον αριθμό 011 0000 ή 30H.

Πίνακας 1.12 Βήματα μετατροπής από BCD σε ASCII

Key	BCD (Unpacked)	Binary	ASCII (Hex)
0	0000 0000	011 0000	30
1	0000 0001	011 0001	31
2	0000 0010	011 0010	32
3	0000 0011	011 0011	33
4	0000 0100	011 0100	34
5	0000 0101	011 0101	35
6	0000 0110	011 0110	36
7	0000 0111	011 0111	37
8	0000 1000	011 1000	38
9	0000 1001	011 1001	39

Για παράδειγμα:

Packed BCD

29H

0010 1001

Unpacked BCD

02 & 09

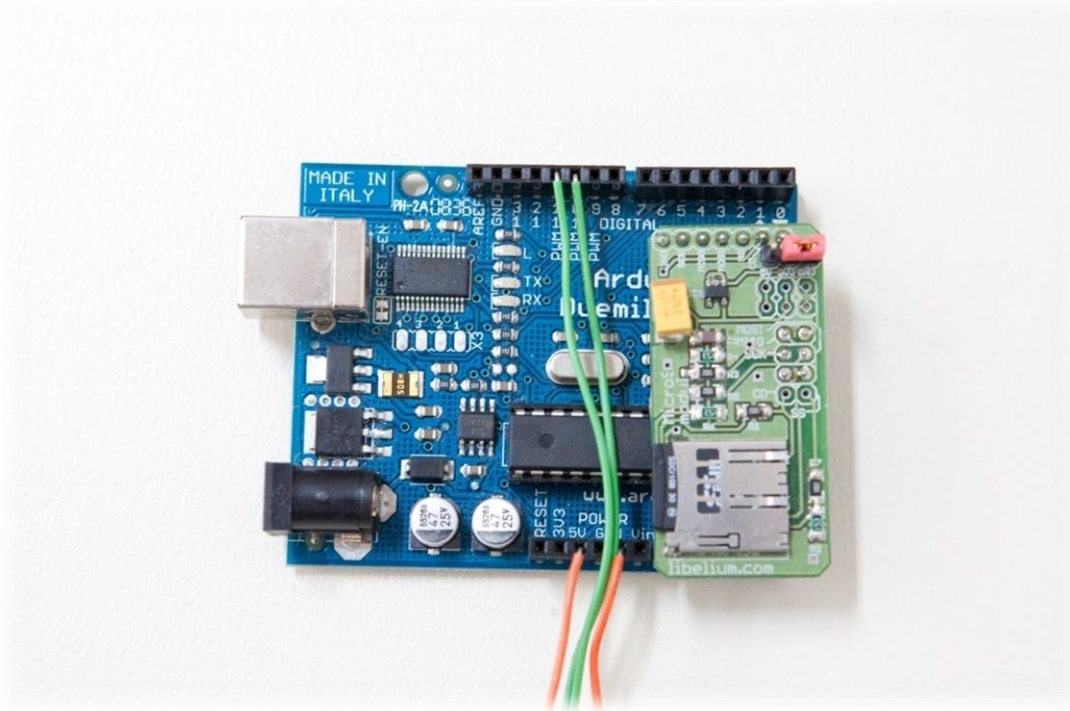
0000 0010 & 0000 1001

ASCII

32 & 39

0011 0010 & 0011 1001

3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΡΤΑ MICRO SD



Εικόνα 21 Σύνδεση MicroSD module - Arduino

3.2.1. Δομή προγράμματος (βιβλιοθήκες, συναρτήσεις, κ.λ.π.)

