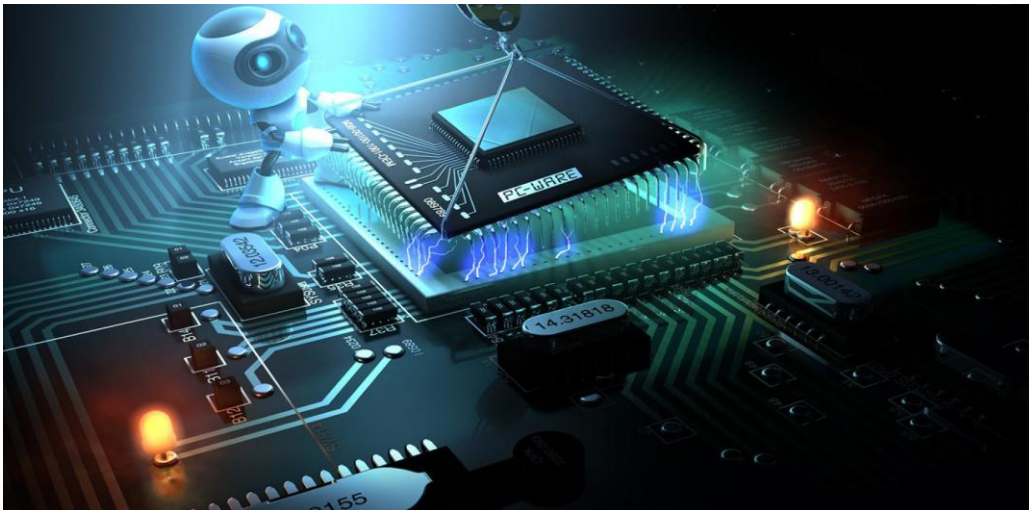


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υλοποίηση συστήματος ηλεκτρονικής μύτης για την
ανίχνευση και ταξινόμηση πτητικών οργανικών ενώσεων.
Εφαρμογή στην αναγνώριση φυσικών αρωμάτων



Φοιτητής:

Καρούτης Νικηφόρος, Α.Ε.Μ. 2685

Επιβλέπων:

Ιωάννης Καλόμοιρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Υπεύθυνη Δήλωση : Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πληροφορικής & Επικοινωνιών του Τ.Ε.Ι. Σερρών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ηλεκτρονικές μύτες είναι συστήματα που ανιχνεύουν πτητικές ουσίες όπως αρώματα, οργανικά μόρια κ.α. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα σύστημα συλλογής δεδομένων και μια συστοιχία αισθητήρων που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις προς ανίχνευση ουσίες.

Στην παρούσα μελέτη υλοποιείται ένα σύστημα ηλεκτρονικής μύτες για την ανίχνευση αρωμάτων, που βρίσκονται στους ερυθρούς οίνους. Χρησιμοποιείται ένα σύνολο 6 αισθητήρων που ανιχνεύουν πτητικές ουσίες (VOCs). Κατασκευάστηκε ειδικός θάλαμος αισθητήρων, από αλουμίνιο, ειδικά προστατευμένος από τους θορύβους. Η έξοδος των αισθητήρων συνδέεται με τις αναλογικές εισόδους ενός μικροελεγκτή PIC16F877A, που ψηφιοποιεί τα δεδομένα και τα στέλνει μέσω της σειριακής επικοινωνίας στον υπολογιστή. Ο υπολογιστής εκτελεί μία εφαρμογή που προβάλλει και καταγράφει τα δεδομένα.

Περιεχόμενα

(*ctrl+click στο κεφάλαιο/υποκεφάλαιο σε πηγαίνει στην σελίδα του)

Πρόλογος.....	7
Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή.....	8
1.1 Εισαγωγή στους μικροελεγκτές.....	8
1.2 Εισαγωγή στα Συστήματα συλλογής δεδομένων με τη χρήση του Labview.....	9
1.3 Εισαγωγή στην ηλεκτρονική μύτη.....	10
1.4 Εισαγωγή στο Σύστημα ηλεκτρονική μύτης.....	10
Κεφάλαιο 2^ο Σύστημα συλλογής δεδομένων.....	12
2.1 κύκλωμα data acquisition.....	12
 2.1.1 Το κύκλωμα.....	12
2.2 Ο μικροελεγκτής.....	15
 2.2.1 Configuration bits.....	15
 2.2.2 Inputs/Outputs.....	17
 2.2.3 Σειριακή επικοινωνία.....	18
 2.2.4 Analog to Digital Converter.....	20
2.3 Η εφαρμογή σε C.....	21
2.4 Η εφαρμογή στο Labview.....	22
 2.4.1 front panel.....	22
 2.4.2 block diagram.....	23
2.5 Η πλακέτα.....	25
2.6 Συνδεσμολογία της πλακέτας.....	27
Κεφάλαιο 3^ο Σύστημα ηλεκτρονικής μύτης.....	28

