

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Π.Μ.Σ. “ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων
αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση,
κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων.**

Κωνσταντίνος Α. Δημόπουλος

Εισηγητής: Αναστασία Βελώνη, Καθηγητής

**ΑΘΗΝΑ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018**

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων.

**Κωνσταντίνος Α. Δημόπουλος
Α.Μ. 0092**

Εισηγητής:

Αναστασία Βελώνη, Καθηγητής

Εξεταστική Επιτροπή:

**Γεώργιος Αρμένης, Καθηγητής
Θεμιστοκλής Σιάντος, Επίκουρος Καθηγητής**

Ημερομηνία εξέτασης 17/5/2015

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οκάτωθι υπογεγραμμένος Δημόπουλος Κωνσταντίνος του Αθανασίου με αριθμό μητρώου ais0092 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή που παρουσιάζεται ολοκληρώθηκε και στα πλαίσια αυτού θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές του ΠΜΣ για τις βάσεις που έθεσαν προκειμένου να διευρύνουμε τους ορίζοντες μας σε καινούργιο γνωστικό αντικείμενο για εμάς.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω την σύζυγο μου, Βασιλική για την στήριξη της και κατά την διάρκεια των μαθημάτων αλλά και κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο μου, Γιάννη Τσίγκο για την αμέριστη βοήθεια του όσο αφορά τα προβλήματα και τις απορίες που προέκυψαν κατά την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής.

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την δημιουργία καταγραφικού σημάτων αναλυτών ρύπων σε καμινάδες βιομηχανίας ρεύματος 0- 20 mA. Σκοπός μας είναι να αποδείξουμε ότι με την χρήση του Arduino μπορεί να κατασκευαστεί ένα καταγραφικό ακριβείας που λόγω κόστους είναι μία πολύ συμφέρουσα επιλογή. Γίνεται κατάλληλη επεξεργασία των αποτελεσμάτων έτσι ώστε να αποδειχθεί ότι μετράει σωστά και δίνετε ένα παράδειγμα κανονικοποίησης δεδομένων και επιβεβαίωσης συνάρτησης βαθμονόμησης ενός αναλυτή με συγκριτικές μετρήσεις.

Ακόμα προστέθηκαν αισθητήρια για την δημιουργία μετεωρολογικού σταθμού προκειμένου να μας δείχνουν τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μέτρησις

ABSTRACT

The present thesis concerns the development of a datalogger with an Arduino Mega which has the purpose to logging data from a continuous emission measuring system (current range 0 – 20 mA). With this thesis we could achieve a value for money offer. Furthermore, we retrieve the data from datalogger and we proof that it is measuring correctly. After that we offer an example with normalization of the results and validity of the calibration function of cems.

Moreover, we create an meteorological station to show the conditions that appears in the measuring place.

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας	12
1.2 Εισαγωγή στο Arduino	12
1.3 τύποι Arduino	13
1.3.1 Arduino micro	13
1.3.2 arduinonano.....	13
1.3.3 arduinouno	14
1.3.4 arduinomega.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	16
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
2.1 ArduinoMega	16
2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά ILI9341 (3,2" TouchScreen και Datalogger)	17
2.3 Αναλογική Είσοδος	17
2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά αισθητηρίων μετεωρολογικού σταθμού	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	22
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
3.1 Περιβαλλοντική Νομοθεσία (Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/ 75/ εε)	22
3.2 EN14181	23
3.2.1 QAL2	24
3.2.2 AST (AnnualSurveillancetest)	25
3.3 ΧΗΜΕΙΟΦΩΤΑΥΓΕΙΑ	25
3.4 NDIR- non Dispersive Infrared Analysis	25
3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΛΥΝΤΡΙΔΩΝ	26
3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΖΥΓΙΣΗΣ ΦΙΛΤΡΟΥ	26

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

3.7 SORBENTTUBE	26
3.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ 24ΩΡΩΝ ΑΝΑΛΥΤΩΝ	27
3.8.1 DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy).....	27
3.8.2 TRANSMISSION – EXTINCTION / SCATTEREDLIGHT	28
3.8.3 IRFILTER	29
3.8.4 TDLAS.....	30
3.8.5 ΑΛΛΑΓΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	30
3.8.6 ΝΟΜΟΣ LAMBERT – BEER	30
3.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
4.1. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ	32
4.2. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΚΕΤΑΣ	32
4.3. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	42
5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	42
5.2 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	46
5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ .47	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΠΛΗΡΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΣΧΗΜΑΤΙΚΟΦΥΣΙΚΩΝΥΛΙΚΩΝ	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΑΚΕΤΑΣ	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ	64
Βιβλιογραφία	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία περιγραφή της παρούσας διπλωματικής. Επίσης γίνεται και μια περιγραφή στα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την υλική υλοποίηση της.

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία, μέσω ArduinoMega ενός μετεωρολογικού σταθμού με παράλληλη λειτουργία ενός συστήματος εγγραφής δεδομένων που θα εγγράφει και τα δυναμικά δεδομένα που θα λαμβάνονται από τις αναλογικές εισόδους του συστήματος που θα συνδέονται με 24ωρους αναλυτές αερίων. Έτσι θα γίνεται παράλληλη εγγραφή δεδομένων και αφού θα γίνεται ανάλυση και κανονικοποίηση σύμφωνα με πρότυπες μεθόδους μετρήσεων θα γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων με σκοπό την επικύρωση της ακρίβειας του συστήματος μέτρησης.

1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ARDUINO

Arduinoλέμε την ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που είναι βασισμένη σε ταυτόχρονη χρησιμοποίηση λογισμικού και υλικού. Η υλοποίηση γίνεται σε πλακέτες (Arduinoboards) που έχουν την δυνατότητα να διαβάζουν ,στις εισόδους, αισθητήρια, τάση κ.ο.κ. και να το μετατρέπει, με κατάλληλο προγραμματισμό, σε εξόδους για μεγάλο εύρος λειτουργιών (λειτουργία μοτέρ, ενεργοποίηση λαμπτήρα). Για να γίνει αυτός ο προγραμματισμός χρησιμοποιείτε η γλώσσα προγραμματισμού Arduino και το κατάλληλο πρόγραμμα Arduino. Στην πορεία των χρόνων ο μικροελεγκτής έχει γίνει το 'μυαλό' σε χιλιάδες εφαρμογές. Το χρησιμοποιούν από ερασιτέχνες χωρίς ιδιαίτερο προγραμματιστικό υπόβαθρο έως και επαγγελματίες. Αρχικά δημιουργήθηκε για μαθητές αλλά όταν αγκαλιάστηκε ευρύτερα από το κοινό χρησιμοποιήθηκε σε χιλιάδες εφαρμογές (π.χ. wearables). Η χωρίς περιορισμούς χρήση, η προσβασιμότητα από οποιοδήποτε λογισμικό υπολογιστών, ο σχετικά εύκολος προγραμματισμός και η χαμηλή του τιμή είναι τα πλεονεκτήματα αυτής της πλατφόρμας που την καθιστούν κυρίαρχο στον τομέα των μικροελεγκτών(μετ. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>).

Γιατί όμως να διαλέξουμε το Arduino:

Υπάρχει πληθώρα άλλων μικροελεγκτών και αναπτυξιακών στο εμπόριο για να ασχοληθεί κάποιος εκεί έξω. Όλα αυτά τα εργαλεία που προαναφέραμε είναι απλά και για τον αρχάριο χρήστη καθώς "κρύβουν" τις δύσκολες λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής και επιτρέπουν τον άμεσο προγραμματισμό του μικροελεγκτή, προσφέροντας τα πάντα σε ένα και μόνο "πακέτο" έτοιμο για χρήση. Το Arduino διαφέρει από τα προηγούμενα γιατί απλοποιεί την διαδικασία να δουλεύει κάποιος με μικροελεγκτές, αλλά κάποια πλεονεκτήματα που προσφέρει σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές για χρήση από δασκάλους, μαθητές και άλλους είναι τα παρακάτω:

- Φθηνός: Οι πλακέτες του Arduino είναι εξαιρετικά φθηνές σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Ειδικά δε μπορεί με τα σχηματικά που κυκλοφορούν στο Internet να κατασκευάσει κάποιος την φθηνότερη έκδοση ενός Arduino. Ωστόσο ακόμα και αν προμηθευτεί την έτοιμη αυτή θα κοστίσει το μέγιστο 50 euro ανάλογα με την έκδοση.
- Πληθώρα Λειτουργικών Συστημάτων: Το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino είναι για Windows, Machinstoh OSX και για λειτουργικά συστήματα Linux.

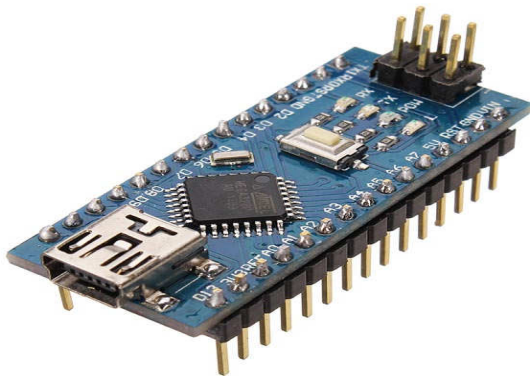
Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

- Απλό, ξεκάθαρο προγραμματιστικό περιβάλλον: Το περιβάλλον προγραμματισμού ενός Arduino ενδείκνυται για αρχάριους, αλλά είναι ταυτόχρονα και ευέλικτο και για πιο προχωρημένους χρήστες.
- Ανοιχτού λογισμικού και λογισμικού που επεκτείνεται και παραμετροποιείται: Το software του Arduino διανέμεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και είναι διαθέσιμο προς επέκταση για έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα προγραμματισμού του μπορεί να επεκταθεί διαμέσου των βιβλιοθηκών την C++ και οι άνθρωποι που θέλουν να ασχοληθούν περισσότερο με τους μικροελεγκτές μπορούν να μεταβούν από τον Arduino στην AVR C που είναι για προγραμματισμό των Atmel Μικροελεγκτών και η γλώσσα στην οποία βασίστηκε το λογισμικό του Arduino. Ομοίως μπορεί κάποιος να προσθέσει κώδικα της AVR-C στο πρόγραμμα που έχει γράψει για τον Arduino του.
- Ανοιχτού Υλικού το οποίο μπορεί να επεκταθεί: Το Arduino βασίζεται στους μικροελεγκτές της Atmel. Τα σχηματικά για τα αναπτυξιακά είναι κάτω από την άδεια της Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να κατασκευάσουν το δικό τους αναπτυξιακό, εξελίσσοντας το ήδη υπάρχον χωρίς να έχουν νομικά προβλήματα. Η ακόμη καλύτερα όχι τόσο έμπειροι χρήστες μπορούν να επιδιώξουν την αντιγραφή και κατασκευή της πλακέτας σε ράστερ για να καταλάβουν την λειτουργία ενός Arduino. Επίσης υπάρχουν πλακέτες επέκτασης, λεγόμενες ως shields για μεγαλύτερη επεκτασιμότητα σε αυτό που προσπαθούμε να φτιάξουμε. Μερικές shields που υπάρχουν είναι η Ethernet, Bluetooth, gsm, sd card και άλλες.

1.3 ΤΥΠΟΙ ARDUINO

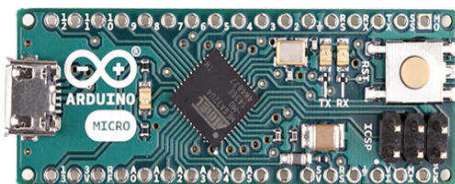
Ακολουθούν οι κυριότεροι τύποι Arduino

1.3.1 ARDUINO MICRO



Το Arduino Micro είναι το μικρότερο board. Είναι βασισμένο στον μικροελεγκτή ATmega32U4. Έχει 20 εισόδους και εξόδους. Συνδέεται με καλώδιο usb.

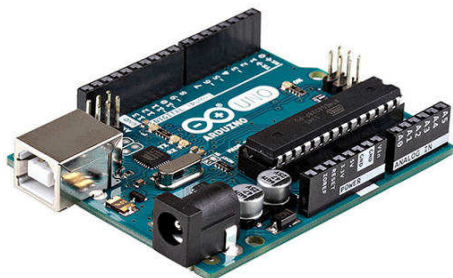
1.3.2 ARDUINO NANO



Μικρό και εύχρηστο για μικρής έκτασης εφαρμογές. Στηρίζεται στο ATmega328 (Nano 3.x) ή στο ATmega168 (Nano 2.x). Η τροφοδοσία του δίνεται μόνο από καλώδιο usb

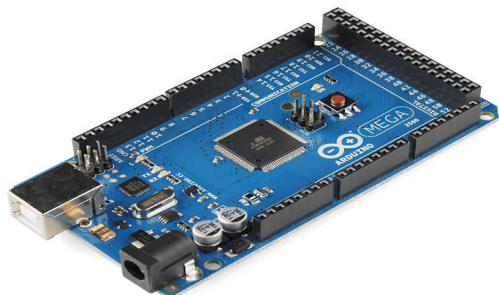
Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

1.3.3 ARDUINOUNO



Το UNO είναι το καλύτερο σύστημα για το ξεκίνημα και την εξοικείωση στους τομείς των ηλεκτρονικών και του προγραμματισμού. Χρησιμοποιείται από τους περισσότερους προγραμματιστές. Είναι βασισμένο στο ATmega328P. Έχει 14 ψηφιακές εισόδους και εξόδους, 6 αναλογικές εισόδους, 16MHz κρύσταλλο, ανεξάρτητη σύνδεση με παροχή DC είτε από υπολογιστή είτε από μπαταρία.

1.3.4 ARDUINOMEGA



Το Arduino MEGA 2560 είναι το μεγαλύτερο σύστημα και έχει σχεδιαστεί για πιο σύνθετα project. Είναι σχεδιασμένο με βάση τον μικροελεγκτή ATmega2560. Έχει 54 ψηφιακές εισόδους- εξόδους, 16 αναλογικές εισόδους, 16MHz κρύσταλλο, 4 υποδοχές για σειριακές συνδέσεις, ανεξάρτητη σύνδεση με παροχή DC είτε από υπολογιστή είτε από μπαταρία. Τέλος είναι συμβατό με τα περισσότερα shield του uno.

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Ακολουθεί πίνακας με τα ακριβή χαρακτηριστικά των μικροελεκτών που προαναφέρθηκαν καθώς και κάποιων που έχουν καταργηθεί

	Επεξεργ	Τάση Λειτουργίας/ Τάση εισόδου	Ταχύτητα CPU	Analog IN/OUT	Digital IO/PWM	EEPROM (k0B)	SRAM (KB)	FLASH (KB)	UART
Uno	ATmega 328	5 V/7-12 V	16 Mhz	6/0	14/6	1	2	32	1
Due	AT91SA M3X8E	3.3 V/7-12 V	84 Mhz	12/2	54/12	-	96	512	4
Leonard o	ATmega 32u4	5 V/7-12 V	16 Mhz	12/0	20/7	1	2.5	32	1
Mega 2560	ATmega 2560	5 V/7-12 V	16 Mhz	16/0	54/15	4	8	256	4
Mega ADK	ATmega 2560	5 V/7-12 V	16 Mhz	16/0	54/15	4	8	256	4
Micro	ATmega 32u4	5 V/7-12 V	16 Mhz	12/0	20/7	1	2.5	32	1
Mini	ATmega 328	5 V/7-9 V	16 Mhz	8/0	14/6	1	2	32	-
Nano	ATmega 168 ATmega 328	5 V/7-9 V	16 Mhz	8/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την δημιουργία του datalogger χωρίζουμε την εργασία σε δύο σκέλη. Πρώτον σε αυτό που κάνουμε λήψη και καταγραφή δεδομένων των καιρικών συνθηκών μέσω αισθητηρίων θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός, πίεσης και δεύτερον σε αυτό που κάνουμε λήψη και αποθήκευση δεδομένων από αναλυτές εικοσιτετράωρης μέτρησης ρύπων με σκοπό την απόδειξη της ορθής λειτουργίας του και την εγκυρότητα της συνάρτηση βαθμονόμησης του μηχανήματος. Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιούμε τις αναλογικές εισόδους του ελεγκτή. Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν

2.1 ARDUINOMEGA

Το Arduino Mega 2560 έχει την ίδια επεξεργαστική ισχύ με το UNO (AVR – 8bit, 16MHz) αλλά διαθέτει πάρα πολύ περισσότερη μνήμη και περισσότερες αναλογικές και ψηφιακές συνδέσεις (I/O pins). Το Arduino Mega 2560 R3 είναι μια πλακέτα βασισμένη στον μικροελεγκτή ATmega2560. Διαθέτει υποδοχή τροφοδοσίας, σύνδεση USB, 54 ψηφιακές εισόδους/εξόδους (15 από αυτές με δυνατότητα PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (σειριακές συνδέσεις με pc ή άλλα Arduino), ρολόι στα 16 MHz, υποδοχή ICSP και κουμπί reset.