Κώδικας

```
/*
 * SD_uFAT Basic - Basic use of SD Cards
 *
 * Copyright (C) 2008 Libelium Comunicaciones Distribuidas
 S.L.
 * http://www.libelium.com
 *
 * This example allows manipulating one file stored in the SD
 card called "hola.txt"
 * I have chosen "hola", meaning "hello" in Spanish, just
 because I was a little
 * tired of the classic "hello world". The file should be
 stored in the card and comes
 * in the ZIP file containing this example. You manipulate the
 file by simple commands
 * over the serial port. Here a list:
 *
 * - H: prints a help message with all commands implemented in
 the example
```

```

* - L: lists the file's info, calls the ls("hola.txt")
function
* - D: deletes the file, calls del("hola.txt")
* - P: prints a string to the file, in this case "hola
caracola"
* - W: allows you intialize the file entering text by hand
through the serial terminal
* (beware, it erases the file)
* - R: dumps the contents of "hola.txt" to the serial port
* - A: append data interactively to the end of the file
*
* BUT HOW DOES IT WORK?
* I use the SD uFAT approach, this example offers a series of
functions
* to manipulate the content of SD cards. The only premise is
that the
* files in the card must be pre-existing. A good way is to
add text
* documents created with gedit (LIN), textedit (MAC) or
notepad (WIN)
*
* The documents could be filled up with any characters of
your choice
* and should have a certain size. The uFAT approach to
controlling SD
* cards won't allow listing directories, or modifying the
file size. I
* fill up my files with blank spaces (0x20), it makes easier
to look at
* the files in a text editor later
*
* The end of files will be marked with the character End Of
Text, we choose
* it to be 0x03 as in ASCII. This will be the programatical
trick to look
* for the end of file. Just to make things easier for you, it
is possible
* to download some pre-made empty files in different sizes
with the 0x03
* character in first position from http://blushingboy.net,
also there are some
* coming in the ZIP where you got this example from
*
* The functions implemented for this library can be
categorized in basic,
* advanced, and experimental (unstable); they are:
*
* BASIC
* - ls(filename): lists the size, amount of sectors, and real
use of a file
* - del(filename): erases a file by putting a NULL character
at the beginning
* of all its sectors

```

```

* - print(filename, string): appends a string at the end of a
file [1]
* - println(filename, string): appends a string + EOL at the
end of a file
* - cat(filename): prints out the contents of a file to the
serial port
* - append(filename): will listen to the serial port and
append the data to the file
*
* ADVANCED
* - usedBytes(filename): answers how many bytes are actually
in use in the card
* - startSector(filename): answers the sector on the SD card
where a file starts
* - verbose(mode): mode == ON (default) will print out help
strings to the port
* mode == OFF will get the functions to work in silent mode
*
* EXPERIMENTAL (unstable or not implemented)
* - append(filename1, filename2): appends filename2 at the
end of filename1
* - indexOf(filename, string): looks for a string in a file
answering the position
* - indexOfLine(filename, int): gets the offset in the file
to the line determined by the parameter
*
* HOW TO USE THIS PROGRAM
* The way to interact with this example is through a serial
monitor. Arduino's is good
* but any others will also work. I recommend the following:
GtkTerm (LIN), ZTerm (MAC),
* and Brayterminal (WIN). All are free or freeware and can be
obtained from different
* sources
*
* MAKING YOUR OWN CODE OUT OF THIS ONE
* To make this example I have been stretching the variable
space to the limit, you can
* easily implement programs reading analog sensors or buttons
and store that data
* as in the SD card. You can probably read information from
the serial port
* or sensors hanging on I2C and push it into the card. If you
ran into problems, just
* remember the issue about the variable space. You cannot
reduce the buffer[512] variable,
* but you could work out with DATABUFFERSIZE (defaulting to
32) to get some extra room
*
* HACKING THE LIBRARY
* The code compiles to a small sized library (7KB), however,
it can be even smaller if you

```

```
* you just erase the functions you don't need from the
library, customizing it to fit
* your needs. Also, even if the buffer[512] cannot be changed
in size, you can use it for
* other things during the time it is not used to access the
SD card. In this way it could be
* e.g. the temporary memory for a graphical display, swap for
some of your processes, etc
*
* This code has been kindly commissioned by Libelium.com and
has been executed
* by D.J. Cuartielles -aka BlushingBoy-. The code was written
in Sweden, Spain
* Mexico, Korea, and Singapore. It is based on previous work
by others
*
*LICENSE
* SD_uFAT Basic - Basic use of SD Cards
*
* Copyright (C) 2008 Libelium Comunicaciones Distribuidas
S.L.
* http://www.libelium.com
*
* This program is free software; you can redistribute it
and/or
* modify it under the terms of the GNU Lesser General Public
* License as published by the Free Software Foundation;
either
* version 2.1 of the License, or (at your option) any later
version.
*
* This program is distributed in the hope that it will be
useful,
* but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
of
* MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See
the GNU
* Lesser General Public License for more details.
*
* You should have received a copy of the GNU Lesser General
Public
* License along with this program; if not, write to the Free
Software
* Foundation, Inc., 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA
02110-1301 USA
*
* However, D.J. Cuartielles has to credit the following
people, since
* the library with this example is a wrapper on code written
by others,
* who deserve all the credit for their effort making this
possible:
*
```