<u>3.1 Αισθητήρες.....</u>	<u>28</u>
<u>3.1.1 Gas sensor MQ2.....</u>	<u>30</u>
<u>3.1.2 Gas sensor MQ3.....</u>	<u>30</u>
<u>3.1.3 Figaro TGS 822.....</u>	<u>31</u>
<u>3.1.4 Figaro TGS 2602.....</u>	<u>32</u>
<u>3.1.5 Gas sensor MQ5.....</u>	<u>33</u>
<u>3.1.6 Gas sensor MQ4.....</u>	<u>34</u>
<u>3.2 Συνδεσμολογία Αισθητήρων.....</u>	<u>34</u>
<u>3.3 Η πλακέτα.....</u>	<u>35</u>
<u>3.4 Το chamber.....</u>	<u>36</u>
<u>Κεφάλαιο 4^ο Μετρήσεις – Αποτελέσματα.....</u>	<u>38</u>
<u>4.1 Παράμετροι δεδομένων μέτρησης.....</u>	<u>38</u>
<u>4.2 Μετρήσεις Αρωμάτων.....</u>	<u>39</u>
<u>4.2.1 Μετρήσεις Αρώματος Φράουλας.....</u>	<u>41</u>
<u>4.2.1.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Φράουλας.....</u>	<u>42</u>
<u>4.2.1.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Φράουλας.....</u>	<u>44</u>
<u>4.2.1.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Φράουλας.....</u>	<u>46</u>
<u>4.2.2 Μετρήσεις Αρώματος Κερασιού.....</u>	<u>47</u>
<u>4.2.2.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Κερασιού.....</u>	<u>48</u>
<u>4.2.2.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Κερασιού.....</u>	<u>50</u>
<u>4.2.2.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Κερασιού.....</u>	<u>52</u>
<u>4.2.3 Μετρήσεις Αρώματος Κασσίς.....</u>	<u>53</u>
<u>4.2.3.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Κασσίς.....</u>	<u>54</u>
<u>4.2.3.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Κασσίς.....</u>	<u>56</u>
<u>4.2.3.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Κασσίς.....</u>	<u>58</u>
<u>Κεφάλαιο 5^ο Αρώματα και οίνοι ερυθροί.....</u>	<u>60</u>

<u>Κεφάλαιο 6° Συμπεράσματα - Επίλογος</u>	<u>65</u>
<u>Βιβλιογραφία.....</u>	<u>67</u>
<u>Παραρτήματα με κώδικες:</u>	<u>68</u>
<u>Κώδικας μικροελεγκτή σε C.....</u>	<u>68</u>

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια προηγούμενης πτυχιακής εργασίας, της συμφοιτήτριάς μου Δέσποινας Ζαμπόγλου, η οποία είχε ασχοληθεί με την καταγραφή μετρήσεων από δείγματα τρούφας.

Η δική μας εργασία, επέκτεινε και τελειοποίησε το πρωτόλειο πρωτότυπο και επέλυσε βασικά προβλήματα, σχετικά με το θόρυβο των μετρήσεων και την εισαγωγή και εξαγωγή των αέριων αρωμάτων στο θάλαμο μετρήσεων.

Η εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο του Τομέα Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών και Βιομηχανικών Εφαρμογών, που μας παρείχε τη βασική υποστήριξη. Σπουδαία ήταν η βοήθεια που μου έδωσε ο συμφοιτητής μου Δημήτριος Μπογάς, ο οποίος μου διέθεσε το προσωπικό του CNC που αποτελεί ιδιοκατασκευή. Το CNC χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να χαράξουμε τις ηλεκτρονικές πλακέτες και να κόψουμε τα εξαρτήματα του θαλάμου αισθητήρων.

Πολλές ευχαριστίες οφείλονται στη μητέρα μου κυρία Μαρία Λευκίδου, Χημικό, οινολόγο, η οποία μου διέθεσε στοιχεία σχετικά με το χαρακτηρισμό των αρωμάτων των ερυθρών οίνων.

Τέλος, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή Ιωάννη Καλόμοιρο, για την υποστήριξη και τη βοήθειά του.

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στους μικροελεγκτές

Μικροελεγκτής είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει μικροεπεξεργαστή, ενσωματωμένη μνήμη και περιφερειακά ενώ επίσης διαθέτει διάφορες θύρες εισόδου / εξόδου για επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές.

Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με έναν μικροϋπολογιστή. Όπως ακριβώς ένας μικροϋπολογιστής αποτελείται από επεξεργαστή, μνήμη, περιφερειακές συσκευές και εκτελεί προγράμματα, έτσι κι ένας μικροελεγκτής διαθέτει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και μάλιστα είναι ενσωματωμένα σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Σήμερα οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται πολύ σε ευρύτατο φάσμα εφαρμογών στη βιομηχανία, στις τηλεπικοινωνίες και γενικότερα όπου απαιτείται ψηφιακός έλεγχος. Υπάρχουν δεκάδες τύποι μικροελεγκτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο - άλλοι ιδιαίτερα ισχυροί και άλλοι με λιγότερες δυνατότητες. Ένας μικροελεγκτής επιλέγεται για την υλοποίηση μιας εφαρμογής με βάση δύο κριτήρια:

- ♣ Τις απαιτούμενες δυνατότητες ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες της εφαρμογής και

- ♣ Το κόστος

Ο μικροελεγκτής PIC16F877A συνδυάζει το χαμηλό κόστος με μια πληθώρα δυνατοτήτων όπως:

- Flash μνήμη προγράμματος
- Πέντε θύρες εισόδου / εξόδου
- Μνήμη δεδομένων EEPROM
- Ενσωματωμένα κυκλώματα για σειριακή επικοινωνία (SPI, I²C, EUSART)
- Μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D Converter)
- Ενσωματωμένα κυκλώματα Capture/Compare/PWM
- Αναλογικοί συσχετιστές (Analog Comparators)
- Κύκλωμα παραγωγής τάσης αναφοράς (Voltage Reference)

Επιπλέον ο μικροεπεξεργαστής που περιλαμβάνει ο PIC16F877A είναι αρχιτεκτονικής RISC (Reduced Instruction Set Computing), ένα χαρακτηριστικό που του προσδίδει δυνατότητα εκτέλεσης εντολών με μεγάλη ταχύτητα. Κάθε

εντολή του μικροελεγκτή εκτελείται σε ένα κύκλο ρολογιού, εκτός των εντολών διακλάδωσης που εκτελούνται σε δύο κύκλους.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται ο μικροελεγκτής PIC16F877A. Συγκεκριμένα, από τα βασικά του στοιχεία, χρησιμοποιούνται: ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ADC (Analog to Digital Converter) και η σειριακή θύρα του ως μονάδα ασύγχρονης σειριακής επικοινωνίας.