Το Mega 2560 R3 είναι συμβατό με τα περισσότερα shields επέκτασης για το UNO.

Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ArduinoMega:

Μικροελεγκτής	ATmega 2560
Τάση λειτουργίας	5V
Προτεινόμενη τάση εισόδων	7 - 12V
Όριο τάσης εισόδου	6 – 20V
Ψηφιακές εισοδοί – έξοδοι (I/O)	54 (15 για PWM)
Αναλογικές εισοδοί	16
DC ρεύμα για κάθε I/O	20mA
DC ρεύμα για pin με 3,3V	50mA
Μνήμη	256kB (8kB bootloader)
SRAM	8kB
EEPROM	4kB
Clock speed	16MHz
Μήκος	101,52mm
Πλάτος	53,3mm
Βάρος	37g

(Σχηματικό του κυκλώματος υπάρχει στο παράρτημα Β)

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

2.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ILI9341 (3,2" TOUCHSCREEN ΚΑΙ DATALOGGER)



Για την προβολή των αποτελεσμάτων σε οθόνη χρησιμοποιήσαμε shield που συνδέεται απευθείας στο Arduino Mega. Το shield αυτό χωρίζεται σε 2 κομμάτια. Το ένα είναι η LCD οθόνη που χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή ILI 9341 και μπορεί να υποστηρίξει αφή μέσω του δεύτερου κομματιού του shield και συμπεριλαμβάνει θύρα sd για εγγραφή δεδομένων. Το δεύτερο κομμάτι είναι αυτό που βάζουμε στο Arduino Mega και βοηθάει στην απευθείας σύνδεση με την οθόνη και την χρήση αφής.

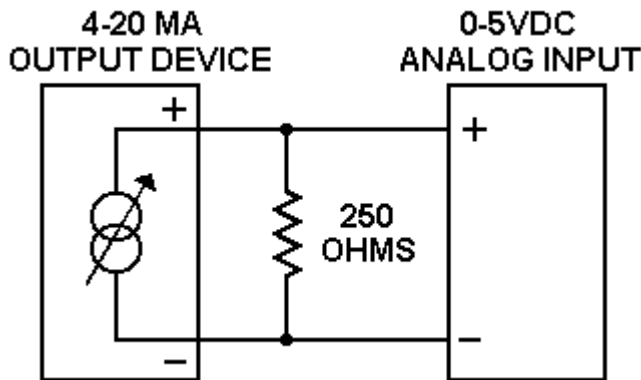
Αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά

Τυπική τάση λειτουργίας	5
Ανάλυση Οθόνης	240 x 320 pixels
Μέγεθος	3.2"
Χρώματα	65K
Μικροελεγκτής	ILI9341
Μήκος	79.3mm
Πλάτος	57.5mm

https://www.itead.cc/wiki/Arduino_3.2_TFT_LCD_Touch_Shield_V2

(Σχηματικό του κυκλώματος υπάρχει στο παράρτημα Β)

2.3 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ



Οι αναλυτές ρύπων (όπως και πολλές συσκευές αυτοματισμού) για την λήψη των σημάτων τους χρησιμοποιούν αναλογικές εξόδους που δίνουν σήμα ρεύματος 4 – 20 mA. Επειδή το Arduino στις αναλογικές εισόδους λαμβάνει σήμα σε volt θα πρέπει να μετατρέψουμε το εισερχόμενο σήμα από ρεύμα σε μέγιστη τάση 5V. Αυτό το κάνουμε βάζοντας μία αντίσταση παράλληλα στην είσοδο του Arduino όπως φαίνεται στο σχήμα

2.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήσαμε είναι τα εξής:

- Για την θερμοκρασία το DS1820
- Για την υγρασία το DHT-11 (μετράει και θερμοκρασία το συγκεκριμένο αισθητήριο χωρίς όμως μεγάλη ακρίβεια
- Φωτοαντίσταση για την ένταση του φωτός
- BMP180για την πίεση

Τα αισθητήρια θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης συνδέονται στις ψηφιακές εισόδους ενώ η φωτοαντίσταση συνδέεται σε αναλογική είσοδο. Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητηρίων

DS1820

Το αισθητήριο θερμοκρασίας που χρησιμοποιήσαμε έχει εύρος -55°C έως 125°C ενώ έχει περιθώριο σφάλματος στις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος $0,5^{\circ}\text{C}$. Αναλυτικά:

Εύρος λειτουργίας	$-55^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$	
Τάση λειτουργίας	3 – 5,5V	
Ανοχή	$-10^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
	$-55^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$	$\pm 2,0^{\circ}\text{C}$
EEPROM writes	50k writes	
Χρόνος μετατροπής της θερμοκρασίας	9bit	93,75ms
	10bit	187,5ms
	11bit	375ms
	12bit	750ms

Πίνακας σχέσης

Θερμοκρασία	DIGITALOUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
125	0000 0111 1101 0000	07D0h
85	0000 0101 0101 0000	0550h
25,0625	0000 0001 1001 0001	0191h
10,125	0000 0000 1010 0010	00A2h
0,5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

-0,5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10,125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25,0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

DHT-11

Το συγκεκριμένο αισθητήριο μετράει και υγρασία και θερμοκρασία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα χρειαστούμε την υγρασία διότι για την θερμοκρασία χρησιμοποιούμε το DS1820 που έχει μεγαλύτερη ευαισθησία και μικρότερη ανοχή. Αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητηρίου:

Εύρος λειτουργίας	20% – 90%
Τυπική Τάση λειτουργίας	5V
Ανοχή	± 5 %
Τυπικός Χρόνος Απόκρισης	10 sec

Η διαδικασία της επικοινωνίας ξεκινάει όταν το Arduino στέλνει πρώτο σήμα, ο αισθητήρας μεταβαίνει από την χαμηλής-κατανάλωσης λειτουργία σε κανονική λειτουργία περιμένοντας το Arduino να τελειώσει με την διαδικασία. Τότε ο αισθητήρας απαντάει στο Arduino με σήμα δεδομένων των 40bit που περιλαμβάνουν τις πληροφορίες για την υγρασία και την θερμοκρασία. Συγκεκριμένα:

- 8 bit για την τιμή της υγρασίας
- 8 bit για την αέραια τιμή της υγρασίας
- 8 bit για την τιμή της θερμοκρασίας
- 8 bit για την αέραια τιμή της θερμοκρασίας
- 8 bit για το bit ελέγχου ισοτιμίας των δεδομένων.

Στην συγκεκριμένη διπλωμαική όπως προαναφέρθηκε θα χρησιμοποιηθούν μόνο τα δεδομένα της υγρασίας

<http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>

Φωτοαντίσταση

Για ένδειξη της έντασης του φωτός χρησιμοποιήσαμε την αναλογική έξοδο φωτοαντίστασης.

Ο αισθητήρας φωτός είναι φτιαγμένος από υψηλής αντίστασης ημιαγωγό. Στο σκοτάδι ο αισθητήρας μπορεί να έχει αντίσταση της τάξης των MΩ, σε αντίθεση με συνθήκες φωτεινότητας όπου ο αισθητήρας έχει αντίσταση της τάξης των λίγων εκατοντάδων Ω.

Η συγκεκριμένη φωτοαντίσταση έχει και ποτενσιόμετρο για να ρυθμίζει την ευαισθησία της αντίστασης.

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

BMP180

Το συγκεκριμένο αισθητήριο μετράει την βαρομετρική πίεση. αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά:

Εύρος λειτουργίας	300 - 1100 hPa
Τυπική Τάση λειτουργίας	3,3V
Ανοχή	700 - 1050 hPa/ ± 0.12 hPa
	300 – 1100hPa/ -4.0 - +2.0 hPa
Τυπικός Χρόνος Απόκρισης	5sec

https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmp180

Ο αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης BMP180 της εταιρίας υπολογίζει την βαρομετρική πίεση της ατμόσφαιρας. Ακόμα επειδή η πίεση αλλάζει σύμφωνα με το υψόμετρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν μετρητής υψόμετρου. Ο αισθητήρας είναι κολλημένος σε PCB με ρυθμιστή τάσης 3.3V, I2C level shifter και pull-up αντίσταση στο I2C ακροδέκτη. Στο εσωτερικό του υπάρχει ένας αισθητήρας πιεζοηλεκτρικής αντίστασης, ένας αναλογικός σε ψηφιακός μετατροπέας και μία μονάδα ελέγχου με EEPROM και σειριακή I2C διεπαφή.

Οι συνδεσμολογίες των αισθητηρίων με το Arduino βρίσκονται στο παράρτημα Β

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να κατανοήσουμε πλήρως την ανάγκη χρήσης αυτομάτων συσκευών δειγματοληψίας θα πρέπει να κατανοήσουμε κάποια βασικά στοιχεία από την ευρωπαϊκή νομοθεσία που οδήγησαν στην αναγκαιότητα χρήσης αυτών των συσκευών και ταυτόχρονα την απαραίτητη χρήση ενός καταγραφικού δεδομένων που σε παράλληλη λειτουργία με μετρήσεις απαερίων από φυσικό προσωπικό αποδεικνύεται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που δίνονται στις αρχές. Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουν περιληπτικά η τελευταία περιβαλλοντική οδηγία που αφορά αποκλειστικά τους ρύπους στο περιβάλλον (θα τονιστούν τα σημεία που στην παρούσα πτυχιακή μας ενδιαφέρουν) καθώς και κάποια πρότυπα EN, ISO που αφορούν τις μετρήσεις.

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2010/ 75/ ΕΕ)

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2010/75/ΕΕ είναι η τελευταία οδηγία που ασχολείται αποκλειστικά με τους περιβαλλοντικούς ρύπους (ατμοσφαιρικούς, υδάτινους, εδάφους) και σε αυτήν υπάρχουν όλες οι προσθήσεις ή διορθώσεις προηγούμενων οδηγιών που κρίθηκε απαραίτητο ότι έπρεπε να γίνουν.

Αρχικά οι περιβαλλοντικοί όροι αναλύονται ως εξής:

«ρύπανση»: η άμεση ή έμμεση εισαγωγή στην ατμόσφαιρα, τα ύδατα ή το έδαφος, ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, ουσιών, κραδασμών, θερμότητας ή θορύβου που ενδέχεται να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον, να υποβαθμίσουν υλικά αγαθά, να παραβιάσουν ή να εμποδίσουν την ψυχαγωγική λειτουργία καθώς και τις άλλες νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος⁽¹⁾

«εκπομπή»: η άμεση ή έμμεση απόρριψη ουσιών, κραδασμών, θερμότητας ή θορύβου στην ατμόσφαιρα, τα ύδατα ή το έδαφος από σημειακές ή διάχυτες πηγές της εγκατάστασης⁽²⁾

«οριακή τιμή εκπομπών»: η μάζα, εκφρασμένη σε ορισμένες ειδικές παραμέτρους, η συγκέντρωση ή/και η στάθμη μίας εκπομπής, της οποίας δεν επιτρέπεται η υπέρβαση κατά τη διάρκεια μιας ή περισσότερων συγκεκριμένων χρονικών περιόδων⁽³⁾

Εισαγωγικά η οδηγία αναφέρει ότι «Για να προληφθεί, να μειωθεί και, στο μέτρο του δυνατού, να εξαλειφθεί η ρύπανση που οφείλεται σε βιομηχανικές δραστηριότητες, σύμφωνα με την αρχή «**ο ρυπαίνων πληρώνει**» και την αρχή της πρόληψης της ρύπανσης, απαιτείται η θέσπιση γενικού πλαισίου για τον έλεγχο των κύριων βιομηχανικών δραστηριοτήτων με ενέργειες κατά προτεραιότητα στην πηγή, καθώς και με την εξασφάλιση συνετής διαχείρισης των φυσικών πόρων και λαμβάνοντας υπόψη, όποτε αυτό είναι απαραίτητο, τις οικονομικές συνθήκες και τις τοπικές ιδιαιτερότητες της περιοχής στην οποία αναπτύσσεται η βιομηχανική δραστηριότητα.»⁽⁴⁾. Επίσης «Προκειμένου να διασφαλισθούν η πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης, κάθε εγκατάσταση θα πρέπει να λειτουργεί μόνον εάν κατέχει άδεια»⁽⁵⁾ με βασική προϋπόθεση ότι «Η άδεια θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα για να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του και να διασφαλισθεί ότι η εγκατάσταση λειτουργεί σύμφωνα με τις γενικές αρχές που διέπουν τις βασικές υποχρεώσεις του φορέα εκμετάλλευσης. Η άδεια θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει οριακές τιμές εκπομπών για τις ρυπαντικές ουσίες ή ισοδύναμες παραμέτρους ή τεχνικά μέτρα, κατάλληλες απαιτήσεις για την προστασία του εδάφους και των υπόγειων υδάτων και απαιτήσεις σχετικά με την παρακολούθηση. Οι όροι της άδειας θα πρέπει να καθορίζονται βάσει βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών.»⁽⁶⁾.

Αυτά τα βασικά στοιχεία που αναφέρθηκαν μας δείχνουν την βαρύτητα που δίνεται στην ΕΕ η προστασία του περιβάλλοντος, όπως επίσης και η διανομή των αντίστοιχων ευθυνών. Δεν είναι τυχαία το ρυτό που χρησιμοποιούν «ο ρυπαίνων πληρώνει» διότι και συνολικά στην ίδια οδηγία δίνεται βαρύτητα στην δημιουργία βέλτιστων τεχνικών σε όλες τις βιομηχανίες με σκοπό την μείωση των ρύπων. Είναι φυσιολογικό κάποιες μονάδες διωλιστηρίων που πραγματοποιούν καύση και επεξεργασία αργού πετρελαίου επί 24ώρου βάσεως να ρυπαίνουν περισσότερο από μία μονάδα που κάνει επεξεργασία ορυκτού υλικού για την εξαγωγή συγκεκριμένου υλικού και δουλεύει κάποιες συγκεκριμένες ώρες τις μέρας, ανάλογα με τις απαιτήσεις των πελατών τους. Σε αυτή την περίπτωση αυτές οι δύο μονάδες δεν μπορούν να επωμιστούν τα ίδια οικονομικά βάρη. Η μία βιομηχανία θα πρέπει να βρει βέλτιστες τεχνικές για την μείωση των ρύπων ενώ η άλλη υπάρχει πιθανότητα να λειτουργεί ως έχει.

Από την άλλη μεριά η ΕΕ παρέχει ευελιξία στην διαχείριση των εκπομπών διότι από την φύση της μία παραγωγική διαδικασία μπορεί να είναι ρυπογόνα. Όποτε θα πρέπει να βελτιωθεί η διαδικασία παραγωγής για να μειωθούν οι ρύποι, συμπεριλαμβάνοντας όμως υπόψη την βιωσιμότητα της εταιρίας. Αναλυτικά «Είναι σημαντική η παροχή επαρκούς ευελιξίας στις αρμόδιες αρχές για τον καθορισμό οριακών τιμών εκπομπών οι οποίες διασφαλίζουν ότι, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, οι εκπομπές δεν υπερβαίνουν τα επίπεδα εκπομπών που συνδέονται με τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές.»⁽⁷⁾ και « Προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη ορισμένες ειδικές περιστάσεις, όταν η εφαρμογή των επιπέδων εκπομπών που συνδέονται με τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές θα οδηγούσε σε δυσανάλογα υψηλό κόστος σε σχέση με τα περιβαλλοντικά οφέλη, οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να μπορούν να καθορίζουν οριακές τιμές εκπομπών οι οποίες παρεκκλίνουν από τα επίπεδα αυτά.»⁽⁸⁾.

Στην συνέχεια η οδηγία που αναφέρουμε δίνει κάποιες κατευθύνσεις για τις οριακές τιμές σε συγκεκριμένες παραγωγικές διαδικασίες (π.χ. καύση) καθώς και τι θα πρέπει να ακολουθούν οι βιομηχανίες και οι αρχές για να βελτιώνουν τις εκπομπές μέσω βέλτιστων τεχνικών διαχείρισης.