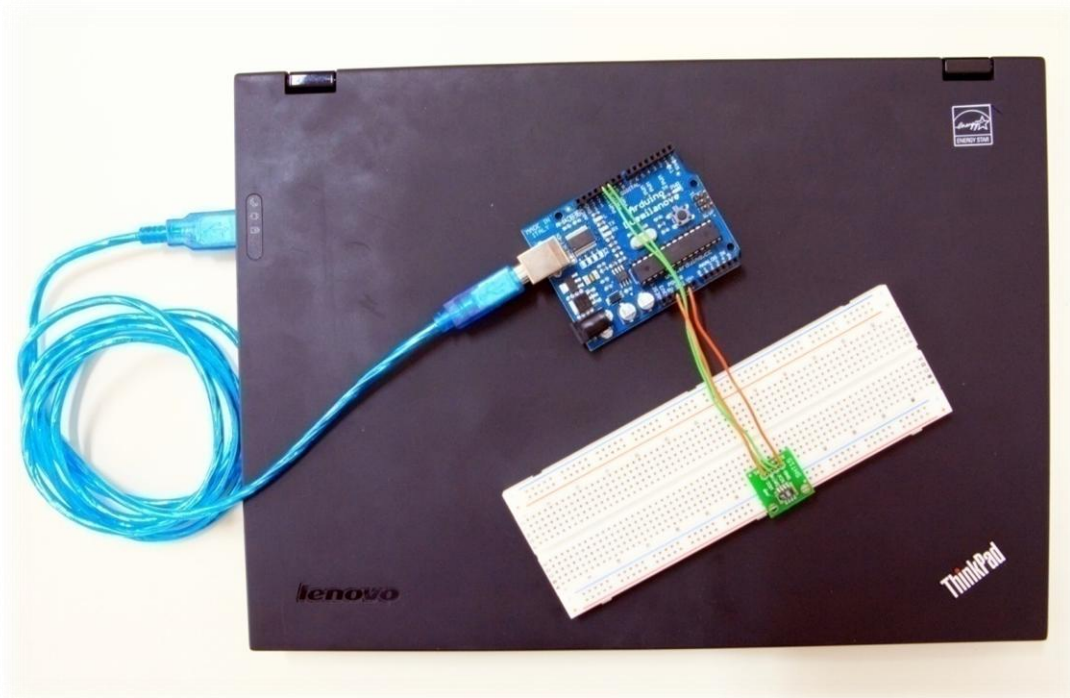
```

*   **   sd2iec   -   SD/MMC   to   Commodore   serial   bus
interface/controller
* Copyright (C) 2007,2008 Ingo Korb <ingo@akana.de>
*
*   **   Inspiration and low-level SD/MMC access based on code
from MMC2IEC
* by Lars Pontoppidan, Aske Olsson, Pascal Dufour, DTU,
Denmark
*
* (c) 2009 David J. Cuartielles -aka BlushingBoy- for
Libelium.com
*/
#include "SDuFAT.h"
// define the pin that powers up the SD card
#define MEM_PW 8
// help string to be sent to the serial port
#define HELP "H help\nL file info\nD delete\nP append
string\nW init file and write\nR dump to
serial\nA append text\n"
// variable used when reading from serial
byte inSerByte = 0;
void setup(void)
{
// on my MicroSD Module the power comes from a digital pin
// I activate it at all times
pinMode(MEM_PW, OUTPUT);
digitalWrite(MEM_PW, HIGH);
// configure the serial port to command the card and read
data
Serial.begin(19200);
}
void loop(void)
{
// Arduino expects one of a series of one-byte commands
// you can get some help by sending an 'H' over the serial
port
if (Serial.available() > 0) {
int result = 0;
inSerByte = Serial.read();
switch (inSerByte) {
case 'H':
Serial.println(HELP);
result = 3; // special output for help message
break;
case 'L':
result = SD.ls("hola.txt");
break;
case 'R':
result = SD.cat("hola.txt");
break;
case 'W':
result = SD.write("hola.txt");
break;