1.2 Εισαγωγή στα Συστήματα συλλογής δεδομένων με τη χρήση του Labview

Η σχεδίαση και ανάπτυξη ηλεκτρονικών διατάξεων για την πραγματοποίηση μετρήσεων ορίζει τα ηλεκτρονικά συστήματα μετρήσεων. Τα ηλεκτρονικά συστήματα μετρήσεων αποτελούν ένα από τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος ελέγχου διότι σε μεγάλο βαθμό η ευστοχία του συστήματος αποτελεί συνάρτηση της ακρίβειας των μετρήσιμων μεγεθών. Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας μιλάμε για συλλογή δεδομένων (Data Acquisition, DAQ). Συλλογή δεδομένων καλείται η μέθοδος μέσω της οποίας μεγέθη όπως η τάση, το ρεύμα, η πίεση, η ροή, η θερμοκρασία, κ.α., συλλέγονται, απεικονίζονται, και καταγράφονται μέσω υπολογιστικής μονάδας. Για το σκοπό αυτό ένα σύστημα συλλογής δεδομένων (data acquisition system) μετατρέπει το εισερχόμενο αναλογικό σήμα σε ψηφιακό.

Υπεύθυνο για την επεξεργασία των αποκτημένων πληροφοριών είναι το λογισμικό που φέρει το σύστημα DAQ, μέσω του οποίου εκτελούνται λειτουργίες όπως: μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών, ανάλυση σήματος στο πεδίο της συχνότητας / χρόνου, στατιστική ανάλυση σήματος, και πλήθος άλλων επεξεργασιών. Με τη χρησιμοποίηση μονάδων υψηλής τεχνολογίας, και λογισμικών επεξεργασίας σημάτων όπως το LabVIEW, μπορεί να επιτευχθεί υψηλή ακρίβεια μέτρησης και ελέγχου της πληροφορίας του σήματος σε εργαστηριακή ή βιομηχανική εφαρμογή. Το λογισμικό LabVIEW™ (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) είναι μία πανίσχυρη γλώσσα προγραμματισμού μετρήσεων, έλεγχου και ανάλυσης για συστήματα συλλογής δεδομένων. Σε αυτή τη γραφική γλώσσα προγραμματισμού που καλείται “G”, ο προγραμματισμός επιτυγχάνεται σε δομικά διαγράμματα (block diagram). Μέσω του LabVIEW - που συνδυάζει λογισμικό και υλικό για την συλλογή δεδομένων (data acquisition) και τον έλεγχο εφαρμογών (system control) μέσω καρτών-μονάδων (devices) - ο μηχανικός μπορεί να αναπτύξει το δικό του σύστημα μετρήσεων και ελέγχου καλύπτοντας πλήρως τις απαιτήσεις του. Η μορφή των εντολών του LabVIEW δεν περιλαμβάνει χρήση λεκτικών εντολών, αλλά γραφικών. Με τη χρησιμοποίηση των γραφικών εντολών αναπτύσσεται ο

κώδικας της εφαρμογής κατά τον οποίο μπορούν να πραγματοποιηθούν: συλλογή, έλεγχος, επεξεργασία και καταγραφή των μετρήσεων για τον έλεγχο του συστήματος. Σε συνδυασμό με το αυτοματοποιημένο λογισμικό εργαλείο DAQ Assistant στο περιβάλλον του LabVIEW μπορούμε να προγραμματίσουμε και να ελέγξουμε λειτουργίες των συσκευών όπως: ρυθμό δειγματοληψίας (Sample\Rate), καθορισμό πεδίου τιμών I/O (Voltage limit), καθορισμό τρόπου σύνδεσης I/O (RSE, DIFF, NRSE), προσδιορισμό χρονιστών και ψηφιακών I/O, καθορισμό βαθμονόμησης του μεγέθους, και πλήθος άλλων επιλογών σε κάθε συγκεκριμένη συσκευή DAQ. Για την ταχύτερη ανάπτυξη εφαρμογών, το LabVIEW παρέχει ειδικά εικονικά όργανα τα οποία καλούνται Express VIs καθιστώντας το χρόνο προγραμματισμού και της ανάπτυξης των εφαρμογών ταχύτερο.

1.3 Εισαγωγή στην ηλεκτρονική μύτη

Οι «ηλεκτρονικές μύτες» είναι περίπλοκοι αισθητήρες που δημιουργούν ψηφιακά αποτυπώματα των οσμών. Χρησιμοποιούνται από έναν αυξανόμενο αριθμό βιομηχανιών για τον ποιοτικό έλεγχο και την ανάπτυξη προϊόντων. Οι εταιρείες παρασκευής τροφίμων ίσως είναι πλέον έτοιμες να ακολουθήσουν το παράδειγμα.