Τα άρθρα 38, 70 είναι αυτά που δίνουν την κατεύθυνση για το πότε και πόσο συχνά θα πρέπει μονάδες παραγωγής να μετρούν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και να διαθέτουν βέλτιστες τεχνικές προς βελτίωση τους. Το μεν άρθρο 38 είναι αυτό που μας ορίζει τα όρια μέσω του παραρτήματος της οδηγίας ενώ το άρθρο 70 εξηγεί τις κινήσεις που πρέπει να γίνουν σε περίπτωση που χρειάζεται να γίνουν μετρήσεις από φυσικό προσωπικό

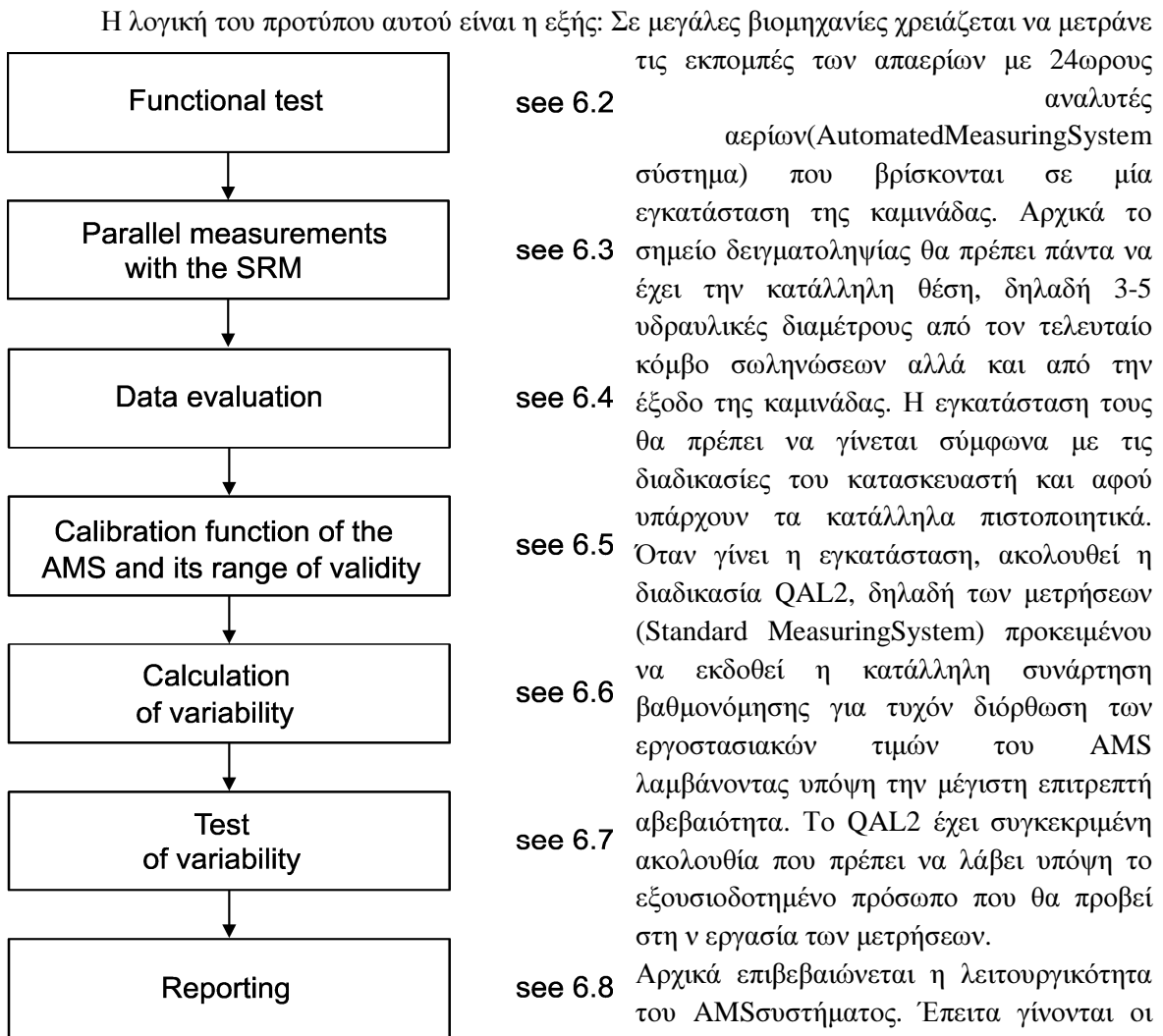
Η συγκεκριμένη ευρωπαϊκή οδηγία είναι και αυτή που δίνει τις κατευθύνσεις για τον τρόπο που θα γίνεται ο έλεγχος των εκπομπών στην ατμόσφαιρα αλλά για τις πρότυπες περιβαλλοντικών μετρήσεων που πρέπει να ακολουθούνται προκειμένου να επιβεβαιώνουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που εκδίδονται. Το πρότυπο ELOTEN14181:2015 είναι αυτό που έχει εκδοθεί για αυτό το σκοπό και θα ακολουθήσει η περιγραφή του

3.2 EN14181

Το συγκεκριμένο πρότυπο είναι η βάση για όλη την διαδικασία του ελέγχου των εκπομπών καυσαερίων αλλά και του ελέγχου της αξιοπιστίας τους. Στο πρότυπο EN 14181:2015 θα ασχοληθούμε με τις διαδικασίες QAL2 και AST διότι είναι αυτά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή τους.

(1) – (8) Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/75/ΕΕ σελ. L334/ 17- L334/ 19

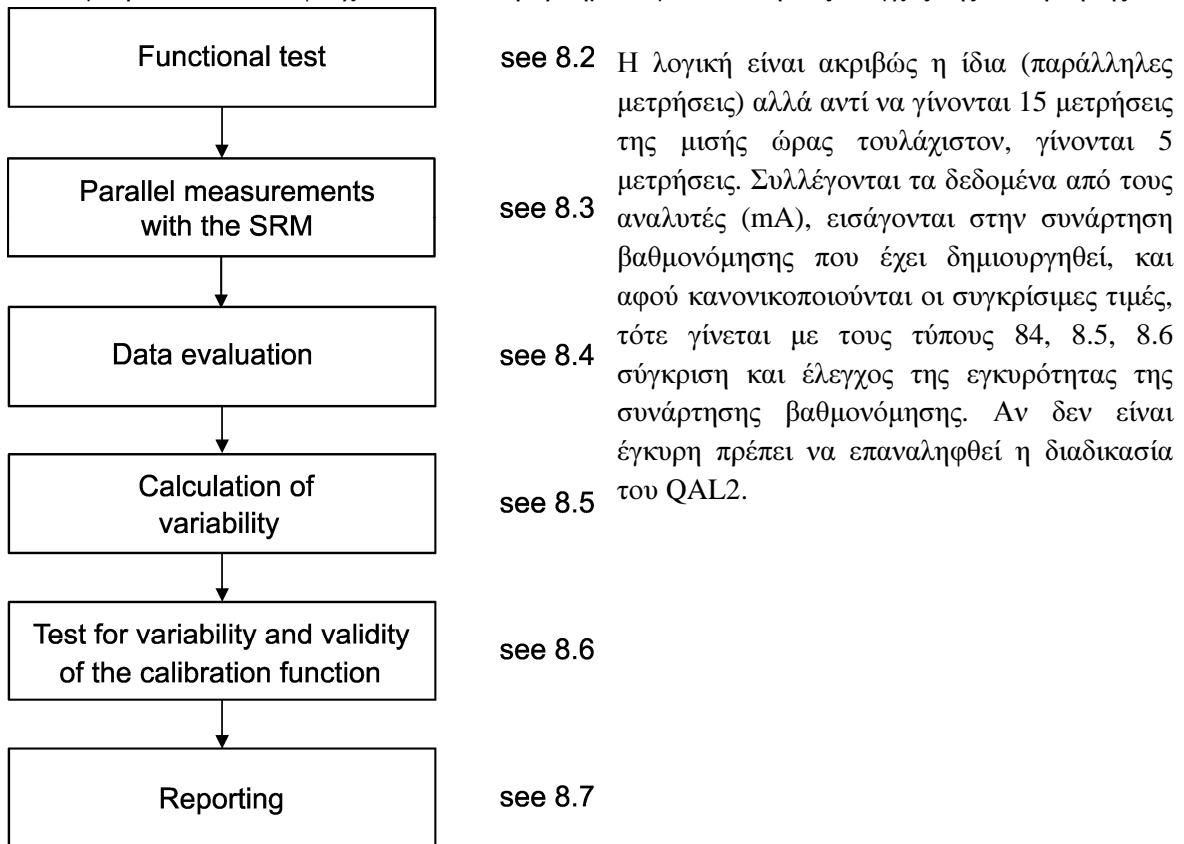
3.2.1 QAL2



πρέπει να γίνονται σύμφωνα με πρότυπες μεθόδους προκειμένου να θεωρηθούν έγκυρες. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι για να θεωρηθεί ένα QAL2 θα πρέπει να πραγματοποιηθούν τουλάχιστον 15 μετρήσεις των 30 λεπτών η κάθε μία. Ταυτόχρονα λαμβάνονται τα σήματα σεM τουAMS συστήματος. Αφού τελειώσει η διαδικασία αυτή γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αρχικά γίνεται σύγκριση των τιμών κατά αναλογία προκειμένου να μην υπάρχουν αποκλίσεις που δεν δικαιολογούνται, ενώ στην συνέχεια με τους τύπους που αναφέρει το πρότυπο στις παραγράφους 6.4, 6.5 εκδίδεται η συνάρτηση βαθμονόμησης του AMS. Έπειτα ελέγχεται η συνάρτηση που εκδόθηκε εάν μας δίνει σωστά αποτελέσματα (6.6, 6.7 στο πρότυπο) και ότι το σύστημα περνάει τον έλεγχο. Πολύ σημαντικό είναι οι μετρούμενες τιμές κανονικοποιημένες (δηλαδή σε ιδανικές συνθήκες) να μην υπερβαίνουν το ανώτατο όριο εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Τέλος δημιουργείτε η αναφορά για τους ενδιαφερόμενους (Εργοστάσιο, Υπουργείο κοκ). Το μέγιστο που μπορεί να διατηρηθεί μία συνάρτηση βαθμονόμησης είναι 5 χρόνια, αλλά σε περίπτωση που γίνει αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία κάποιου εργοστασίου θα πρέπει η διαδικασία να επαναληφθεί

3.2.2 AST (ANNUALSURVEILLANCETEST)

Υπάρχει όμως περίπτωση λόγω διαφόρων παραγόντων κάποια στιγμή η συνάρτηση βαθμονόμησης να μην είναι έγκυρη όποτε και τα δεδομένα που δίνονται από το AMSσύστημα δεν είναι έγκυρα. Για να αποφευχθούν τέτοια προβλήματα γίνεται ετήσιος έλεγχος της συνάρτησης.



Θα ακολουθήσει κάποια συνοπτική περιγραφή επιλεγμένων μεθόδων περιβαλλοντικών μετρήσεων και σύγκριση των πρότυπων μεθόδων μέτρησης με αυτή των 24ωρων αναλυτών καυσαερίων

3.3 ΧΗΜΕΙΟΦΩΤΑΥΓΕΙΑ

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται από το πρότυπο EN 14789 για την μέτρηση και τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου. Η χημειοφωταύγεια είναι η παραγωγή φωτός από μια Χημική Αντίδραση. Δύο χημικές ουσίες αντιδρούν παράγοντας μία διεγερμένη (υψηλής ενέργειας) ενδιάμεση ουσία, η οποία διασπάται απελευθερώνοντας μέρος από την ενέργειά της ως φωτόνια καθώς μεταπίπτει στη βασική της κατάσταση. Στην προκειμένη περίπτωση το μονοξείδιο του αζώτου αντιδρά με το όζον και δίνει διοξείδιο του αζώτου και οξυγόνο. Ένα ποσοστό του διοξειδίου του αζώτου εκπέμπει φωτόνια. Αυτά τα φωτόνια αντιστοιχούν στο ποσοστό του οξειδίου του αζώτου

3.4 NDIR- NON DISPERSIVE INFRARED ANALYSIS

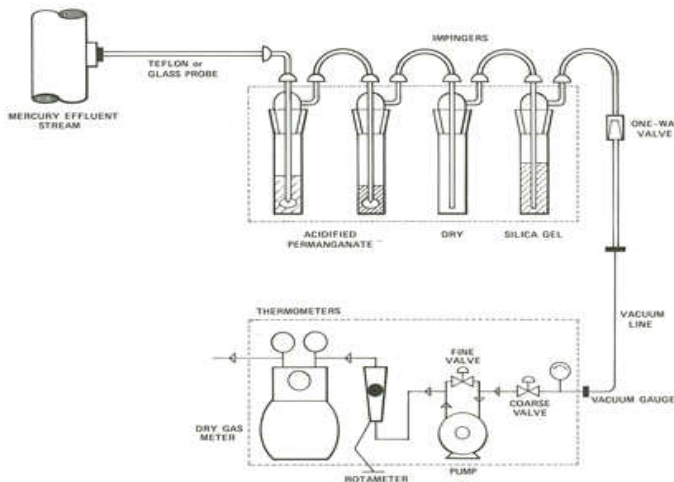
Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται από τα πρότυπα ISO12039, EN 15058 που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του διοξειδίου και του μονοξειδίου του άνθρακα. Η NDIR μέθοδος (Μη-διαχεόμενη υπέρυθρη ανάλυση) έχει σαν αρχή λειτουργίας ότι η υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή και διέρχεται από δύο παράλληλα κελιά. Στο ένα

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

από υπάρχει αέριο που δεν μπορεί να απορροφήσει την υπέρυθη ακτινοβολία. Αυτό θεωρείται το κελί αναφοράς. Στο άλλο κελί περνάει συνεχώς το δείγμα του αερίου. Η διαφορά της υπέρυθρης ακτινοβολίας στις δύο διαδρομές μας δίνει τη συγκέντρωση που υπάρχει στο αέριο δείγμα.

3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΛΥΝΤΡΙΔΩΝ

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων και από τα πρότυπα EN 14791 (Διοξείδιο του θείου), EN 1911 (Υδροχλώριο), ISO 15713 (Υδροφθόριο) και EN 14790 (Υπολογισμός υγρασίας). Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί ως εξής: Σε κάθε σύστημα χρησιμοποιούνται 2 πλυντρίδες με ειδικό διάλυμα, μία κενή (όχι πάντα απαραίτητη), και μία



πλυντρίδα με silicagel για προστασία της αντλίας που ακολουθεί το σύστημα προκειμένου να τραβάει αέριο δείγμα. Για κάθε ρύπο στις πλυντρίδες εισάγεται ειδικό διάλυμα που όταν περνάει το δείγμα που τραβάει η αντλία εγκλωβίζεται (στο διάλυμα) ο ρύπος που θέλουμε να ερευνήσουμε. Μετά αναλύεται το

<https://www.ec.gc.ca/cpe-cepa/727946D4-9278-4F5E-BA88-D811144A0A8E/f1-eng.jpg>

διάλυμα και συναρτήσει του όγκου υπολογίζεται η συγκέντρωση του συγκεκριμένου ρύπου. Ο υπολογισμός της υγρασίας με αυτή την μέθοδο γίνεται ζυγίζοντας τις πλυντρίδες πριν και μετά την μέτρηση με ζυγό ακριβείας (τουλάχιστον 2 δεκαδικών ψηφίων) και συναρτήσει του όγκου που τράβηξε η αντλία βγαίνει το ποσοστό της υγρασίας.

3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΖΥΓΙΣΗΣ ΦΙΛΤΡΟΥ

Την συγκεκριμένη μέθοδο την χρησιμοποιεί το πρότυπο EN 13284 που έχει σαν σκοπό την μέτρηση και τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των σωματιδίων στο αέριο δείγμα. Φίλτρο ξηραίνεται σε συγκεκριμένο δωμάτιο και ζυγίζεται σε ζυγό ακριβείας (συνήθως τεσσάρων ψηφίων). Αφού γίνει η μέτρηση ακολουθείται η ίδια διαδικασία. Το φίλτρο ξηραίνεται και ξαναζυγίζεται. Η διαφορά της μάζας στην ζύγιση του φίλτρου πριν και μετά μας δείχνει την συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης. Η συγκεκριμένη μέτρηση ακολουθεί την ισοκινητική διαδικασία, δηλαδή σε μία δειγματοληψία λαμβάνονται υπόψη πολλά σημεία μέσα στην καμινάδα έτσι ώστε να καλύψει όσο μεγαλύτερη επιφάνεια καμινάδας γίνεται

3.7 SORBENT TUBE

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από το πρότυπο CEN/TS 13649 και είναι κατάλληλο για μετρήσεις επιμέρους οργανικών ενώσεων άνθρακα. Γνωστός όγκος αερίου εξάγεται από το κύριο ρεύμα απαερίων μέσω ενός συστήματος δειγματοληψίας επάνω σε σωληνίσκο στερεού προσροφητικού (sorbenttube) που περιέχει ενεργό άνθρακα με χρήση αντλίας. Το συγκεκριμένο προσροφητικό υλικό μπορεί να εγκλωβίσει πληθώρα επιμέρους οργανικών ενώσεων άνθρακα με χρήση μόνο ενός σωληνίσκου.

3.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ 24 ΩΡΩΝ ΑΝΑΛΥΤΩΝ.

Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει μια ενιαία τεχνική μέτρησης που να πληροί όλες τις απαιτήσεις. Ως εκ τούτου, σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, η επιλογή μιας τεχνικής θα πρέπει να βασίζεται σε κάποιες ειδικές απαιτήσεις:

- Ποια είδη πρέπει να μετρηθούν;
- Είναι απαραίτητος ο ταυτόχρονος προσδιορισμός διαφόρων ειδών;
- Ποια είναι η απαιτούμενη ακρίβεια;
- Ποιες είναι οι υλικοτεχνικές απαιτήσεις; (όπως για παράδειγμα η κατανάλωση

ενέργειας, η τοποθέτηση των φωτεινών πηγών, ή των ανακλαστήρων, ή η διαμονή του οργάνου σε κινητές πλατφόρμες).