```

```
case 'A':
result = SD.append("hola.txt");
break;
case 'P':
result = SD.println("hola.txt","\nhola caracola");
break;
case 'D':
result = SD.del("hola.txt");
break;
default:
result = 2; // value for unknown operation
break;
}
// print a status message for the last issued command
// for help (result == 3) won't print anything
if (result == 1) SD.printEvent(ERROR, "hola.txt");
else if (result == 2) SD.printEvent(WARNING, "unknown
command");
else if (result == 0) SD.printEvent(SUCCESS, "hola.txt");
}
}
```


3.2.2. Επίδειξη λειτουργίας



Εικόνα 22 Σύνδεση ψηφιακού συστήματος με ηλεκτρονικό υπολογιστή

3.3. ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

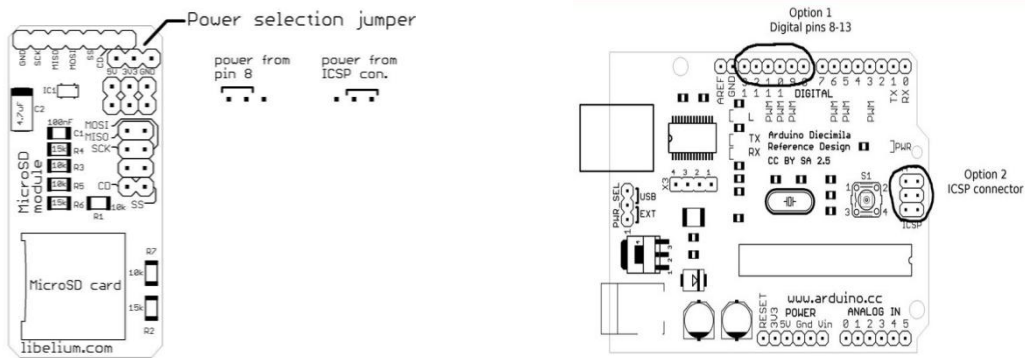
3.3.1. Γενική αρχιτεκτονική

Η συνδεσμολογία της πλατφόρμας αφορά τόσο τον αισθητήρα θερμοκρασίας, όσο το μικροεπεξεργαστή της κάρτας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η πλατφόρμα επεξεργάζεται και εκμεταλλεύεται τις πληροφορίες σε βαθμό «χαμηλού επιπέδου» νοητικών διεργασιών (επεξεργασία μόνο αριθμών και ονομάτων) και εισέρχεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις στη φάση των πολύπλοκων συνδυασμών στοιχείων και εξειδικευμένων εφαρμογών για μεγάλους επιστημονικούς κλάδους, κάτι που αντιστοιχεί σε «υψηλού επιπέδου» νοητικές διεργασίες.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας τοποθετήθηκε, αρχικά, στο breadboard και συνδέθηκε με τα κατάλληλα καλώδια με την πλατφόρμα. Συγκεκριμένα, έγινε

σύνδεση των ψηφιακές εξόδους DATA και SCK του αισθητήρα με τις ψηφιακές εξόδους pin 10 και 11, αντίστοιχα. Οι ψηφιακές εισοδοί VCC και GND του αισθητήρα συνδέθηκαν με τις εξόδους 5V power και GROUND αντίστοιχα, που βρίσκονται στο Arduino, ώστε να παρέχεται η απαραίτητη τροφοδοσία για τη λειτουργία και χρήση και των δύο.

Ο επεξεργαστής της μικροκάρτας έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με δύο διαφορετικούς τρόπους. Άξιο αναφοράς είναι ότι ο συγκεκριμένος επεξεργαστής μπορεί να συνδεθεί απευθείας με το Arduino και με τους δύο τρόπους. Συγκεκριμένα, μπορεί να συνδεθεί απευθείας είτε με τις ψηφιακές εξόδους της πλατφόρμας pin 8 έως pin 13, είτε με τις ψηφιακές εξόδους ICSP. Στην πρώτη περίπτωση τροφοδοτείται εξ ολοκλήρου από το pin 8. Η μοναδική διαφορά της συνδεσμολογίας των προαναφερθέντων τρόπων είναι η μετακίνηση ενός jumper που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά.