Απ' όλες τις ανθρώπινες αισθήσεις, η όσφρηση είναι πάντα η πιο αυθαίρετα καθοριζόμενη. Η κατανόηση του πώς λειτουργεί η αίσθηση της όσφρησης αποτελεί από καιρό τον στόχο των ερευνητών. Η οσμή των τροφίμων περιλαμβάνει πολλές χημικές ουσίες που τους προσδίδουν μοναδική ποιότητα και χαρακτήρα. Η ικανότητα να μετρηθούν και να αναγνωριστούν με αξιοπιστία η ιδανική οσμή και γεύση, καθώς και τα σταθερά χαρακτηριστικά της τροφής είναι επομένως σημαντική για την ανάπτυξη πολλών προϊόντων. Παραδοσιακά, αυτός ο δύσκολος στόχος ήταν το αποκλειστικό προνόμιο ομάδων οργανοληπτικού ελέγχου, που αποτελούνταν από άτομα των οποίων η ατομική αξιολόγηση πάντα θα περιελάμβανε την προσωπική τους εκτίμηση. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται αναλυτικές τεχνικές, αλλά είναι συχνά δύσκολο να συσχετιστούν τα δεδομένα με τις οργανοληπτικές πληροφορίες, ενώ η αγορά και χρήση τους κοστίζουν ακριβά.

1.4 Εισαγωγή στο Σύστημα ηλεκτρονική μύτης

Το σύστημα ηλεκτρονικής μύτης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής δεδομένων, το οποίο αποτελείται από:

1. Τους αισθητήρες ηλεκτρονικής μύτης:
Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από δύο τμήματα: τους «heaters»(αυτούς που θερμαίνουν) και ένα τεχνικό επίπεδο ανίχνευσης αερίων. Οι «heaters» δεν είναι άλλο από αντιστάσεις που καταναλώνουν ηλεκτρικό ρεύμα και παράγουν θερμότητα. Το τεχνικό επίπεδο ανίχνευσης αερίων στους 5 από τους 6 αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελείται από διοξειδίο του κασσίτερου. Αυτό είναι ένας ημιαγωγός με μικρή αγωγιμότητα στον καθαρό αέρα. Ωστόσο με την παρουσία ενός ανιχνεύσιμου αερίου, η αγωγιμότητά του αυξάνεται ανάλογα με τη συγκέντρωση του αερίου στον αέρα. Αυτοί οι ημιαγωγοί απαιτούν μία θερμοκρασία της τάξεως των 40-50°C ώστε να έχουν την επιθυμητή ευαισθησία για βέλτιστα αποτελέσματα των μετρήσεων.
2. Ένα σύστημα όπου συγκεντρώνεται η οσμή στον χώρο των αισθητήρων:
Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα «chamber» που περιέχει τους αισθητήρες και έχει δύο εισόδους / εξόδους αέρα που ελέγχονται με βάνες. Το «chamber» αυτό κλείνει αεροστεγώς έτσι ώστε να μην παρεμβάλλονται άλλες οσμές και να μην αραιώνεται η οσμή της μέτρησης.
3. Ένα σύστημα όπου διαμορφώνεται κατάλληλα το αναλογικό σήμα των αισθητήρων:
Το σύστημα αυτό αποτελείται από αντιστάσεις και ποτενσιόμετρα, έτσι ώστε να περιορίζεται η τάση του σήματος των αισθητήρων στο επιθυμητό επίπεδο. Αυτό μας απαλλάσσει από υψηλούς θορύβους και μας παρέχει καλύτερη ευαισθησία στη μέτρηση.
4. Ένα σύστημα όπου ψηφιοποιείται το κατάλληλα διαμορφωμένο σήμα των αισθητήρων:
Αυτό το σύστημα ουσιαστικά είναι ο μικροελεγκτής PIC16F877A που χρησιμοποιήθηκε, προγραμματισμένος κατάλληλα έτσι ώστε να ψηφιοποιεί το κατάλληλα διαμορφωμένο αναλογικό σήμα των αισθητήρων που παίρνει από τα προηγούμενα συστήματα.
5. Μια εφαρμογή στον υπολογιστή, η οποία συνδέεται με το προηγούμενο σύστημα, συλλέγει τα δεδομένα από αυτό και τα καταγράφει:
Η εφαρμογή αυτή φιλοξενείται στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Labview. Παίρνει τα δεδομένα που στέλνει ο μικροελεγκτής μέσω της σειριακής θύρας και τα απεικονίζει σε γραφήματα και αριθμούς. Τέλος τα αποθηκεύει σε αρχεία στον υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Αυτή η εφαρμογή αναλύεται στο κεφάλαιο 2.4.

Κεφάλαιο 2^ο Σύστημα συλλογής δεδομένων

2.1 Κύκλωμα «data acquisition»

«Data acquisition» (DAQ) ονομάζεται η διαδικασία δειγματοληψίας σημάτων τα οποία μετράνε τις φυσικές συνθήκες του πραγματικού κόσμου και μετατρέπουν το δειγματικό αποτέλεσμα σε ψηφιακές τιμές τις οποίες μπορεί να χειριστεί ένας Η/Υ. Τα συστήματα DAQ τυπικά μετατρέπουν αναλογικές κυματομορφές σε ψηφιακές τιμές για περαιτέρω επεξεργασία. Τα εξαρτήματα των συστημάτων DAQ περιλαμβάνουν:

1. Αισθητήρες που μετατρέπουν φυσικές παραμέτρους σε ηλεκτρικά σήματα.
2. Κυκλωματικές συνθήκες σήματος για να μετατραπεί το σήμα των αισθητήρων σε μία μορφή η οποία μπορεί να ψηφιοποιηθεί.
3. «Analog to Digital Converters» (ADC), οι οποίοι μετατρέπουν τα ειδικά διαμορφωμένα σήματα των αισθητήρων σε ψηφιακές τιμές.

Οι εφαρμογές DAQ ελέγχονται από ανεπτυγμένα προγράμματα που χρησιμοποιούν διάφορες γενικής χρήσης γλώσσες προγραμματισμού όπως είναι το Labview, BASIC, C, Fortran, Java, Lisp, Pascal. Από μόνα τους τα συστήματα DAQ συχνά αποκαλούνται και «data loggers» (καταγραφείς δεδομένων).