Έχει γίνει κατηγοριοποίηση τυχόν χημικών ουσιών που μπορούν να μετρηθούν ταυτόχρονα και έχουμε τα εξής:

- DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) για NO, NO₂, SO₂
- Transmission – Extinction ή Scattered Light για σωματίδια
- IR filter για CO, CO₂, H₂O
- Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS) για NH₃
- Μέθοδος αλλαγή χρώματος ειδικού υλικού για H₂S

Οι αναλυτές επεξεργάζονται το λαμβανόμενο σύμφωνα με την εκάστοτε μεθοδολογία τους. Κάποιοι χρησιμοποιούν την εξασθένηση εκπομπής laser σαν μέσω εξασθένησης ενώ άλλοι προσμετρούν τα ppm (parts per million). Με το μέρη στο εκατομμύριο (ppm) δηλώνουμε το ποσό μιας δεδομένης ουσίας σε ένα συνολικό ποσό του 1000000, ανεξάρτητα από τις μονάδες μέτρησης, εφόσον αυτές παραμένουν ίδιες.

3.8.1 DOAS (DIFFERENTIAL OPTICAL ABSORPTION SPECTROSCOPY)

Η φασματοσκοπία απορρόφησης είναι ένα καθιερωμένο εργαλείο για την ανάλυση της χημικής σύνθεσης των αερίων. Ως εκ τούτου, έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην ανακάλυψη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας της Γης.

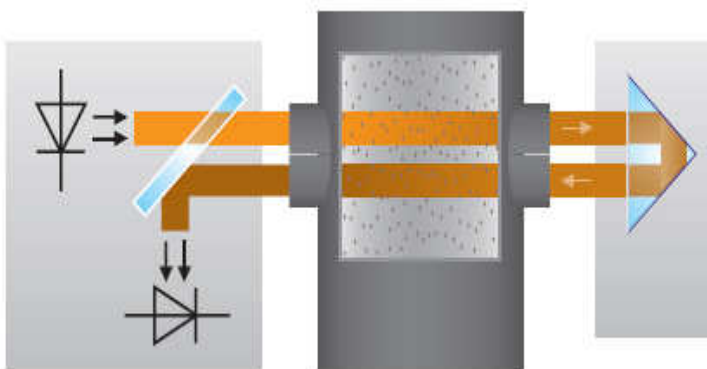
Το φως εκπέμπεται από μια πηγή στην κατάλληλη φασματική περιοχή με συγκεκριμένη ένταση

περνά μέσα από τον όγκο με τους απορροφητές και συλλέγεται στο τέλος της διαδρομής. Καθώς το φως ταξιδεύει μέσα στην καμινάδα, η έντασή του μειώνεται με την απορρόφηση ενός συγκεκριμένου αερίου. Ωστόσο, υφίσταται επίσης απόσβεση λόγω απορρόφησης από άλλα αέρια και σκέδαση από τα μόρια του αέρα. Η μεταδοτικότητα του οργάνου (καθρέφτες, ανακλαστήρες, κλπ) θα μειώσουν επίσης την ένταση του φωτός, όπως και την διεύρυνση της ακτίνας φωτός από την αναταραχή. Με τη διεύρυνση του νόμου Lambert – Beer, κάποιος μπορεί να εξετάσει διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση του φωτός με μια εξίσωση που περιλαμβάνει την απορρόφηση διαφόρων αερίων με συγκεκριμένη συγκέντρωση και διατομή απορρόφησης, τη σκέδαση και τις επιδράσεις του οργάνου και των αναταραξών της καμινάδας.

3.8.2 TRANSMISSION – EXTINCTION / SCATTERED LIGHT

Τα σωματίδια, λόγω του ότι είναι στερεά σαν υλικά μπορούν να μετρηθούν είτε με την μέθοδο της μετάδοσης ακτίνας laser, λήψη της ανακλώμενης δέσμης, υπολογισμός της εξασθένησης της λαμβανόμενης ακτίνας και υπολογισμός της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων, είτε με την σκέδαση φωτός. Δηλαδή εκπομπή δέσμης laser, λήψη σκεδαζόμενου σήματος και υπολογισμός της συγκέντρωσης.

Για το transmission – extinction το φως εκπέμπεται από ένα LED και μεταδίδεται μέσα στο αέριο με σωματίδια κατά μήκος της διαδρομής μέτρησης. Το φως μέτρησης χτυπά τον ανακλαστήρα, ανακλάται πίσω κατά μήκος της διαδρομής μέτρησης και μετράται από τον δέκτη.

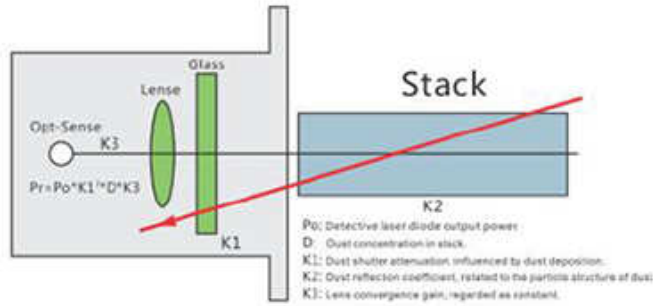


αυτή η διπλή μετάδοση αυξάνει την εξασθένηση του φωτός και συνεπώς την ευαισθησία μέτρησης. Οι εντάσεις του εξασθενημένου και μη εξασθενημένου φωτός συγκρίνονται μεταξύ τους. Οι μεταβλητές μετάδοσης,

αδιαφάνειας και εξασθένηση μπορούν να υπολογιστούν με βάση τη γεωμετρία της καμινάδας. Η μετάδοση είναι αντιστρόφως ανάλογη με την εξασθένηση. Όταν έχουμε ανακλώμενο σήμα έχει $transmission = 1$ αυτό σημαίνει πως η σκόνη μέσα στην καμινάδα είναι μηδενική οπότε το $extinction$ είναι 0. Ενώ όταν έχουμε $extinction = 1$ σημαίνει πολύ μεγάλη συγκέντρωση σκόνης, οπότε δεν επιτρέπει να περάσει το ανακλώμενο σήμα, άρα το $transmission$ γίνεται 0.

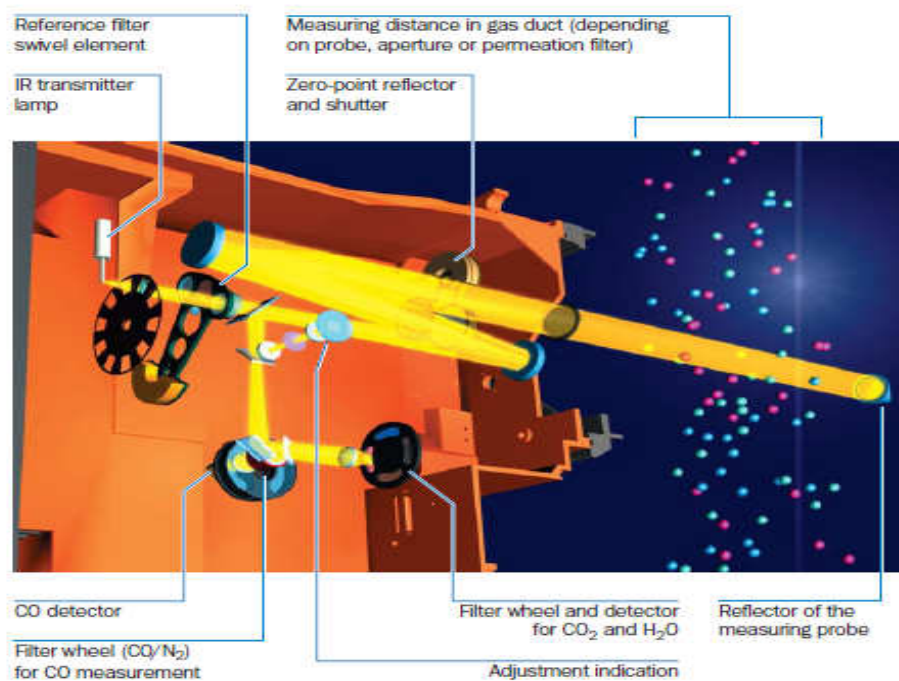
Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος Scatteredlight δεν υπάρχει διαδρομή μέτρησης ούτε, συνήθως, ανακλαστήρας. Συσκευή εκπέμπει δέσμη laser προς το απέναντι τοίχωμα της καμινάδας και λαμβάνει όποιο σκεδαζόμενο φως έχει συγκρουστεί με τα σωματίδια και επιστρέφει στην συσκευή. Όσο πιο μεγάλη η σκέδαση τόσο πιο μεγάλη και η συγκέντρωση.

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων



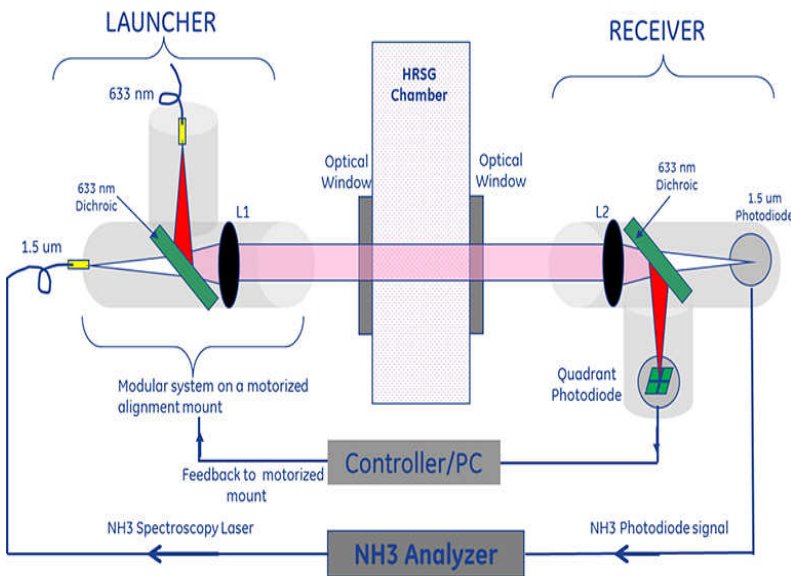
3.8.3 IRFILTER

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιεί την υπέρυθη ακτινοβολία για την μέτρηση συγκεκριμένων στοιχείων. Οι μετρούμενες τιμές είναι αυτές που βρίσκονται στο μονοπάτι μέτρησης του αναλυτή. Χρησιμοποιώντας την απορρόφηση φωτός ειδικού μήκους κύματος από το μίγμα αερίων στην ενεργή απόσταση μέτρησης, καθορίζεται η συγκέντρωση των παρόντων αερίων συστατικών. Το φως από τη μονάδα αποστολέα / δέκτη (μονάδα SR) περνάει από την ενεργή διαδρομή μέτρησης και αντανακλάται από τον ανακλαστή απέναντι. Στη συνέχεια, το ανακλώμενο φως κατευθύνεται από τον καθρέφτη διάσπασης φακού μέσω ενός φίλτρου ή κυλινδρικού τροχού μέχρι τους ανιχνευτές που έχουν σχεδιασμένους για τη μέτρηση του CO, του CO₂ και του H₂O, φιλτράροντας το ληφθέν φωτισμό στο εκάστοτε φασματικό στοιχείο. Διασταυρούμενες παρεμβολές με αέρια διαφορετικά από αυτά που πρέπει να μετρηθούν αποφεύγονται επιλέγοντας αυτές τις περιοχές αξιολόγησης εντός του φάσματος IR σε συνδυασμό με τους χρησιμοποιούμενους αλγόριθμους αξιολόγησης.



3.8.4 TDLAS

Η συντονισμένη φασματοσκοπία απορρόφησης λέιζερ διόδου (TDLAS) είναι μια τεχνική για τη μέτρηση της συγκέντρωσης ορισμένων ειδών όπως η αμμωνία, με χρήση συντονιζόμενων εκπομπών λέιζερ διόδου και χρησιμοποιώντας φασματομετρία απορρόφησης λέιζερ. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η ικανότητά να επιτυγχάνει πολύ χαμηλά όρια ανίχνευσης (της τάξης του ppb (partsperbillion)). Το TDLAS είναι μακράν η πιο κοινή τεχνική απορρόφησης με βάση το λέιζερ για ποσοτικές αξιολογήσεις ειδών σε αέρια φάση. Η βασική αρχή πίσω από την τεχνική TDLAS είναι απλή. Το όργανο ελέγχει μία γραμμική απορρόφησης στο φάσμα απορρόφησης ενός συγκεκριμένου είδους ενδιαφέροντος. Λόγω όμως του ότι μπορεί το μήκος κύματος που ελέγχεται να επηρεάζεται από άλλες ουσίες που δεν είναι ενδιαφέροντος, στο αποτέλεσμα λαμβάνεται υπόψη και ο νόμος Lambert- Beer



3.8.5 ΑΛΛΑΓΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η συγκεκριμένη μέθοδος επί των πλείστον χρησιμοποιείται για την μέτρηση του Υδροθείου (H_2S). Ο συγκεκριμένος ρύπος είναι πολύ επικίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία και συνήθως μετριέται μόνος του (χωρίς συνδυασμό με άλλο ρύπο). Στην συγκεκριμένη μέθοδο, μέσω αντλίας λαμβάνεται δείγμα από την καμινάδα μέσω σωληνώσεων (συνήθως τεφλών) εισέρχεται στον θάλαμο επεξεργασίας. Εκεί έρχεται σε επαφή με ειδικό υλικό που στην επαφή του με το υδροθείο αλλάζει χρώμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του υδροθείου τόσο πιο μεγάλη είναι η αλλαγή χρωματισμού. Έπειτα το συγκεκριμένο υλικό διέρχεται από τον θάλαμο μέτρησης όπου μέσω ακτινοβολίας με ειδική λάμπα προσμετράτε η περιεκτικότητα του υδροθείου (σε ppm)

3.8.6 ΝΟΜΟΣ LAMBERT – BEER

Ο νόμος Lambert- Beer είναι αυτός που δίνει την βάση σε πολλά σημεία στην λειτουργία των αναλυτών ρύπων για την επεξεργασία του λαμβανόμενου σήματος και την έκδοση αποτελέσματος. Ο νόμος Lambert- Beer συνοπτικά μας λέει :

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \cdot \exp(-\sigma(\lambda) \cdot c \cdot L)$$

Όπου $I_0(\lambda)$ δηλώνει την αρχική ένταση της δέσμης φωτός που εκπέμπεται από μια κατάλληλη πηγή ακτινοβολίας, ενώ $I(\lambda)$ είναι η ένταση της ακτινοβολίας της δέσμης μετά το πέρασμα μέσα από ένα στρώμα πάχους L , όπου ο απορροφητής έχει ομοιόμορφη συγκέντρωση c . Η ποσότητα $\sigma(\lambda)$ είναι η ενεργός διατομή απορρόφησης σε μήκος κύματος λ . Η διατομή απορρόφησης ως συνάρτηση του μήκους κύματος είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του κάθε είδους. Αν είναι γνωστές οι ποσότητες αυτές, η μέση συγκέντρωση c του αερίου, μπορεί να υπολογιστεί από τη μετρηθείσα αναλογία $I_0(\lambda)/I(\lambda)$:

$$c = \ln(I_0(\lambda) / I(\lambda)) / \sigma(\lambda) \cdot L = D / \sigma(\lambda) \cdot L$$

Η έκφραση

$$D = \ln(I_0(\lambda) / I(\lambda))$$

καλείται οπτική πυκνότητα ενός στρώματος ενός δεδομένου απορροφητή.

Δηλαδή όπως ο Bouguer περιέγραψε ότι:

<< Σε ένα μέσο ομοιόμορφης διαφάνειας, το φως που απομένει σε μια παράλληλη ακτίνα φωτός είναι μια εκθετική συνάρτηση με το μήκος της διαδρομής του μέσου >>

Οι πληροφορίες αυτές μας βοηθούν να κατανοήσουμε τον ρόλο που παίζει ο ανωτέρω νόμος για την επεξεργασία του λαμβανόμενου σήματος. Επειδή το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής Δεν έχει να κάνει με την ανάλυση αποτελεσμάτων χημικών ουσιών, δεν θα εμβαθύνουμε κι άλλο.