Σχήμα 1.11 Συνδεσμολογία και τροφοδότηση του επεξεργαστή της κάρτας

3.3.2. Περιορισμοί

Οι περιορισμοί που αντιμετωπίστηκαν ήταν η απαραίτητη χρήση της σύνδεσης του επεξεργαστή της μικροκάρτας μόνο μέσω ICSP με την πλατφόρμα διότι, αν και υπήρχε δυνατότητα σύνδεσης μέσω breadboard. Είναι γνωστό ότι δεν είναι δυνατή η ταυτόχρονη χρήση της ψηφιακής εξόδου του pin 10 και από τις

δύο συσκευές, διότι δεν είναι δυνατή η αποστολή δύο διαφορετικών ειδών δεδομένων από μία ψηφιακή έξοδο.

3.3.3. Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν

Το αρχικό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν η σωστή ανάγνωση της θερμοκρασίας και περισσότερο η μετατροπή των εξερχόντων δεδομένων από τον αισθητήρα σε κατανοητή μορφή. Χρειάστηκε η "διάσπαση" του εξερχοντος σήματος και επεξεργασία του, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Έπειτα, η ταυτόχρονη σύνδεση του αισθητήρα και του επεξεργαστή της μικροκάρτας αντιμετωπίστηκε με τη σύνδεση του δεύτερου μέσω ICSP, δίχως όμως να παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη συνδεσμολογία, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η λειτουργία του ως data logger, τουλάχιστον προς το παρόν.

3.3.4. Προβλήματα που δεν αντιμετωπίστηκαν

Σε κάθε διασυνδετικό δίαυλο η διαδικασία της μεταφοράς δεδομένων συντελείται μεταξύ ενός ελέγχοντος (master) και ενός ελεγχόμενου (slave) υποσυστήματος. Η οδήγηση των σημάτων ελέγχου της μεταφοράς είναι αρμοδιότητα του master. Οι περισσότεροι διασυνδετικοί δίαυλοι επιτρέπουν την ύπαρξη πολλαπλών masters. Η διαδικασία επιλογής master ονομάζεται διαιτησία (arbitration) του διαύλου και επιτελείται από ειδικό υλικό μέσω των γραμμών ελέγχου διαιτησίας.

Η λειτουργία διαιτησίας του διαύλου ελέγχει τον κόμβο αποστολέα, εξασφαλίζοντας τη μετάδοση δεδομένων σε γνωστά χρονικά διαστήματα. Το γεγονός ότι μόνο ένας κύριος σταθμός οργανώνει όλες τις αιτήσεις και τις λαμβανόμενες απαντήσεις από τους εξαρτημένους κόμβους, εξυπηρετεί στο

να μην υφίστανται προβλήματα διαιτησίας, κάτι που παρατηρείται στην παρούσα εργασία.

Συγκεκριμένα, η ψηφιακή είσοδος 11 του Arduino χρησιμοποιείται από τον αισθητήρα για τη μεταφορά δεδομένων και απαιτείται και από το module της μικροκάρτας, με αποτέλεσμα να παρατηρείται το πρόβλημα της διαιτησίας της κοινής γραμμής δεδομένων. Είναι σαφές ότι η διαιτησία διαύλου δεδομένων είναι διαδικασία μεγάλης για την επιτυχή μετάδοση των δεδομένων. στη συγκεκριμένη εργασία ως master θεωρείται το Arduino και ως slaves ο αισθητήρας και το module της μικροκάρτας σε όλες τις περιπτώσεις.

4. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4.1. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΔΙΚΕΣ ΜΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Είναι προφανές πως οι εφαρμογές της συγκεκριμένης συσκευής θα συμπίπτουν με αυτές ενός αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού. Οι κλιματολογικοί σταθμοί, που είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου, της ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας, της σχετική υγρασίας, της καθαρής ακτινοβολίας, της διάρκειας της ηλιοφάνειας και της βροχόπτωσης, είναι μία άμεση εφαρμογή της συσκευής με ελάχιστες προσθήκες.

Επίσης, οι γεωργικοί σταθμοί που μετρούν την θερμοκρασία του αέρα και του εδάφους, την ηλιακή ακτινοβολία, τη σχετική υγρασία, τη διεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία του εδάφους (σε ποικίλα βάθη), τη βροχόπτωση, τη διύγρανση των φύλλων των φυτών και την εξατμισοδιαπνοή, διευκολύνοντας έτσι τη βελτιστοποίηση των αρδεύσεων και την πρόγνωση των ποικίλων ασθενειών, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα με την προσθήκη ελαχίστων αισθητήρων ακόμη.