Όσον αφορά στο πρώτο, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες ηλεκτρονικής μύτης που ανιχνεύουν κυρίως οργανικές ενώσεις σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις στον αέρα. Όλοι οι αισθητήρες που έλαβαν μέρος στην παρούσα μελέτη αναφέρονται αναλυτικά στο 3^ο κεφάλαιο. Όσον αφορά στο δεύτερο και στο τρίτο χρησιμοποιήθηκαν οι δυνατότητες του μικροελεγκτή PIC16F877A σε συνδυασμό με εξωτερικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Η εφαρμογή DAQ ελέγχεται από ένα πρόγραμμα που δημιουργήθηκε και δουλεύει στο περιβάλλον του Labview. Επίσης από την στιγμή που το σύστημά μας αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων μπορεί να θεωρηθεί και ένας καταγραφέας δεδομένων (data logger).

2.1.1 Το κύκλωμα

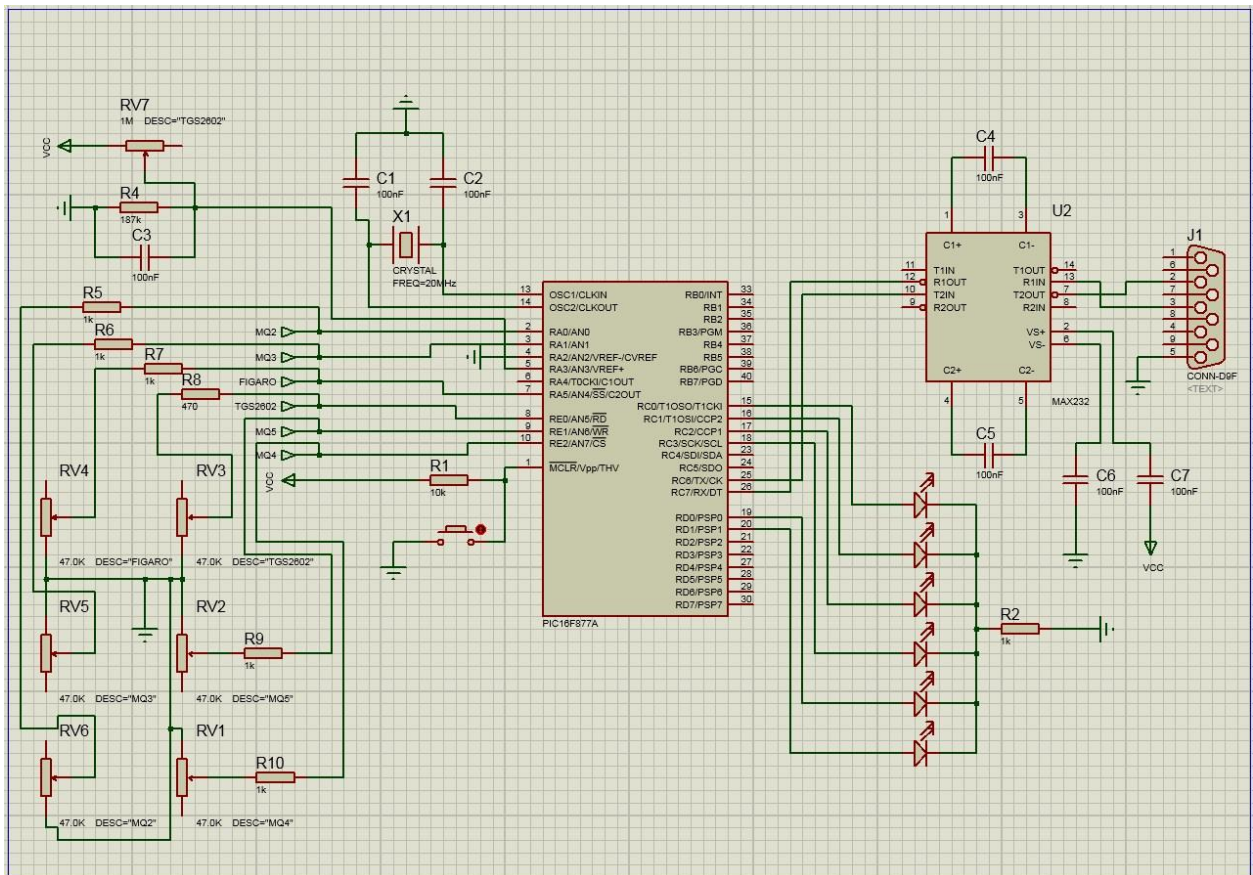
Το κύκλωμα έχει ως κέντρο το μικροελεγκτή PIC16F877A. Σε αυτόν εισάγονται τα δεδομένα και αυτός τα εξάγει. Χρησιμοποιεί έναν κρύσταλλο με συχνότητα στα 20MHz που παίζει το ρόλο του εξωτερικού ταλαντωτή και συνδέεται στα pins 13 και 14. Στο pin 1 συνδέεται η τάση τροφοδοσίας μέσα από μία αντίσταση των 10KΩ και η γείωση μέσω ενός bush-button (κουμπιού)

που όταν πατιέται επανεκκινεί(reset) τον μικροελεγκτή. Στα pins 11 και 32 συνδέεται η τροφοδοσία του στα 5V και στα pins 12 και 31 συνδέεται η γείωση. Για το μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακού ADC, χρησιμοποιούνται τα pins 2,3,4,5,7,8,9 και 10. Πιο αναλυτικά:

- Στο pin 2 συνδέεται ο αισθητήρας MQ2 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με την γείωση.
- Στο pin 3 συνδέεται ο αισθητήρας MQ3 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με την γείωση.
- Στο pin 4 συνδέεται το VREF- όπου είναι η γείωση αναφοράς για την λειτουργία του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακού ADC.
- Στο pin 5 συνδέεται το VREF+ όπου είναι η τάση αναφοράς για την λειτουργία του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακού ADC. Αυτή διαμορφώνεται με την βοήθεια ενός ποτενσιόμετρο 1MΩ προς το Vc και παράλληλα μία αντίσταση 187KΩ με έναν πυκνωτή 100nF προς τη γείωση.
- Στο pin 7 συνδέεται ο αισθητήρας FIGARO TGS822 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με τη γείωση.
- Στο pin 8 συνδέεται ο αισθητήρας FIGARO TGS2602 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με τη γείωση.
- Στο pin 9 συνδέεται ο αισθητήρας MQ5 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με τη γείωση.
- Στο pin 10 συνδέεται ο αισθητήρας MQ4 και μία αντίσταση 1KΩ μαζί με ένα ποτενσιόμετρο 47KΩ συνδεδεμένα σε σειρά όπου στην συνέχεια συνδέονται με τη γείωση.
- Στα pins από 15 μέχρι 20 έχουν συνδεθεί τα 6 Leds, όπου χρησιμοποιούνται στα 3 πρώτα δευτερόλεπτα κατά την εκκίνηση του συστήματος για την απεικόνιση ενός test pattern. Στη συνέχεια συνδέονται με τη γείωση μέσω μίας αντίστασης 1KΩ.
- Το pin 25 συνδέεται με το ολοκληρωμένο MAX232 στο pin 10 και χρησιμοποιείται για τη σειριακή αποστολή δεδομένων.

- Το pin 26 συνδέεται με το ολοκληρωμένο MAX232 στο pin 12 και χρησιμοποιείται για τη σειριακή λήψη δεδομένων.
- Το MAX232 χρησιμοποιεί 4 πυκνωτές 100nF για τη μετατροπή στάθμης της τάσης. Αυτοί εφαρμόζονται στα pins 1 και 3, 4 και 5, 2 και Vc, 6 και γείωση. Από τα 4 κανάλια επικοινωνίας του MAX232 χρησιμοποιούμε τα 2. Το κανάλι T2 για τη σειριακή αποστολή δεδομένων που βρίσκεται στα pins 10 και 7. Το κανάλι R1 για τη σειριακή λήψη δεδομένων που βρίσκεται στα pins 13 και 12.
- Τα pins 13 και 7 συνδέονται αντίστοιχα στα pins 2 και 3 της σειριακής θύρας.

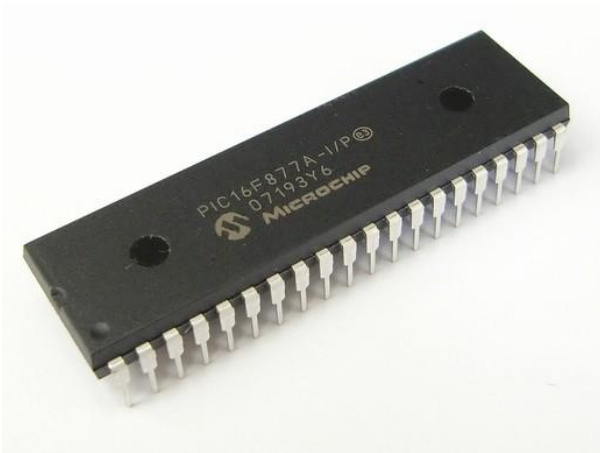
Στην εικόνα 2.1 φαίνεται αναλυτικά το διάγραμμα του κυκλώματος.



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα του κυκλώματος του συστήματος ηλεκτρονικής μύτης

2.2 Ο μικροελεγκτής

Ο μικροελεγκτής (*microcontroller*) είναι ένας τύπος επεξεργαστή. Ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (*embedded systems*) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής PIC16F877A.



Εικόνα 2.2 Ο μικροελεγκτής PIC16F877A

2.2.1 Configuration bits

Τα bits διαμόρφωσης (*Configuration bits*) είναι αυτά που ορίζουν τις βασικές λειτουργίες του μικροελεγκτή. Αναλυτικότερα φαίνονται στην εικόνα 2.3.

Address	Value	Category	Setting
2007	3F7A	Oscillator	HS
		Watchdog Timer	Off
		Power Up Timer	Off
		Brown Out Detect	On
		Low Voltage Program	Disabled
		Data EE Read Protect	Off
		Flash Program Write	Write Protection Off
		Code Protect	Off

Εικόνα 2.3 Bits διαμόρφωσης.