3.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο ασχοληθήκαμε, συνοπτικά, με τις αρχές λειτουργίας των αναλυτών μέτρησης ρύπων αλλά και την μεθοδολογία των πρότυπων μετρήσεων. Όλοι οι αναλυτές έχουν, με μικρές παραλλαγές, παρόμοια λειτουργία. Δηλαδή, εκπομπή ακτίνας laser και με διαφορετική τεχνική, ανάγνωση του αποτελέσματος. Όταν εγκαθίστανται πρώτη φορά σε μία βιομηχανική εγκατάσταση γίνεται η βαθμονόμησή τους (QAL2) διότι η αυτόματη παραμετροποίηση από το εργοστάσιο δεν είναι αρκετή. Όταν γίνεται η βαθμονόμηση, μετά από παράλληλες μετρήσεις, εκδίδεται συνάρτηση που διορθώνει το λαμβανόμενο σήμα. Στην πορεία του χρόνου τα ηλεκτρονικά συστήματα φθείρονται ή μπορεί να αλλάξει η παραγωγική διαδικασία, άρα και το εύρος των εκπεμπόμενων ρύπων. Για αυτό έχει θεσπιστεί ο ετήσιος έλεγχος των αναλυτών (AST) προκειμένου να γίνεται έλεγχος για την εγκυρότητα της συνάρτησης. Σε αυτές τις μετρήσεις είναι που χρειάζεται το καταγραφικό, έτσι ώστε να καταγράφει το λαμβανόμενο σήμα του αναλυτή και να γίνεται σύγκριση με την μετρούμενη τιμή. Χωρίς καταγραφικό δεν θα μπορούσε να υπάρχει λαμβανόμενο σήμα, άρα και διόρθωση της καμπύλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ακολουθήσει περιγραφή της υλοποίησης του datalogger σε φυσικό αλλά και σε προγραμματιστικό επίπεδο. Η πλήρης σχηματική διάταξη του φυσικού κυκλώματος όπως και το πλήρες πρόγραμμα θα υπάρχουν στα Παραρτήματα Α και Β αντίστοιχα

4.1. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Για την υλοποίηση του φυσικού κυκλώματος χρησιμοποιήσαμε εκτός από το ArduinoMega, την LCD οθόνη, τα αισθητήρια και ένα breadboard. Χρησιμοποιήσαμε καλώδια με πινάκια για την διασύνδεση του breadboard με την παροχή τάσης 5V του Arduino. Αφού γίνει αυτή η διασύνδεση όλα τα αισθητήρια (εκτός της πίεσης που χρειάζεται 3.3V) θα λαμβάνουν τάση από την κόκκινη γραμμή του breadboard. Έπειτα γίνεται η διασύνδεση των αισθητηρίων στις ψηφιακές και τις αναλογικές εισόδους. Το αισθητήριο της θερμοκρασίας στην ψηφιακή 11, της υγρασίας στο 12, της πίεσης στο 20,21 (SCL, SDA). Το RTCDS3231 συνδέεται στις πρώτες θύρες SCL,SDA. Το αισθητήριο ευαισθησίας φωτός το βάλαμε στην αναλογική είσοδο 1 και τις αντιστάσεις για την μετατροπή του ρεύματος σε τάση στις αναλογικές 8- 15. Από πάνω από τις συνδέσεις τοποθετείται η οθόνη αφής.

Πλήρες σχηματικό στο παράρτημα 2

4.2. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

Η χρήση των αισθητηρίων στην κατασκευή μας, μας βοηθάει να παρατηρούμε τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο της δειγματοληψίας. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι μπορούν να μας αποδείξουν ότι η συγκεκριμένη κατασκευή μπορεί να υποστηρίξει πέρα από την χρήση της LCD οθόνης και χρήση επιπλέον αισθητηρίων. Συνεπώς υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης των υπάρχοντων αισθητηρίων με αισθητήρια που μπορούν να μας δείχνουν τις συνθήκες στο εσωτερικό της καμινάδας (θερμοκρασία απαερίων, υγρασία απαερίων, διαφορική πίεση, περιεκτικότητα οξυγόνου) και αφού καταγράφονται να μας βοηθούν στην κανονικοποίηση των μετρούμενων τιμών (αναλυτική περιγραφή για την κανονικοποίηση στο επόμενο κεφάλαιο). Αυτή η αντικατάσταση δεν πραγματοποιήθηκε λόγω του μεγάλου κόστους των αισθητηρίων.

Το επόμενο βήμα που κάναμε στην παρούσα πτυχιακή ήταν να κατασκευάσουμε το σχηματικό του καταγραφικού και των αισθητηρίων. Μέσω του datasheet του Atmega πήραμε τον πλήρη κατάλογο των pins και προσθέσαμε πάνω σε αυτό τα δικά μας υλικά. Το σχηματικό επί των πλείστων περιέχει συνδέσεις με headers έτσι ώστε να γίνεται εύκολη η συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των αισθητηρίων. Πλήρες σχηματικό στο παράρτημα Γ

4.3. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η αναλυτική επεξήγηση του προγράμματος για το Arduino είναι αυτή που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε πλήρως την λειτουργία του προγράμματος μας

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Αρχικά εισάγουμε τις βιβλιοθήκες του κάθε στοιχείου που χρησιμοποιούμε. Οι βιβλιοθήκες δίνουν τις «κατευθύνσεις» στον επεξεργαστή να κατανοήσει τις εντολές που του δίνουμε και αφορούν το συγκεκριμένο στοιχείο. Χωρίς της βιβλιοθήκη ο επεξεργαστής δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει κανένα module και επί της ουσίας είναι άχρηστα χωρίς αυτές. Το πρόγραμμα του Arduino όταν εγκαθίσταται έχει κάποιες βασικές βιβλιοθήκες για να γίνει η έναρξη του προγραμματισμού. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι θα κάνουν απαραίτητα και για τα δικά μας modules. Συνήθως οι εκάστοτε εταιρία που παράγει κάποιο στοιχείο δημιουργεί και τις αντίστοιχες βιβλιοθήκες. Πρέπει όμως να γίνεται προσεκτική αναζήτηση και επιλογή των βιβλιοθηκών γιατί χρήση κάποιας λάθος βιβλιοθήκης μπορεί να επιφέρει και λάθος αποτελέσματα. Τις βιβλιοθήκες μόλις τις κατεβάσουμε τις βάζουμε στον φάκελο του Arduinoόπου υπάρχουν και οι υπόλοιπες και τις εισάγουμε από το περιβάλλον του προγράμματος

Ενδεικτικά:

Βιβλιοθήκη Real Time Clock(RTC)

```
#include "ds3231.h"
```

Βιβλιοθήκη Touch Screen και SD Logger

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

```
#include <UTFT.h>
```

```
#include <URTouCh.h>
```

```
#include <URTouChCD.h>
```

Βιβλιοθήκη θερμοκρασίας

```
#include <DallasTemperature.h>
```

```
#include <OneWire.h>
```

Έπειτα ακολουθεί η δήλωση του κάθε pin στον επεξεργαστή Atmega 2560. Κάθε τι που χρησιμοποιούμε και συνδέεται στον επεξεργαστή μας πρέπει να το δηλώνουμε έτσι ώστε το σήμα που θα λαμβάνει (ο επεξεργαστής) από το συγκεκριμένο pin να καταλαβαίνει από που είναι και σε συνδυασμό με τις βιβλιοθήκες να μας δίνει το σωστό αποτέλεσμα.

Ενδεικτικά:

Ορισμός pin υγρασίας στην θέση 12 των ψηφιακών εισόδων

```
#define DHTPIN 12
```

```
#define DHTTYPE DHT11
```

Ορισμός pin θερμοκρασίας στην θέση 11 των ψηφιακών εισόδων

```
#define DATA_PIN 11
```

```
#define SENSOR_RESOLUTION 11
```

Εδώ γίνεται η αντιστοίχιση του εκάστοτε pin με την βιβλιοθήκη που έχουμε καταχωρήσει

```
DallasTemperature temp(&oneWire);
```

```
DeviceAddress tempDeviceAddress;
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

Επιλογή pin για το data logger

```
const int chipSelect = 53;
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Δημιουργία αρχείου όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα
File logfile;

Ορισμός pins τα οποία χρησιμεύουν για την λειτουργία της οθόνης
UTFT myGLCD(ILI9341_16,38,39,40,41);

Ορισμός pins τα οποία χρησιμεύουν για την λειτουργία της αφής
URTtouch myTouch(6, 5, 4, 3, 2);

Εδώ αναφέρουμε τι μέγεθος γραμματοσειρά θα χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση των γραμμμάτων στην οθόνη

```
extern uint8_t BigFont[];  
extern uint8_t SmallFont[];
```

Για την οθόνη αφής, κάθε πάτημα μεταφράζεται σε συντεταγμένες x,y.έτσι ώστε να υπάρχει άποιο σημείο αναφοράς. Οπότε ορίζουμε τις συντεταγμένες
intx, y;

Εδώ ορίζουμε την μεταβλητή που θα δείχνει στον επεξεργαστή που βρίσκεται το πρόγραμμα.
Αν είναι 0 βρίσκεται στην αρχική οθόνη, αν είναι 1 βρίσκεται στο datalogger ενώ εάν είναι 2 τότε είναι στοmeteo
intcurrentPage;

Δήλωση αναλογικής εισόδου αισθητηρίου φωτός
intlumPin = A1;

Αρχικοποίηση τιμής αισθητηρίου
int lumValue = 0;

Ορισμότων αναλογικών pin που θα λαμβάνουν τα mA από τους αναλυτές (οι αναλογικές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι 8-15)
floatmilampPin1 = A8;

Αρχικοποίηση τιμής αναλογικής εισόδου
floatmilampValue1 = 0;

Σε αυτό το σημείο ακολουθούν οι διαδικασίες που δημιουργήθηκαν προκειμένου να υπάρχει το κατάλληλο περιβάλλον στην οθόνη αφής είτε στην κεντρική οθόνη είτε στις υπόλοιπες

Εδώ δημιουργούμε τα κουμπιά της αρχικής οθόνης
Αρχικά δηλώνουμε το όνομα της διαδικασίας (drawButtons)
void drawButtons()

Το μέγεθος της γραμματοσειράς που θα χρησιμοποιήσουμε είναι το μεγάλο
myGLCD.setFont(BigFont);

Ορισμός χρώματος που θα έχει το κουμπί
myGLCD.setColor(47, 79, 79);

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Συντεταγμένες για την σχεδίαση του κουμπιού. Το 20 και το 290 είναι στον άξονα των X ενώ το 20 και το 100 είναι στον άξονα των Y.

```
myGLCD.fillRoundRect (20, 20, 290, 100);
```

Ορισμός χρώματος για το περίγραμμα του κουμπιού

```
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
```

Ορισμός συντεταγμένων περιγράμματος κουμπιού (ίδιες με το κουμπί)

```
myGLCD.drawRoundRect (20, 20, 290, 100);
```

Ορισμός χρώματος για το εσωτερικό του κουμπιού

```
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
```

Επικεφαλίδα

```
myGLCD.print("Data Logger", CENTER, 50);
```

Την ίδια μέθοδο θα χρησιμοποιήσουμε και για το κουμπί του μετεωρολογικού σταθμού

Στο συγκεκριμένο σημείο του κώδικα βάζουμε τα στοιχεία μας στο κάτω μέρος της οθόνης

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
```

```
myGLCD.print("Dimopoulos ais0092", CENTER, 215);}
```

Εδώ ξεκινάμε τον προγραμματισμό των υπομενού (στην συγκεκριμένη περίπτωση του μετεωρολογικού σταθμού)

```
voidmeteo (){
```

Θέτουμε την γραμματοσειρά στο μικρό μέγεθος

```
myGLCD.setFont(SmallFont);
```

Χρώμα γραμμάτων

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
```

Χρώμα στο φόντο

```
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
```

Όνομα μεταβλητής και θέση στην οθόνη

```
myGLCD.print("Temperature", 20, 20);
```

Χρώμα γραμμάτων

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
```

Όνομα μεταβλητής και θέση στην οθόνη (τα ίδια ακολουθούμε και για τις υπόλοιπες μεταβλητές)

```
myGLCD.print("Humidity", 20, 40);
```

Δημιουργία κουμπιού Back

```
myGLCD.setFont(BigFont);
```

```
myGLCD.setColor (47, 79, 79);
```

```
myGLCD.fillRoundRect (150, 150, 290, 200);
```

```
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
myGLCD.drawRoundRect (150, 150, 290, 200);  
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);  
myGLCD.print("Back", 180, 160);
```

Επανεγγραφή των στοιχείων στο κάτω μέρος της οθόνης

```
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);  
myGLCD.setFont(SmallFont);  
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);  
myGLCD.setColor(255, 0, 0); // Sets color to red  
myGLCD.print("Dimopoulos ais0092", CENTER, 215);}
```

Υπομενού καταγραφών. Χρησιμοποιούμε την ίδια ακριβώς μεθοδολογία όπως στον μετεωρολογικό σταθμό. Απλά στην οθόνη εκτυπώνουμε και διαβάζουμε τις 8 ενδείξεις των αναλογικών εισόδων για τα mA. Ενδεικτικά:

```
void datalogger(){  
myGLCD.setFont(SmallFont);  
myGLCD.setColor(255, 0, 0);  
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);  
myGLCD.print("1st AO:", 20, 20);  
myGLCD.print("2st AO:", 20, 40);
```

Σε αυτή την σειρά εντολών δίνουμε την κατεύθυνση στο Arduino να γεμίζει το κουμπί που πατάμε με κόκκινο χρώμα

```
void waitForIt(int x1, int y1, int x2, int y2)
```

Όσο είναι διαθέσιμη η οθόνη αφής το συγκεκριμένο περιμένει να διαβάσει δεδομένα. Αργότερα στο πρόγραμμα θα του δίνουμε τις δικές μας συντεταγμένες όταν γίνετε το σωστό πάτημα σε συντεταγμένες κουμπιού.

```
while (myTouch.dataAvailable())
```

Διαβάζει τις συντεταγμένες

```
myTouch.read();
```

Χρώμα που θέτουμε

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
```

Γέμισμα με χρώμα

```
myGLCD.drawRoundRect (x1, y1, x2, y2);
```

Σε αυτό το σημείο ξεκινάει το σώμα του κυρίως κώδικα

```
void setup(){
```

Έναρξη λειτουργίας LCD οθόνης

```
myGLCD.InitLCD();
```

Καθαρισμός οθόνης

```
myGLCD.clrScr();
```

Έναρξη λειτουργίας Touch

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
myTouch.InitTouch();
```

Ακρίβειααγγίγματος

```
myTouch.setPrecision(PREC_MEDIUM);
```

Μέγεθος γραμματοσειράς και χρώματος στην κεντρική οθόνη

```
myGLCD.setFont(BigFont);
```

```
myGLCD.setBackgroundColor(0, 0, 255);
```

Θέτουμε την αρχική σελίδα σαν 0

```
currentPage == 0;
```

Καλούμε την συνάρτηση της δημιουργίας κουμπιών

```
drawButtons();
```

Ξεκινάμε τα αισθητήρια

Αισθητήριο Υγρασίας

```
dht.begin();
```

Αισθητήριο θερμοκράσιας με δήλωση των δεκαδικών ψηφίων

```
temp.begin();
```

```
temp.getAddress(tempDeviceAddress, 0);
```

```
temp.setResolution(tempDeviceAddress, SENSOR_RESOLUTION);
```

Ξεκινάει το ρόλοι

```
DS3231_init(DS3231_INTCN);
```

```
DS3231_clear_a1f();
```

Ξεκινάειτο datalogger

Εδώ ξεκινάει το module της κάρτας SD που υπάρχει στην πλακέτα της LCD οθόνης

```
SD.begin(chipSelect);
```

Δημιουργία αρχείου excel για την εγγραφή των δεδομένων και ορισμός ονόματος

```
char filename[] = "LOGGER00.CSV";
```

```
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
```

```
    filename[6] = i/10 + '0';
```

```
    filename[7] = i%10 + '0';
```

```
if (!SD.exists(filename)) {
```

Άνοιγμα αρχείου και δημιουργία επικεφαλίδων εγγραφών

```
logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
```

Ωρακατημερομηνία

```
logfile.print("Date & Time");logfile.print(",");
```

ΑναλογικήείσοδοmA. Ηεντολήlogfile.print(",") χρησιμοποιείται για την αλλαγή κελιού στο excel

```
logfile.print("mA1");logfile.print(",");
```

Κλείσιμο ορισμού επικεφαλίδων

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
break; // leavetheloop!
```

```
Εκκίνηση συνάρτησης που θα εκτελεί επαναλαμβανόμενες εντολές  
voidloop(){
```

```
Δημιουργία ώρας και ημερομηνίας σε πραγματικό χρόνο  
unsigned long now = millis();  
struct ts t;
```

Τα δεδομένα τα λαμβάνει αρχικά από τον υπολογιστή στο πρώτο setup και έπειτα συνεχίζει και τα αυξάνει μόνο του

```
DS3231_get(&t);  
  sprintf(buff, BUFF_MAX, "%d.%02d.%02d %02d:%02d:%02d", t.year,  
          t.mon, t.mday, t.hour, t.min, t.sec);
```

```
Διάβασμα τιμής αισθητηρίου υγρασίας  
float h = dht.readHumidity();
```