Με την παροχή εξειδικευμένων αισθητήρων, είναι δυνατή η δημιουργία περιβαλλοντολογικών σταθμών, οι οποίοι συλλέγουν μετρήσεις της ακτινοβολίας γάμα, της διάρκειας της ηλιοφάνειας, της καθαρής ακτινοβολίας, της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου. Επίσης, γίνεται συλλογή μετρήσεων της σχετικής υγρασίας της οξύτητας (αγωγιμότητας) της βροχής, οι οποίες διευκολύνουν τον έλεγχο επικίνδυνων καταστάσεων που είναι άμεσα συνδεδεμένες με μακροχρόνιες μεταβολές, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η αλλαγή του κλίματος των οικοσυστημάτων, οι ασθένειες των φυτών και των ζώων.

Οι αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί συχνά λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση για μακρά χρονικά διαστήματα, σε δυσπρόσιτες θέσεις είτε είναι στην ξηρά είτε στη θάλασσα. Μερικές φορές λειτουργούν κάτω από υψηλά αναξιόπιστες ηλεκτρικές παροχές ή σε περιοχές που δεν διαθέτουν μόνιμα αποθέματα ηλεκτρικού ρεύματος. Επομένως, για οποιαδήποτε εφαρμογή, απαιτείται η ανθεκτικότητα των συσκευών αυτών στις πιο αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες και η επαρκής προστασία τους έναντι των αλλοιώσεων των δεδομένων από εξωτερικούς παράγοντες, πτώσης κεραυνών, υπερτάσεων και υπερεντάσεων.

Στην περίπτωση που ο αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός προορίζεται για εφαρμογή, στην οποία θα καλείται να λειτουργεί για οποιοδήποτε συνθήκες, το κόστος του συστήματος αποβαίνει απαγορευτικό. Συγκεκριμένα, δημιουργείται η ανάγκη εξειδίκευσης του σχεδιασμού του συστήματος λαμβάνοντας γνώση μίας ολοκληρωμένης εικόνας του περιβάλλοντος εργασίας του σταθμού, καθώς και μίας συγκεκριμένης και προκαθορισμένης εφαρμογής. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το κόστος συντήρησης του δικτύου, που απαιτεί κάθε εφαρμογή, ενώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι το κόστος συντήρησης για θαλάσσιες περιοχές είναι πολύ μεγάλο. Είναι, λοιπόν, πρωτίστης σημασίας για τον σχεδιασμό ενός αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού, η ευρεία γνώση των κλιματολογικών παραγόντων των περιοχών εγκατάστασης, των σκοπιμοτήτων που αυτοί εξυπηρετούν, καθώς και το είδος της εργασίας που έχει προκαθοριστεί, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αξιοπιστία.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη πλατφόρμα Arduino διαθέτει τη σύνδεση μικροσυσκευών που της επιτρέπουν τη μεταφορά δεδομένων με wi-fi

(ασύρματα δίκτυα) ή με blue tooth. Επομένως, είναι προφανώς ότι οι μελλοντικές εφαρμογές είναι πάρα πολλές.

4.2. ΝΕΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Κάποιες από αυτές είναι η δημιουργία αεροναυτικών σταθμών, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες μετρήσεων των νεφών, του καιρού (για εντοπισμό φαινομένων, όπως καταιγίδες, χιονοπτώσεις, κ.ά.), της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου, της ορατότητας, της θερμοκρασίας του αέρα, της ατμοσφαιρικής πίεσης της σχετικής υγρασίας και, τέλος, του οπτικού πεδίου του διαδρόμου προσγείωσης στις ζώνες προσγείωσης, απογείωσης και προσέγγισης.

Άλλη μία ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι η δημιουργία ναυτικών σταθμών, που είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου, της ατμοσφαιρικής πίεσης των νεφών (ποσότητα, μεγέθη και ύψος), της ορατότητας, της θερμοκρασίας και πολλών άλλων παραγόντων που θα ήταν σημαντικοί ως πληροφορίες στα πλοία που διέρχονται από τα συγκεκριμένα μέρη. Τέλος, μία πολύ σημαντική πληροφορία που θα μπορούσε να διαβιβαστεί είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση των ωκεάνιων ρευμάτων, καθώς και του βάθους του θαλάσσιου πυθμένα, έτσι ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατό τα διάφορα θαλάσσια ατυχήματα.