1. Ο «**oscillator configuration register**» (καταχωρητής διαμόρφωσης ταλάντωσης ή FOSC) χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει το ρολόι του μικροελεγκτή. Το ρολόι(clock) του μικροελεγκτή έχει άμεση επιρροή πάνω στην ταχύτητα εκτέλεσης των εντολών. Επομένως, είναι σημαντικό να επιλεγεί σωστά. Επίσης σημαντικό είναι να επιλεγεί η επιθυμητή πηγή ταλάντωσης (oscillator source). Η πηγή μπορεί να είναι ένας από τους εσωτερικούς ταλαντωτές (RC, LP, XT και HS). Στην περίπτωση αυτή έχει επιλεγεί ο ταλαντωτής HS (High Speed Crystal). Το εύρος συχνοτήτων του HS κυμαίνεται από 10MHz έως 25MHz. Η συχνότητα που παράγει ο κρύσταλλος που χρησιμοποιήθηκε είναι στα 20MHz. Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέχτηκε ο συγκεκριμένος ταλαντωτής ώστε το εύρος συχνοτήτων του να καλύπτει τη συχνότητα που χρησιμοποιήθηκε.
2. Ο Καταχωρητής διαμόρφωσης «**Watchdog Timer**» (FWDT) χρησιμεύει στο να ανοίγει και να κλείνει το χρονιστή επιτήρησης και στο να προσαρμόζει τη λειτουργία του. Η προκαθορισμένη τιμή του χρονιστή επιτήρησης είναι ένας αριθμός που διαιρεί τον εσωτερικό ταλαντωτή RC έτσι ώστε να χρονίζει το ρολόι του χρονιστή επιτήρησης. Ο χρονιστής επιτήρησης είναι ανεξάρτητος από το εσωτερικό ρολόι το οποίο διέπει την εκτέλεση των εντολών. Με αυτόν τον τρόπο ένα λειτουργικό χρονόμετρο λειτουργεί ακόμα και αν το εσωτερικό ρολόι αποτύχει. Είναι προφανές ότι ο χρονιστής επιτήρησης είναι ενεργοποιημένος (on) μόνο στην περίπτωση που ο «oscillator configuration register» έχει επιλεγεί ως ο εσωτερικός ταλαντωτής RC. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο ταλαντωτής HS με αποτέλεσμα ο καταχωρητής διαμόρφωσης να είναι σε κατάσταση ανενεργή (off).
3. Ο «**Power-up Timer**» (PWRT) παρέχει μία υποτυπώδη καθυστέρηση των 72 millisecond μετά από ένα «Power On Reset» (POR), «Brown Out Reset» (BOR) ή μετά από ένα «MCLR pin reset» που γίνεται. Ο PWRT λειτουργεί με τον ειδικό εσωτερικό ταλαντωτή RC. Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε ο ταλαντωτής HS και όχι ο RC με αποτέλεσμα να έχουμε τον PWRT ανενεργό(off).
4. Το «**Brown Out Detect**» (BOD) ή «Brown Out Reset» (BOR) είναι ένα σύστημα ασφαλείας του μικροελεγκτή όπου σε περίπτωση που η τάση V_{dd} πέσει κάτω από το «brown out» όριο τάσης θα κρατήσει τον μικροελεγκτή σε κατάσταση reset. Σε αυτή την περίπτωση βρίσκεται σε κατάσταση ενεργή(on).
5. Το «**Low-Voltage Programming**» (LVP) επιτρέπει στην MCUs των μικροελεγκτών PIC16F1xxx να προγραμματίζεται μόνο με το V_{dd}. Η χρήση του LVP εξαλείφει την ανάγκη για την παροχή μεγαλύτερης τάσης από αυτήν της V_{dd} στο pin MCLR/Vpp. Σε αυτή την περίπτωση είναι

ανενεργό(off) επειδή ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιήθηκε (PIC16F877a) δεν το υποστηρίζει.

6. Το «**Data EE Read Protect**» (CPD) όταν είναι ενεργοποιημένο προστατεύει την μνήμη EEPROM από εξωτερική ανάγνωση. Όμως το περιεχόμενο της μνήμης EEPROM είναι αναγνώσιμο από εσωτερικές πηγές. Στην παρούσα μελέτη το CPD είναι απενεργοποιημένο(off) έτσι ώστε να μπορούμε να διαβάσουμε το περιεχόμενο της μνήμης EEPROM μέσω του προγραμματιστή από τον υπολογιστή.
7. Το «**Flash Program Write**» (WRT) καθορίζει το εύρος διευθύνσεων στο οποίο η μνήμη προγράμματος είναι διαθέσιμη για εγγραφή από το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται. Έχει τις 4 εξής επιλογές: «Write Protection Off», «0h to FFh write Protected», «0h to 7FFh write Protected» και «0h to FFFh write Protected». Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η επιλογή «Write Protection Off» με σκοπό να μπορεί να επέμβει το πρόγραμμα εγγραφής του υπολογιστή σε όλο το εύρος διευθύνσεων της μνήμης του μικροελεγκτή.
8. Το «**Code Protect**» (CP) στην περίπτωση που είναι ενεργοποιημένο μπορεί να προστατέψει ολόκληρο τον χώρο της μνήμης προγράμματος από εξωτερικές αναγνώσεις. Ο εξωτερικός προγραμματιστής θα δει όλα τα bits '0' σε προσπάθεια ανάγνωσης της προστατευμένης μνήμης. Παρόλα αυτά το περιεχόμενο της μνήμης προγράμματος είναι αναγνώσιμο από εσωτερικές πηγές. Στην περίπτωση αυτή είναι απενεργοποιημένο έτσι ώστε η μνήμη προγράμματος να είναι προσβάσιμη για ανάγνωση από τον υπολογιστή.