Μετατροπή σε string για εμφάνιση στην οθόνη LCD. Μόνο τέτοια δεδομένα μπορεί να εμφανίσει η οθόνη

```
String hchar = String(h, 1);
```

```
Αίτημα στο αισθητήριο για τιμή θερμοκρασίας  
temp.requestTemperatures();
```

Καταχώρηση τιμής αισθητηρίου θερμοκρασίας σε δεκαδικό τύπο

```
float temperatureInCelsius = temp.getTempCByIndex(SENSOR_INDEX);
```

Ομοίως με πριν μετατροπή του αισθητηρίου σε string. Το ίδιο γίνεται και με την πίεση

```
String tempchar = String(temperatureInCelsius, 1);
```

Καταχώρηση αναλογικής τιμής αισθητηρίου φωτός σε δεκαδική μορφή

```
float luminusV = analogRead(lumPin);
```

Μετατροπή αναλογικού σήματος σε Volt

```
float lum = luminusV*(0.0048);
```

Εδώ γίνεται η καταχώρηση αναλογικών σημάτων των mA σε δεκαδική μορφή. Ενδεικτικά:

```
float v0 = analogRead (milampPin1);  
float v1 = analogRead (milampPin2);
```

Έπειτα κάνουμε την μετατροπή της ένδειξης του αισθητηρίου σε volt. Εμείς όμως λαμβάνουμε από το μηχάνημα που καταγράφουμε ενδείξεις mA. Το Arduino όμως διαβάζει μόνο τάση. Οπότε πριν την αναλογική είσοδο έχουμε προσθέσει μία αντίσταση 240Ω σε παράλληλη σύνδεση για να μετατρέπει το σήμα ρεύματος σε τάση. Οπότε διαιρούμε την μετατρεπόμενο σήμα με την αντίσταση για να βρούμε το ρεύμα. Επίσης πολλαπλασιάζουμε με το 1000 για να έχουμε ένδειξη σε mA. Ενδεικτικά

```
float v00= v0*(0.0048);float ma0 = (v00/240)*1000;  
float v11= v1*(0.0048);float ma1 = (v11/240)*1000;
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Καταγράφουμε τις τιμές στο αρχείο

```
logfile.print(buff);logfile.print(";");  
logfile.print(ma0);logfile.print(";");
```

Τέλος εγγραφής

```
logfile.flush();
```

Από εδώ και κάτω οι εντολές υποδεικνύουν στο Arduino τις εντολές που πρέπει να ακολουθεί όταν πατιέται η οθόνη σε συγκεκριμένα σημεία.

Έλεγχος εάν είμαστε στην κεντρική σελίδα

```
if (currentPage == 0) {
```

Δεύτερος έλεγχος εάν είναι διαθέσιμο το touch

```
if (myTouch.dataAvailable()) {
```

Εάν είμαστε στην κεντρική σελίδα και εάν το touch είναι διαθέσιμο τότε διαβάζονται και ανακτώνται οι συντεταγμένες x,y προκειμένου να ελεγχθούν και να επιβεβαιωθεί εάν βρίσκονται στα πλαίσια κουμπιού που μας οδηγεί σε δεύτερη οθόνη

Διάβασμα συντεταγμένων

```
myTouch.read();
```

Συντεταγμένες X

```
x=myTouch.getX();
```

Συντεταγμένες Y

```
y=myTouch.getY();
```

Εάν πατήσουμε στο εσωτερικό του κουμπιού του Datalogger τότε ισχύει η παρακάτω ανισότητα.

```
if ((x>=20) && (x<=290) && (y>=20) && (y<=100)) {
```

Καλούμε την συνάρτηση για ζωγράφισμα του κουμπιού

```
waitForIt(20, 20, 290, 100);
```

Τότε αλλάζουμε την ένδειξη της μεταβλητής του currentPage σε 1 που σημαίνει πως αργότερα μέσω αυτής της μεταβλητής θα ανοίξουμε την σελίδα του datalogger

```
currentPage = 1;
```

Καθαρισμός της οθόνης

```
myGLCD.clrScr();
```

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία για το κουμπί Meteo

Εάν έχει πατηθεί το κουμπί Datalogger τότε ελέγχεται εάν το currentPage έχει γίνει 1 οπότε καλεί την συνάρτηση που δημιουργήσαμε παραπάνω

```
if (currentPage == 1) {
```

```
  datalogger();
```


Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Δημιουργία οθόνης και εμφάνιση των σημάτων

```
myGLCD.setFont(SmallFont);  
myGLCD.setColor(0, 255, 0);
```

Εμφάνιση του πρώτου αποτελέσματος

```
myGLCD.printNumF(ma0,2,90,20);  
myGLCD.print("mA",135,20);
```

Του δεύτερου και συνεχίζουμε μέχρι το όγδοο

```
myGLCD.printNumF(ma1,2,90,40);  
myGLCD.print("mA",135,40);
```

Οι εντολές παρακάτω χρησιμοποιούνται σε περίπτωση που πατήσουμε το κουμπί back

```
if (myTouch.dataAvailable()) {  
    myTouch.read();  
    x=myTouch.getX();  
    y=myTouch.getY();
```

Έλεγχος εάν είναι το πάτημα στα πλαίσια του back

```
if ((x>=150) && (x<=290) && (y>=150) && (y<=200)) {  
    waitForIt(150, 150, 290, 200);
```

Το currentPage γίνεται 0 για να επιστρέψουμε στην αρχική οθόνη

```
currentPage = 0;  
myGLCD.clrScr();  
drawButtons();
```

Ομοίως αν έχει πατηθεί το Meteo. Απλά τώρα το currentPage έχει γίνει 2

```
if (currentPage == 2) {  
    meteo();
```

Εμφάνιση θερμοκρασίας υγρασίας, έντασης φωτός

```
myGLCD.setColor(0, 255, 0);  
myGLCD.print(tempchar, 140, 20);  
myGLCD.print("oC", 200, 20);  
myGLCD.print(hchar, 140, 40);  
myGLCD.print("%", 200, 40);
```

Έλεγχος ανισότητας για το αν είναι φωτεινός ο χώρος ή όχι.

```
if (lum <= 2.0){  
    myGLCD.print( "Bright",160,60);  
}  
if (lum > 2.0 & lum <= 4.0){  
    myGLCD.print ( "Light",160,60);  
}  
if (lum >4.0 & lum <=5.0){  
    myGLCD.print ("Dark",160,60);
```

Πλήρης ο κώδικας στο Παράρτημα Α

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Μετά την κατασκευή του καταγραφικού έγιναν μετρήσεις με χρήση του σε εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου. Στις συγκεκριμένες μετρήσεις θα συγκρίνουμε αποτελέσματα σωματιδίων. Αρχικά το πιο βασικό που απασχολούσε την παρούσα διπλωματική είναι η απόδειξη πως το καταγραφικό θα μπορούσε να μετράει σωστά χωρίς απώλειες, επηρεασμό από κάποιο άλλο πεδίο ή ακόμα και από τις ίδιες τις συνθήκες του εργοστασίου. Ακόμαπως θα μπορούσε να επιβεβαιωθεί η σωστή τεχνική που ακολουθήθηκε για την μετατροπή του ρεύματος που λαμβανόταν σε τάση και ξανά μετατρέποταν του σε ρεύμα για εμφάνιση του στην οθόνη του καταγραφικού. Ο τρόπος που επιλέχθηκε είναι:

Συνδέουμε το σήμα σε σειρά με τον αναλυτή στην αναλογική έξοδο που στέλνει το σήμα στο DCS του εργοστασίου. Το λαμβανόμενο σήμα του DCS είναι και το δικό μας. Οπότε παίρνοντας μετά τα αποτελέσματα από το DCS που έχει μετατρέψει τα mA σε mg/m³ συγκρίνουμε με τα δικά μας αποτελέσματα αφού πρώτα τα μετατρέψουμε το δικό μας σήμα σε mg/m³ εισάγοντας την συνάρτηση βαθμονόμησης που υπάρχει στον αναλυτή (και που χρησιμοποιεί το DCS)

Εάν τα αποτελέσματα είναι όμοια τότε θεωρούμε ότι το καταγραφικό μας μετράει σωστά. Εδώ να τονιστεί ότι στο συγκεκριμένο βήμα δεν γίνεται έλεγχος εγκυρότητας των μετρήσεων του αναλυτή (αυτό ακολουθεί σε επόμενο βήμα) αλλά έλεγχος σωστής μέτρησης του καταγραφικού χρησιμοποιώντας το ίδιο σήμα του DCS και ακολουθώντας τα ίδια βήματα που αυτό ακολουθεί για να μετατρέψει το σήμα σε mg/m³.

Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις των 40 λεπτών και όπως προστάζει το πρότυπο EN 14181 η επόμενη μέτρηση θα πρέπει να ξεκινήσει αφού έχει περάσει μία ώρα από την έναρξη της προηγούμενης

Η συνάρτηση βαθμονόμησης του αναλυτή, στην συγκεκριμένη περίπτωση, για την μετατροπή των mA σε mg/m³ είναι η:

$$y = 0.61 * x - 2.43$$

όπου x τα mA και
όπου y τα mg/m³

Ακολουθούν τα αποτελέσματα:

1^η Μέτρηση

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

24/11/2017 10:03 – 10:43		
mA		
5.32		
5.04		
5.55		
6.04		
5.70		
5.06		
5.07		
4.93		
4.99		
5.34		
4.83		
5.11		
5.09		
5.22		
4.84		
4.91		
5.22		
5.27		
5.38		
5.45		
5.53		
5.94		
6.60		
5.93		
6.15		
6.04		
5.82		
5.71		
6.05		
5.77		
5.33		
5.44		
5.28		
5.28		
5.62		
5.89		
5.59		
5.61		
5.35		
5.16		
5.38		
Μέσος όρος: 5.46	Τιμή καταγραφικού σε mg/m³: 0.901mg/m³	Τιμή Αναλυτή: 0.873 mg/m³

2^η Μέτρηση

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

24/11/2017 11:05 – 11:45		
mA		
5.11		
5.59		
5.19		
5.29		
5.10		
4.78		
4.95		
4.88		
5.18		
5.26		
5.29		
5.10		
5.46		
5.31		
5.33		
5.24		
4.59		
5.42		
5.14		
5.42		
5.14		
5.24		
4.97		
4.83		
5.29		
4.83		
5.25		
5.22		
5.30		
5.12		
5.22		
5.06		
5.12		
4.84		
5.37		
5.74		
5.37		
5.32		
5.09		
4.60		
5.11		
Μέσος όρος: 5.16	Τιμή καταγραφικού σε mg/m³: 0.718mg/m³	Τιμή Αναλυτή: 0.698mg/m³

3^η Μέτρηση

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

24/11/2017 12:10 – 12:55		
mA		
5.24		
5.57		
5.05		
5.31		
5.47		
5.14		
5.28		
5.46		
5.65		
5.36		
5.62		
5.39		
5.36		
5.18		
4.90		
5.37		
5.29		
5.39		
5.36		
5.41		
5.37		
5.34		
5.33		
5.57		
5.29		
5.37		
5.37		
5.21		
5.08		
5.14		
5.03		
5.11		
5.55		
5.01		
5.33		
5.01		
4.88		
5.31		
4.93		
5.06		
5.13		
Μέσος όρος: 5.25	Τιμή καταγραφικού σε mg/m³: 0.773mg/m³	Τιμή Αναλυτή: 0.755mg/m³

Όπως παρατηρούμε η διαφορά του καταγραφικού μας σε σχέση με του αναλυτή είναι πολύ μικρή (στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο που πολλές φορές δεν λαμβάνεται υπόψη) οπότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το καταγραφικό μας μετράει σωστά. Συνεπώς μπορούμε να προχωρήσουμε με τα αποτελέσματα της πρότυπης μεθόδου.

Τα αποτελέσματα της πρότυπης μεθόδου μέτρησης που γίνονταν παράλληλα είναι τα εξής:

A/A	Συγκέντρωση
1^η Μέτρηση 24/11/2017 10:03 – 10:43	1,086 mg/m ³
2^η Μέτρηση 24/11/2017 11:05 – 11:45	0,895 mg/m ³
3^η Μέτρηση 24/11/2017 11:05 – 11:45	0,997 mg/m ³

Το επόμενο βήμα μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι η συλλογή δεδομένων των αερίων για να πραγματοποιηθεί η κανονικοποίηση

5.2 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Με τον όρο κανονικοποίηση στην συγκεκριμένη περίπτωση εννοούμε την αναγωγή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες, σε συνθήκες αναφοράς. Οι συνθήκες αναφοράς είναι συνθήκες που είναι θεσπισμένες από την νομοθεσία και μας βοηθούν να έχουμε αποτέλεσμα που διατυπώνετε σε συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης και αφορά οποιοδήποτε αγωγό, ανεξάρτητα τις συνθήκες που επικρατούν την δεδομένη στιγμή. Για παράδειγμα αν έχουμε δύο μετρήσεις με την ίδια συγκέντρωση αλλά σε διαφορετική σύνθεση αερίων τότε η τελική τους συγκέντρωση θα διαφέρει.

Για να γίνει η κανονικοποίηση βασιζόμαστε σε τέσσερις παράγοντες:

- Θερμοκρασία αερίων που μετατρέπεται σε Κέλβιν και διαιρείτε με τον παράγοντα Κέλβιν στους 0°C (273,15K)
- Πίεση στην καμινάδα σε μονάδα hPa. Διαιρείτε με τον παράγοντα 1013
- Υγρασία που εμπεριέχεται στην σύνθεση των αερίων σε %. Για την αναγωγή ως προς υγρασία χρησιμοποιούμε τον τύπο $100/(100 - H_2O_{\text{αερίων}})$
- Περιεκτικότητα οξυγόνου στα αερία σε %. Για αναγωγή ως προς οξυγόνο χρησιμοποιούμε τον τύπο $(21 - O_{2\text{αναφοράς}})/(21 - O_{2\text{αερίων}})$. Το O₂ αναφοράς είναι η περιεκτικότητα αναφοράς του οξυγόνου ανάλογα με την εγκατάσταση και την παραγωγική διαδικασία. Παράδειγμα για τα διυλιστήρια είναι στο 3% ενώ στα τσιμεντάδικα είναι 10%. Το 21% στην συγκεκριμένη εξίσωση είναι η περιεκτικότητα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα.

Οπότε όταν υπάρχουν όλοι οι παράγοντες δημιουργείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$D_s = D_m \cdot ((T_m + 273,15)/273,15) \cdot (1013/P_m) \cdot (100/(100 - H_2O_m)) \cdot ((21 - O_{2r})/(21 - O_{2m}))$$

Όπου:

D_s Η συγκέντρωση (στην προκειμένη περίπτωση σωματιδίων) σε πραγματικές συνθήκες

D_m Η συγκέντρωση (στην προκειμένη περίπτωση σωματιδίων) σε μετρούμενες συνθήκες

T_m Η μετρούμενη θερμοκρασία των αερίων

P_m Η μετρούμενη πίεση των αερίων

H₂O_m Η μετρούμενη υγρασία των αερίων

O_{2r} Το οξυγόνο αναφοράς

O_{2m} Η περιεκτικότητα των αερίων σε οξυγόνο

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Τα μετρούμενα αποτελέσματα έχουν σαν μονάδα μέτρησης τα mg/m^3 . Όταν όμως κανονικοποιούνται η μονάδα τους γίνεται mg/Nm^3 (normalcubicmeter), dry&O_{2r}. Το Nm³ υποδηλώνει ότι έχει γίνει κανονικοποίηση σίγουρα ως προς θερμοκρασία και πίεση, το dry μας δείχνει ότι έχει γίνει κανονικοποίηση ως προς υγρασία και το O_{2r} ως προς οξυγόνο στην προκειμένη περίπτωση που οι μετρήσεις γίνανε σε τσιμεντάδικο το οξυγόνο αναφοράς είναι 10% οπότε η μονάδα θα γραφόταν ως εξής:

$$\text{mg}/\text{Nm}^3\text{dry}\&10\% \text{O}_2$$

Ακολουθεί η κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων που μετρήθηκαν.

Μετρήσεις αυτόματου εξοπλισμού

mA	mg/m ³	Temperature	Pressure	Humidity	O ₂	mg/Nm ³ , dry 10% O ₂
5.46	0.901	138	1014.3	11.2	10.6	1.558
5.16	0.718	137	1014.3	11.2	10.0	1.212
5.25	0.773	132	1014.3	10.6	10.4	1.328

Μετρήσεις πρότυπης μεθόδου

mg/m ³	Temperature	Pressure	Humidity	O ₂	mg/Nm ³ , dry 10% O ₂
1.086	136	1013.5	10.7	10.7	1.944
0.895	135	1013.5	10.9	10.3	1.542
0.997	130	1013.5	10.5	10.6	1.738

5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων χωρίζεται σε βήματα. Όλα τα βήματα είναι σύμφωνα με το πρότυπο του EN 14181.

- Αρχικά ελέγχουμε τις μη κανονικοποιημένες τιμές για τυχόν τιμές outlier. Outliers είναι η τιμή που προκύπτει από την διαφορά δύο μετρήσεων (αυτόματης και πρότυπης μεθόδου) διαιρούμενη με την τυπική απόκλιση της διαφοράς των μετρήσεων και είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή Z. Η κρίσιμη τιμή Z είναι η τιμή που ορίζεται από το πλήθος των μετρήσεων. Στην προκειμένη περίπτωση η κρίσιμη τιμή Z = 1.15 (Ολόκληρος ο πίνακας υπάρχει στο παράρτημα 4)

mg/m ³ Αυτομ. μεθόδου	mg/m ³ πρότυπης μεθόδου	Διάφορα μετρήσεων	Τιμή Z	Έλεγχος Outlier
0.901	1.086	0.185	0.411	OK
0.718	0.895	0.177	0.729	OK
0.773	0.997	0.225	1.140	OK
Μέση Τιμή		0.196		
Τυπική Απόκλιση		0.025		

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Η τυπική απόκλιση είναι η τυπική απόκλιση των διαφορών.

Η τιμή Z είναι η απόλυτη τιμή του γινομένου της μέση τιμή αφαιρούμενη με την διαφορά της εκάστοτε σειράς μετρήσεων διά της τυπικής απόκλισης π.χ για την πρώτη μέτρηση :

$$Z = (|0.196 - 0.185|) / 0.025 = 0.411$$

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχουν τιμές outlier.

- Το επόμενο που κάνουμε είναι να δημιουργήσουμε έναν πίνακα με: Μία στήλη τις διαφορές των κανονικοποιημένων τιμών, μία στήλη με την διαφορά της διαφοράς με την μέση τιμή των διαφορών και μία τρίτη στήλη με τα τετράγωνα της διαφοράς.

	mg/Nm³dry, 10% O₂ Αυτομ. Μεθ. (y')	mg/Nm³ dry, 10% O₂ Προ. Μεθ. (y)	D = y - y'	D - Dm	(D - Dm)²
	1.613	1.944	0.332	-0.025	0.001
	1.212	1.542	0.330	-0.027	0.001
	1.328	1.738	0.410	0.052	0.003
	Μέσος όρος		0.357		
Άθροισμα	4.153	5.225	1.072	0.000	0.004

- Έπειτα υπολογίζουμε την τυπική απόκλιση S_D που δίνεται από τον τύπο:

$$S_D = \sqrt{(1/(N-1)) * (D - Dm)^2}$$

Όπου N ο αριθμός των μετρήσεων

και (D - Dm)² το άθροισμα διαφορών στο τετράγωνο

$$\text{Συνεπώς } S_D = 0,045$$

- Για να είναι η μεταβλητότητα του αναλυτή αποδεκτή θα πρέπει S_D ≤ 1.5 * σ₀ * k_v
 Όπου σ₀ = ρ * E / 1,96 μερτο διάστημα εμπιστοσύνης των μετρήσεων (εξαρτάται από την παράμετρο μέτρησης) και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.3 και με E την οριακή τιμή των εκπομπών της μονάδας που τώρα ισούται με 5. Άρα σ₀ = 0.765.
 Όπου k_v παράμετρος που εξαρτάται από το πλήθος των μετρήσεων και στην προκειμένη είναι 0.8326 (Πλήρης πίνακας στο παράρτημα 4)
 Συνεπώς 1.5 * σ₀ * k_v = 0.956 άρα η ανισότητα S_D ≤ 1.5 * σ₀ * k_v ισχύει οπότε η μεταβλητότητα του αναλυτή είναι αποδεκτή.
- Τέλος για να ελέγξουμε την εγκυρότητα της συνάρτησης βαθμονόμησης θα πρέπει να ισχύει η ανισότητα |Dm| ≤ (t_{0,95} * (N-1) * S_D / √N) + σ₀

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

Όπου $t_{0.95}$ τιμή της κατανομής Student για διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Η τιμή αυτή εξαρτάται από το πλήθος των μετρήσεων και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 2.92

(Πλήρης πίνακας στο παράρτημα 4)

$$\text{Άρα } |Dm| \leq (t_{0.95} * (N-1) * S_D / \sqrt{N}) + \sigma_0 \Rightarrow |Dm| \leq 0.842$$

Αφού το $|Dm| = 0.357$, η ανισότητα ισχύει άρα και η συνάρτηση βαθμονόμησης είναι έγκυρη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΠΛΗΡΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