Πάραυτα, η πιο ενδιαφέρουσα μελλοντική εφαρμογή, θα ήταν αυτή των οδικών σταθμών, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες ελέγχου του εξαερισμού των σηράγγων και του φωτισμού των εθνικών οδών, της ανίχνευσης της μέσης ταχύτητας των οχημάτων, της μέτρησης της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου, καθώς και άλλων κλιματολογικών παραμέτρων. Ένα αρκετά σημαντικό πλήθος εφαρμογών θα ήταν οι

πληροφορίες της σχετικής υγρασίας του οδοστρώματος, του μεγέθους της βροχόπτωσης και της χιονόπτωσης, του βάθους του χιονιού, της ορατότητας επί του οδοστρώματος, της κυκλοφοριακής πυκνότητας και της ολισθηρότητας του οδοστρώματος.

Με περαιτέρω μελλοντικές βελτιώσεις, μπορεί να παραχθεί ένας σύγχρονος και αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός, οποίος είναι σε θέση να παρέχει όλες τις πληροφορίες που παρέχουν όμοιοι του στο εμπόριο, και να δίνεται η δυνατότητα άμεσης επεξεργασίας οποιασδήποτε πληροφορίας απαιτεί ο χρήστης.

Επιπλέον, ανάλογα με την απαιτούμενη εφαρμογή, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ψηφιακών καταγραφών που δεν αφορούν μόνο τις κλιματολογικές αλλαγές ή συνθήκες, αλλά οποιουδήποτε φαινομένου απαιτείται, με τη χρήση των κατάλληλων αισθητήρων.

Τέλος, είναι αρκετά σημαντικό να αναφερθεί ότι μπορεί να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο δίκτυο παροχής πληροφοριών για οποιαδήποτε χρήση, το οποίο είναι αρκετά αξιόπιστο και χαμηλού κόστους, με τη χρήση των ασύρματων επικοινωνιών και αισθητήρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

- A: <http://arduino.cc>
www.arduinhnev.blogspot.com
- B: Banzi, M., (2009). *Getting Started with Arduino*, 1st edition, Italy
ISBN - 0596155514
<http://blushingboy.net>
<http://blog.makezine.com>
<http://braindrink.wordpress.com>
- C: www.cs.colorado.edu
- D: <http://dailyduino.com>
- E: Evans, B., (2007), *Arduino Programming Notebook*, 2st edition, California
- F: <http://www.flickr.com/photos/tags/arduino/>
www.freeduino.org
- G: Greenberg, I., (2007), *Processing: Creative Coding and Computational Art*, 1st edition, New York
ISBN – 10: 1-59059 – 617 - X
www.glacialwanderer.com
www.grayfuse.com/blog/?p=15

- I:** Igoe, T., (2007). *Making Things Talk*, 1st edition, California: O' Reilly Media
ISBN – 10: 0-596-51051-9
<http://itp.nyu.edu/physcomp/Labs/Labs>
- K:** www.kitchenbudapest.hu/en
- L:** www.libelium.com
www.ladyada.net/learn/arduino/index.html
- N:** Noble, J., (2009), *Programming interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino and openFrameworks*, 1st edition, California: O' Reilly Media
ISBN – 0596154143
- R:** Reas, K., (2007), *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*, 1st edition, California: O' Reilly Media
www.robot-overlord.blogspot.com
- S:** Stroustrup, B., (2003), *Η Γλώσσα Προγραμματισμού C++*, 3rd edition, (μτφρ Τ. Άλβας). Αθήνα: Κλειδάριθμος
Shiffman, D., (2008) *Learning Processing: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation and Interaction*, 1st edition, USA
ISBN: 978 – 0 - 12 -373602 - 4
www.sensirion.com
www.smartprj.com
<http://solderintheveins.co.uk/>
www.smartdesignworldwide.com

T: www.todbot.com/blog/bionicarduino/
<http://tinker.it>

W: www.wiring.org.co/