```
#include <SFE_BMP180.h>
//Βιβλιοθήκη Real Time Clock
#include "ds3231.h"
#define BUFF_MAX 256
unsigned long prev = 5000, interval = 5000;
#include <Wire.h>
//Βιβλιοθήκη Touch Screen και SD Logger
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <UTFT.h>
#include <URTouch.h>
#include <URTouchCD.h>
//Βιβλιοθήκηθερμοκρασίας
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
//ΒιβλιοθήκηΥγρασίας
#include "DHT.h"
//Ορισμός στα pins θερμοκρασίας και υγρασίας
#define DHTPIN 12
#define DHTTYPE DHT11
#define DATA_PIN 11
#define ONE_WIRE_BUS 11
#define SENSOR_RESOLUTION 11
#define SENSOR_INDEX 11
#define ALTITUDE 20.0
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature temp(&oneWire);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
const int chipSelect = 53;
//Εναρξη αισθητηρίου πίεσης
SFE_BMP180 pressure;
// Δημιουργία αρχείο για την εγγραφή
File logfile;
//Ορισμό pins για την λειτουργία της οθόνης
UTFT myGLCD(ILI9341_16,38,39,40,41);
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
//Ορισμό pins για την λειτουργία της αφής
URTouch myTouch( 6, 5, 4, 3, 2);
// Περιγραφή του μεγέθους των γραμμάτων που θα χρησιμοποιηθεί
extern uint8_t BigFont[];
extern uint8_t SmallFont[];
int x, y;
char stCurrent[20]="";
int stCurrentLen=0;
char stLast[20]="";
int currentPage;
//Ορισμός pin για έλεγχο φωτισμού
int lumPin = A1;
//Δίνετε αρχική τιμή στην παράμετρο έτσι ώστε να γίνει η αποθήκευση
int lumValue = 0;
//Ορισμός pin για καταγραφή miliampere
float milampPin1 = A8;
//Δίνετε αρχική τιμή στην παράμετρο έτσι ώστε να γίνει η αποθήκευση
float milampValue1 = 0;
float milampPin2 = A9;
float milampValue2 = 0;
float milampPin3 = A10;
float milampValue3 = 0;
float milampPin4 = A11;
float milampValue4 = 0;
float milampPin5 = A12;
float milampValue5 = 0;
float milampPin6 = A13;
float milampValue6 = 0;
float milampPin7 = A14;
float milampValue7 = 0;
float milampPin8 = A15;
float milampValue8 = 0;
/*Διαδικασίες φτιαγμένες για την δημιουργία του περιβάλλοντος
της οθόνης αφής*/
//Κουμπιά
void drawButtons()
{
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
myGLCD.setFont(BigFont);
// Draw the data log
myGLCD.setColor(47, 79, 79);
//to 10 einai i arxh kai to 300 to telos 150 pou einai kai 230 paxos
myGLCD.fillRoundRect (20, 20, 290, 100);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (20, 20, 290, 100);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
myGLCD.print("Data Logger", CENTER, 50);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
// Draw the meteo station
myGLCD.setColor(47, 79, 79);
//to 10 einai i arxh kai to 300 to telos 150 pou einai kai 230 paxos
myGLCD.fillRoundRect (20, 120, 290, 200);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (20, 120, 290, 200);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
myGLCD.print("Meteo Station", CENTER, 150);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.setColor(255, 0, 0); // Sets color to red
myGLCD.print("Dimopoulos ais0092", CENTER, 215);
}
//Μετεωρολογικός σταθμός
void meteo (){
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.print("Temperature", 20, 20);
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.print("Humidity", 20, 40);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.print("Abs. Pressure", 20, 60);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.print("Light", 20, 80);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
```

```
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setColor (47, 79, 79);
myGLCD.fillRect (150, 150, 290, 200);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (150, 150, 290, 200);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
myGLCD.print("Back", 180, 160);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.setColor(255, 0, 0); // Sets color to red
myGLCD.print("Dimopoulos ais0092", CENTER, 215);
}
//Μενούκαταγραφών
void datalogger(){
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.print("1st AO:", 20, 20);
myGLCD.print("2st AO:", 20, 40);
myGLCD.print("3st AO:", 20, 60);
myGLCD.print("4st AO:", 20, 80);
myGLCD.print("5st AO:", 20, 100);
myGLCD.print("6st AO:", 170, 20);
myGLCD.print("7st AO:", 170, 40);
myGLCD.print("8st AO:", 170, 60);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
myGLCD.setColor(47, 79, 79);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.fillRect (150, 150, 290, 200);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (150, 150, 290, 200);
myGLCD.setBackgroundColor (47, 79, 79);
myGLCD.print("Back", 180, 160);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setBackgroundColor (0, 0, 0);
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0); // Sets color to red
myGLCD.print("Dimopoulos ais0092", CENTER, 215);
myGLCD.setFont(BigFont);
}
// Σχεδίαση κόκκινου πλαισίου όταν ακουμπάμε ένα κουμπί
void waitForIt(int x1, int y1, int x2, int y2)
{
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (x1, y1, x2, y2);
while (myTouch.dataAvailable())
myTouch.read();
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (x1, y1, x2, y2);
}
//Προγραμματιστικό κομμάτι
void setup(){
Serial.begin(9600);
myGLCD.InitLCD();
//Καθαρισμός οθόνης
myGLCD.clrScr();
myTouch.InitTouch();
myTouch.setPrecision(PREC_MEDIUM);
//Μέγεθος γραμματοσειράς και χρώματος στην κεντρική οθόνη
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 255);
//Ορισμός αριθμητικά αρχικής σελίδας (0)
currentPage == 0;
//Καλούμε την συνάρτηση της δημιουργίας κουμπιών
drawButtons();
//Ξεκινάμε τα αισθητήρια
dht.begin();
temp.begin();
pressure.begin();
Wire.begin();
//Ξεκινάειτο RTC
DS3231_init(DS3231_INTCN);
DS3231_clear_alf();
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
pinMode(chipSelect, OUTPUT);
digitalWrite(chipSelect, HIGH);
//Ξεκινάειτο datalogger
SD.begin(chipSelect);
//Δημιουργίααρχείου
char filename[] = "LOGGER00.CSV";
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
  filename[6] = i/10 + '0';
  filename[7] = i%10 + '0';
if (! SD.exists(filename)) {
  // Άνοιγμα αρχείου και δημιουργία επικεφαλίδων
logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
  logfile.print("Date & Time");logfile.print(";");
  logfile.print("mA1");logfile.print(";");
  logfile.print("mA2");logfile.print(";");
  logfile.print("mA3");logfile.print(";");
  logfile.print("mA4");logfile.print(";");
  logfile.print("mA5");logfile.print(";");
  logfile.print("mA6");logfile.print(";");
  logfile.print("mA7");logfile.print(";");
  logfile.println("mA8");
  break;
}
}
}

void loop(){
char buff[BUFF_MAX];
//Δημιουργία ώρας σε πραγματικό χρόνο
unsigned long now = millis();
  struct ts t;
  DS3231_get(&t);
  sprintf(buff, BUFF_MAX, "%d.%02d.%02d %02d:%02d:%02d", t.year,
    t.mon, t.mday, t.hour, t.min, t.sec);
//Καταχώρηση τιμής αισθητηρίου υγρασίας
float h = dht.readHumidity();
//Μετατροπή σε string για εμφάνιση στην οθόνη
```


Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
String hchar = String(h, 1);
//Αίτημα για τιμή θερμοκρασίας
temp.requestTemperatures();
//Καταχώρηση τιμής αισθητηρίου θερμοκρασιας
float temperatureInCelsius = temp.getTempCByIndex((0));
String tempchar = String (temperatureInCelsius, 1);
//Για την πίεση
char status;
double T,P,p0,a;
status = pressure.startTemperature();
status = pressure.getTemperature(T);
status = pressure.startPressure(3);
status = pressure.getPressure(P,T);
String Pchar = String (P, 1);
//Καταχώρηση αναλογικής τιμής αισθητηρίου φωτός
float luminusV = analogRead(lumPin);
//Μετατροπή αναλογικού σήματος σε Volt
float lum = luminusV*(0.0048);
//Καταχώρηση αναλογικών σημάτων των mA
//Serial.print(temperatureInCelsius);
// Serial.print(h);
Serial.print(buff);
float v0 = analogRead (milampPin1);
float v1 = analogRead (milampPin2);
float v2 = analogRead (milampPin3);
float v3 = analogRead (milampPin4);
float v4 = analogRead (milampPin5);
float v5 = analogRead (milampPin6);
float v6 = analogRead (milampPin7);
float v7 = analogRead (milampPin8);
/* Μετατροπή της ένδειξης του αισθητηρίου σε volt
Επίσης για να διαβάσουμε την ένδειξη των mA βάζουμε μία
αντίσταση 240Ω για να μετατρέπει το σήμα ρεύματος σε τάση.
Οπότε διαιρούμε την μετατρεπόμενο σήμα με την αντίσταση για να βρούμε την
τάση*/
float v00= v0*(0.0048);float ma0 = (v00/240)*1000;
float v11= v1*(0.0048);float ma1 = (v11/240)*1000;
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
float v22= v2*(0.0048);float ma2 = (v22/240)*1000;
float v33= v3*(0.0048);float ma3 = (v33/240)*1000;
float v44= v4*(0.0048);float ma4 = (v44/240)*1000;
float v55= v5*(0.0048);float ma5 = (v55/240)*1000;
float v66= v6*(0.0048);float ma6 = (v66/240)*1000;
float v77= v7*(0.0048);float ma7 = (v77/240)*1000;
//Εκτυπώνουμε την τιμή στην οθόνη και την καταγράφουμε
logfile.print(buff);logfile.print(";");
logfile.print(ma0);logfile.print(";");
logfile.print(ma1);logfile.print(";");
logfile.print(ma2);logfile.print(";");
logfile.print(ma3);logfile.print(";");
logfile.print(ma4);logfile.print(";");
logfile.print(ma5);logfile.print(";");
logfile.print(ma6);logfile.print(";");
logfile.print(ma7);logfile.println();
logfile.flush();
//Ελεγχος εάν είμαστε στην κεντρική σελίδα
if (currentPage == 0) {
    if (myTouch.dataAvailable()) {
myTouch.read();
        // Συντεταγμένες X όταν πατηθεί η οθόνη
        x=myTouch.getX();
        // Συντεταγμένες Y όταν πατηθεί η οθόνη
        y=myTouch.getY();
        // Εάν πατήσουμε το κουμπί του Datalogger
if ((x>=20) && (x<=290) && (y>=20) && (y<=100)) {
            waitForIt(20, 20, 290, 100);
/*Κάνουμε την ένδειξη 1 έτσι ώστε στον έλεγχο πιο κάτω
        * να δείξουμε σε ποια οθόνη είμαστε*/
currentPage = 1;
            myGLCD.clrScr(); // Clears the screen
        }
        // Εάν πατήσουμε το κουμπί του Meteo
if ((x>=20) && (x<=290) && (y>=120) && (y<=200)) {
            waitForIt(20, 120, 290, 200);
            currentPage = 2;
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
        myGLCD.clrScr();
    }
}
}

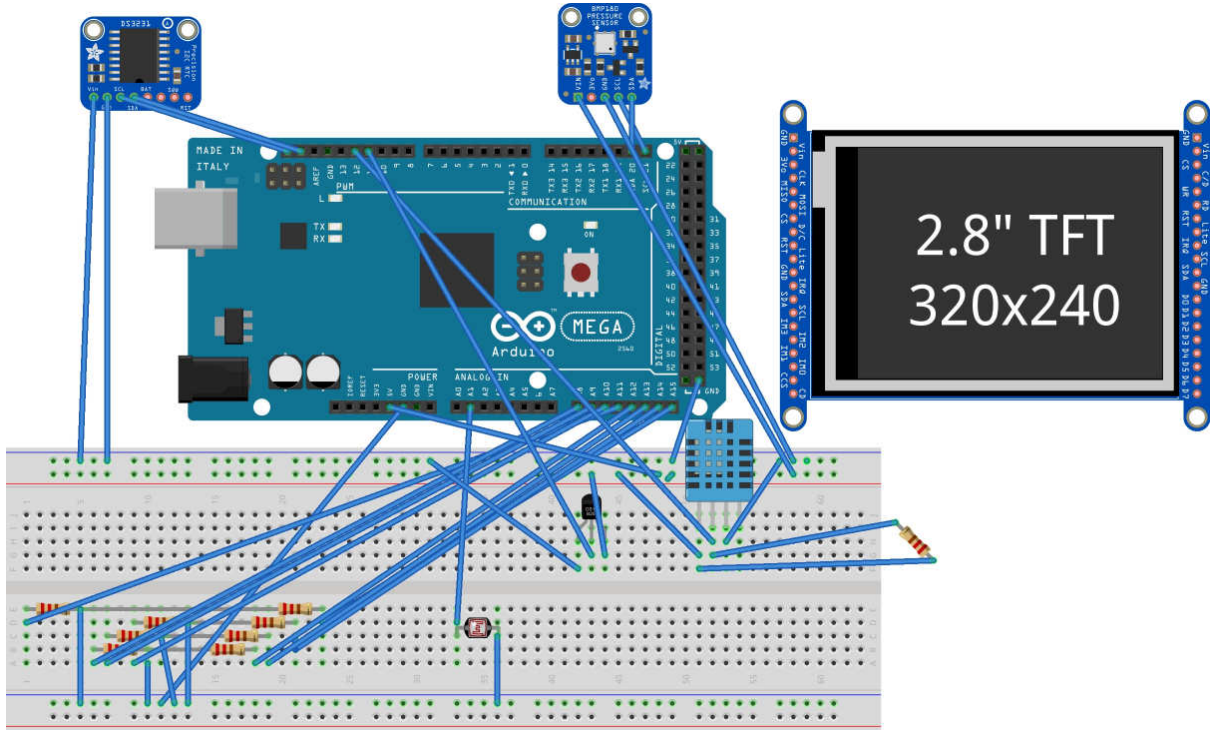
//Εάνέχειπατηθείτο Datalogger
if (currentPage == 1) {
    datalogger();
    //Δημιουργία οθόνης και εμφάνιση των σημάτων
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(0, 255, 0);
myGLCD.printNumF(ma0,2,90,20);
myGLCD.print("mA",135,20);
myGLCD.printNumF(ma1,2,90,40);
myGLCD.print("mA",135,40);
myGLCD.printNumF(ma2,2,90,60);
myGLCD.print("mA",135,60);
myGLCD.printNumF(ma3,2,90,80);
myGLCD.print("mA",135,80);
myGLCD.printNumF(ma4,2,90,100);
myGLCD.print("mA",135,100);
myGLCD.printNumF(ma5,2,240,20);
myGLCD.print("mA",285,20);
myGLCD.printNumF(ma6,2,240,40);
myGLCD.print("mA",285,40);
myGLCD.printNumF(ma7,2,240,60);
myGLCD.print("mA",285,60);
    if (myTouch.dataAvailable()) {
        myTouch.read();
        x=myTouch.getX();
        y=myTouch.getY();
//Όταν πατάμε το κουμπί για επιστροφή στην αρχική οθόνη
if ((x>=150) && (x<=290) &&(y>=150) && (y<=200)) {
        waitForIt(150, 150, 290, 200);
        currentPage = 0;
        myGLCD.clrScr();
        drawButtons();
    }
}
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

```
    }  
  }  
  // Εανέχειπατηθεί Meteo  
  if (currentPage == 2) {  
    meteo();  
    //Εμφάνιση θερμοκρασίας υγρασίας, έντασης φωτός και πίεσης  
    myGLCD.setColor(0, 255, 0);  
    myGLCD.print(tempchar, 140, 20);  
    myGLCD.print("oC", 200, 20);  
    myGLCD.print(hchar, 140, 40);  
    myGLCD.print("%", 200, 40);  
    myGLCD.print(Pchar, 140, 60);  
    myGLCD.print("mbar", 200, 60);  
    if (lum <= 2.0){  
      myGLCD.print( "Bright",160,80);  
    }  
    if (lum > 2.0 & lum <= 4.0){  
      myGLCD.print ( "Light",160,80);  
    }  
    if (lum >4.0 & lum <=5.0){  
      myGLCD.print ("Dark",160,80);  
    }  
  }  
  //Όταν πατάμε το κουμπί για επιστροφή στην αρχική οθόνη  
  if (myTouch.dataAvailable()) {  
    myTouch.read();  
    x=myTouch.getX();  
    y=myTouch.getY();  
    if ((x>=150) && (x<=290) &&(y>=150) && (y<=200)) {  
      waitForIt(150, 150, 290, 200);  
      currentPage = 0;  
      myGLCD.clrScr();  
      drawButtons();  
    }  
  }  
}
```

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

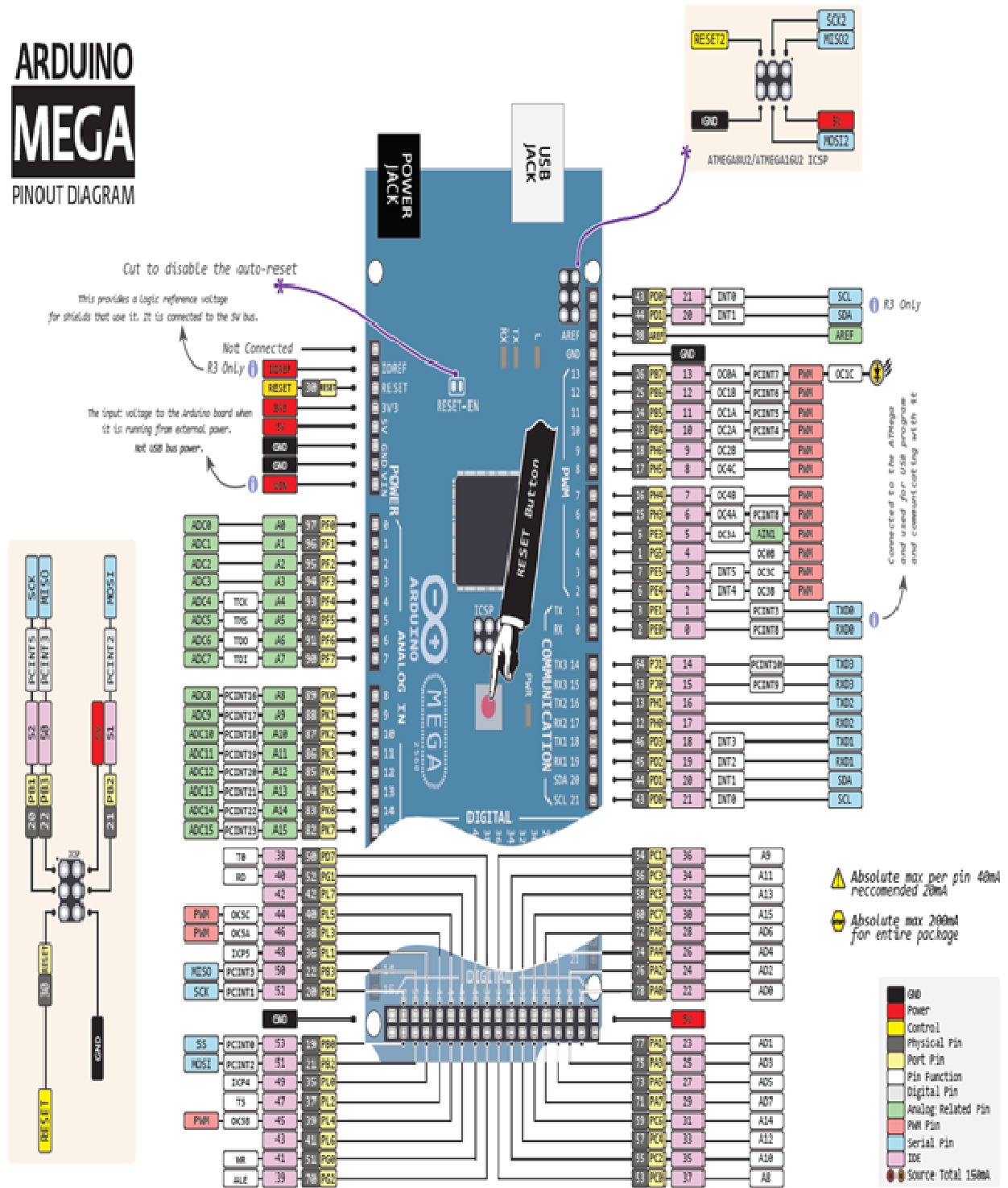
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



fritzing

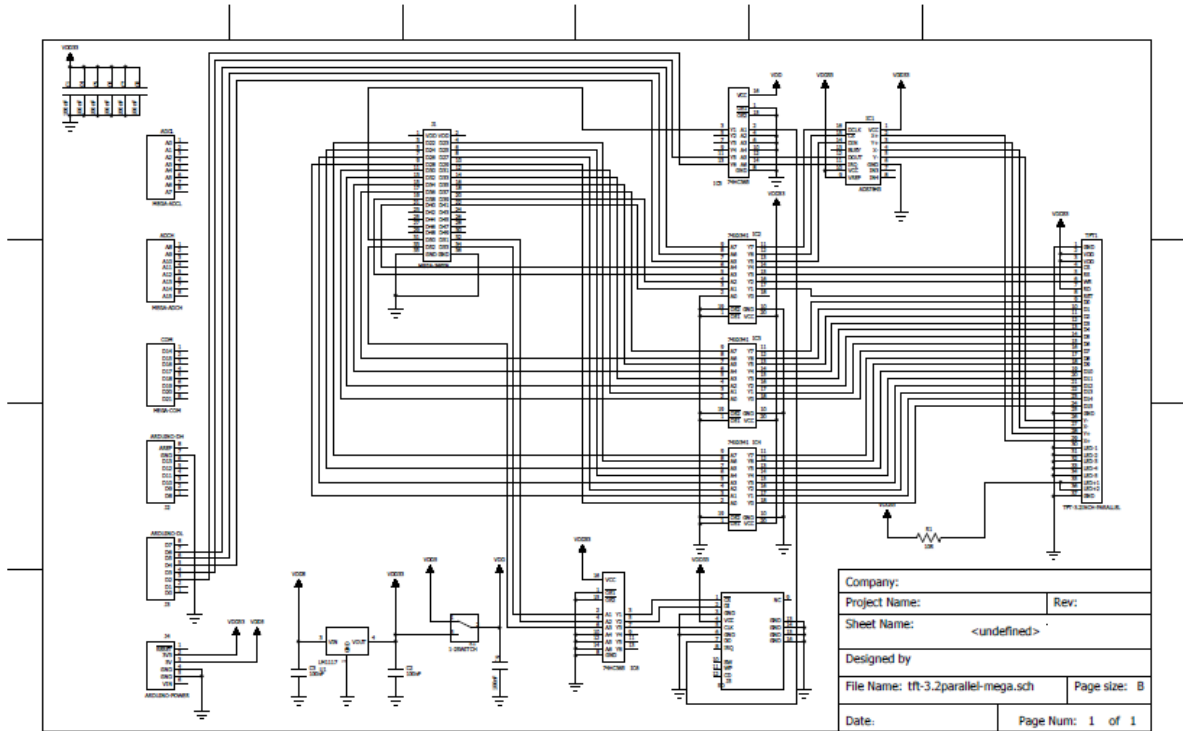
Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ARDUINO MEGA
PINOUT DIAGRAM



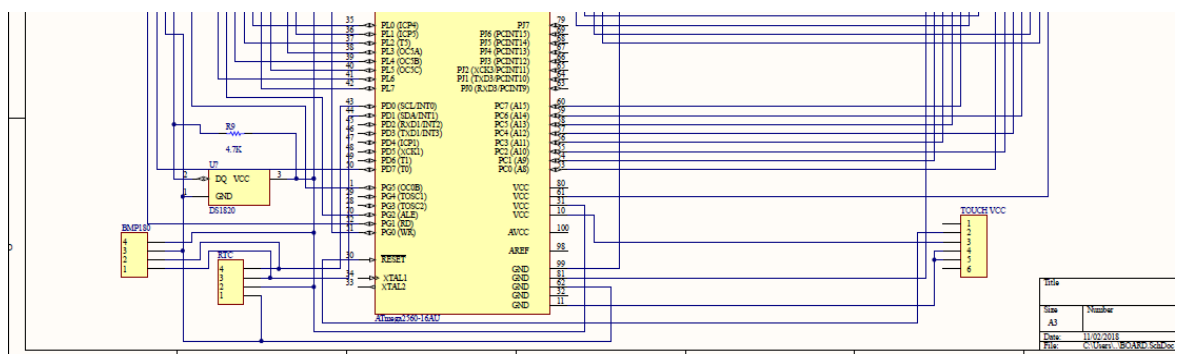
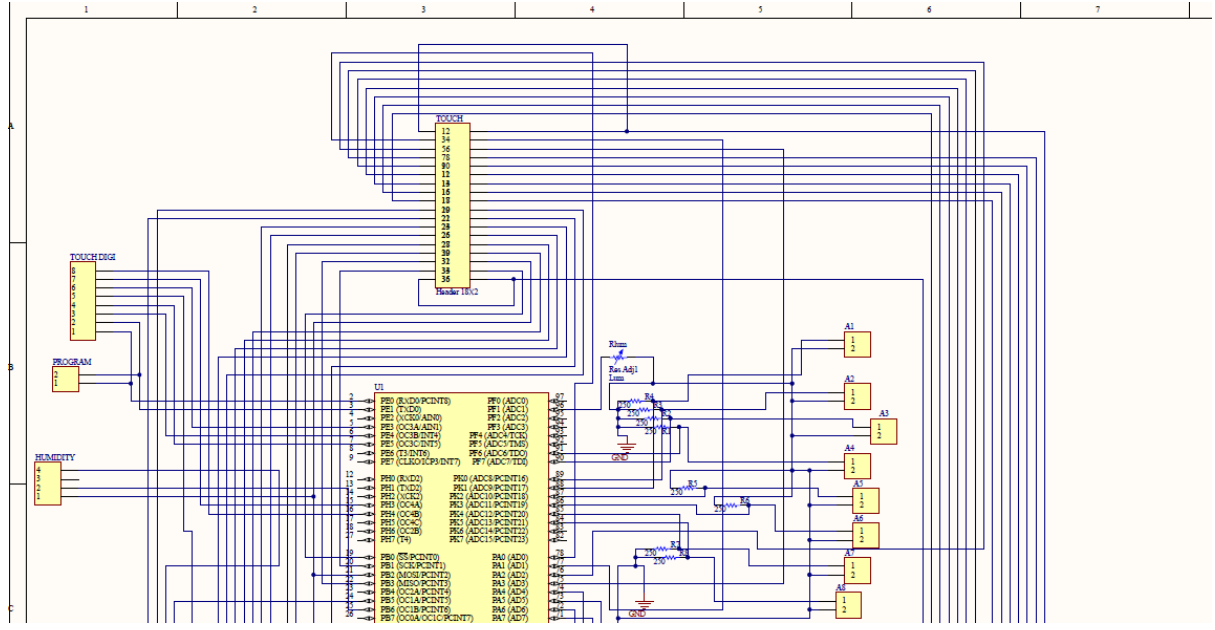
Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΑΚΕΤΑΣ



TFT οθόνη

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων



Πλακέτα Arduino

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ

Κρίσιμη Τιμή Z

Πλήθος μετρήσεων	Κρίσιμη τιμή Z
3	1.15
4	1.48
5	1.71
6	1.89
7	2.02
8	2.13
9	2.21
10	2.29
11	2.34
12	2.41
13	2.46
14	2.51
15	2.55
16	2.59
17	2.62
18	2.65
19	2.68
20	2.71
21	2.73
22	2.76
23	2.78
24	2.8
25	2.82
26	2.84
27	2.86
28	2.88
29	2.89
30	2.91

Υλοποίηση μετεωρολογικού σταθμού και καταγραφικού δεδομένων αναλυτή αερίων ρύπων με ελεγκτή ARDUINO MEGA . Ανάλυση, κανονικοποίηση και συγκριτική μελέτη αποτελεσμάτων

k_v και $t_{0,95}$

Αριθμός παράλληλων μετρήσεων N	$k_v(N)$	$t_{0,95} (N-1)$
3	0.8326	2.92
4	0.8881	2.353
5	0.9161	2.132
6	0.9329	2.015
7	0.9441	1.943
8	0.9521	1.895
9	0.9581	1.86
10	0.9629	1.833
11	0.9665	1.812
12	0.9695	1.796
13	0.9721	1.782
14	0.9742	1.771
15	0.9761	1.761
16	0.9777	1.753
17	0.9791	1.746
18	0.9803	1.74
19	0.9814	1.734
20	0.9824	1.729
25	0.9861	1.711
30	0.9885	1.701

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οδηγία ΕΕ 2010/75

Πρότυπα περιβαλλοντικών μετρήσεων:

EN 14181

EN 14789

EN 14790

EN 14791

EN 13284

EN 15058

EN 1911

ISO 15713

CEN/TS 13649

Sick Manual αναλυτών:

GM 31

GM 32

GM 35

GM700

T200

MONOCOLOR

Manual Horiba PG250

https://en.wikipedia.org/wiki/Beer%E2%80%93Lambert_law

<http://ikee.lib.auth.gr/record/280332/files/GRI-2015-15570.pdf>

[https://el.wikipedia.org/wiki/Ppm_\(%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B1_%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Ppm_(%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B1_%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82))

Arduino Libraries Github

Arduino Site