2.2.2 Inputs/Outputs

Ο μικροελεγκτής PIC16F877a διαθέτει τριαντατρείς ακροδέκτες εισόδου / εξόδου (Input / output), μοιρασμένους σε πέντε θύρες, που ονομάζονται PORT A (6 ακροδέκτες) και PORT B (8 ακροδέκτες), PORT C (8 ακροδέκτες), PORT D (8 ακροδέκτες) και PORT E (3 ακροδέκτες), αντίστοιχα. Η PORT A βρίσκεται στα pins 2-7 και χρησιμοποιείται συνήθως μαζί με τα 3 pins της PORT E που είναι τα pins 8-10 για τις αναλογικές εισόδους σημάτων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα pins 2,3,7-10 ως αναλογικές εισοδοί σημάτων, έξι κανάλια στο σύνολο. Επίσης τα pins 4 και 5 χρησιμοποιούνται για τάση αναφοράς (VREF- και VREF+ αντίστοιχα). Η PORT B εκτείνεται στα pins 33-40 και συνήθως χρησιμοποιείται ως έξοδος, για να μπορούμε να δούμε ένα αποτέλεσμα σε 8 Leds. Στην περίπτωση αυτή η PORT B δεν χρησιμοποιείται. Η PORT C βρίσκεται στα pins 15-18 και 23-26. Από αυτά χρησιμοποιήθηκαν τα pins 15-18 για να προβληθεί ένα test pattern σε Leds κατά την εκκίνηση του μικροελεγκτή

και τα pins 25 και 26 για την σειριακή επικοινωνία με τον υπολογιστή. Η PORT D βρίσκεται στα pins 19-22 και 27-30. Από αυτά χρησιμοποιήθηκαν τα pins 19 και 20 για να προβληθεί και εδώ ένα test pattern σε Leds κατά την εκκίνηση του μικροελεγκτή. Τα «PORT» μπορούν να οριστούν εξαρχής μέσα από τους καταχωρητές TRISA, TRISB, TRISC και TRISD αν θα είναι είσοδοι ή έξοδοι αντίστοιχα. Για παράδειγμα εάν η τιμή του καταχωρητή TRISC είναι '0' τότε η PORT C είναι είσοδος ενώ εάν ο TRISC έχει την τιμή 'FF' τότε η PORT C είναι έξοδος. Επίσης μπορεί να οριστεί και το κάθε pin του «PORT» ξεχωριστά για το αν θα είναι είσοδος ή έξοδος με τον εξής τρόπο: εάν ο TRISC πάρει την τιμή '80'(10000000 δυαδικό) τότε τα 7 πρώτα pins είναι είσοδοι ενώ το τελευταίο pin χρησιμοποιείται ως έξοδος.

2.2.3 Σειριακή επικοινωνία

Για να επιτευχτεί η επικοινωνία με εξωτερικά εξαρτήματα, όπως ένας υπολογιστής ή ένας μικροελεγκτής, ο **PIC16F877A** χρησιμοποιεί ένα εξάρτημα που λέγεται **USART** (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter). Αυτό το εξάρτημα μπορεί να διαμορφωθεί ως:

1. Ένα σύστημα αμφίδρομο (Full-Duplex) και ασύγχρονο που μπορεί να επικοινωνεί με περιφερειακές συσκευές, όπως με έναν υπολογιστή.
2. Ένα σύστημα μονόδρομης (Half-Duplex) σύγχρονης επικοινωνίας όπου μπορεί να επικοινωνεί με περιφερειακές συσκευές, όπως μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, ολοκληρωμένα κυκλώματα και σειριακές EEPROMs.

Για να ενεργοποιηθεί η σειριακή επικοινωνία με τον PIC16F877A πρέπει να οριστούν οι τιμές διαφόρων παραμέτρων μέσα στους 2 καταχωρητές, τον **TXSTA** και τον **RCSTA**.

1. Ο **TXSTA**(Transmit Status and Control Register) απεικονίζεται στο σχήμα 2.1.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

Σχήμα 2.1 Καταχωρητής κατάστασης εκπομπής και ελέγχου.

Το μέγεθος αυτού του καταχωρητή είναι ένα byte (8bits). Κάθε bit έχει ένα σημαντικό ρόλο στον ορισμό της σειριακής θύρας. Αναλυτικά ο ρόλος του κάθε bit είναι:

CSRC: Clock Source Select bit- Αυτό το bit έχει σημασία μόνο στη σύγχρονη μονόδρομη (Half-Duplex) επικοινωνία. Καθορίζει αν ο μικροελεγκτής θα είναι ο αποστολέας με 1 ή ο παραλήπτης με 0.

TX9: 9 bit Transmit Enable bit – Αυτό το bit επιλέγει το μέγεθος του μεταδιδόμενου πακέτου σε 8 bit με 0 ή 9 bit με 1.

TXEN: Transmit Enable bit – Με 1 ενεργοποιείται η αποστολή ενώ με 0 απενεργοποιείται.

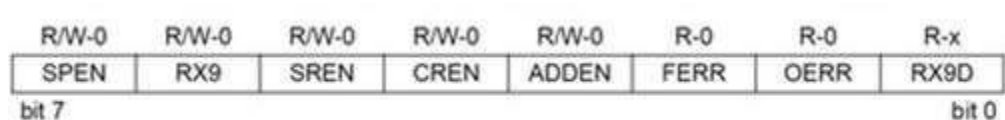
SYNC: USART Mode Select bit - Με 1 η επικοινωνία είναι σύγχρονη ενώ με 0 είναι ασύγχρονη.

BRGH: High Baud Rate Select bit – Καθορίζει την ταχύτητα αποστολής δεδομένων σε Υψηλή με 1 ή Χαμηλή με 0. Αυτό το bit έχει σημασία μόνο στην ασύγχρονη επικοινωνία και δεν χρησιμοποιείται για την σύγχρονη επικοινωνία.

TRMT: Transmit Shift Register Status bit (TSR) – Με 1 ο TSR είναι άδειος (empty) ενώ με 0 είναι γεμάτος (full).

TX9D - Αυτό το bit έχει σημασία μόνο στην περίπτωση που το μέγεθος του πακέτου είναι 9 bits. Τοποθετεί το 9^ο bit σε περίπτωση που έχει την τιμή 1.

2. Ο **RCSTA** (Receive Status and Control Register) απεικονίζεται στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 Καταχωρητής κατάστασης λήψης και ελέγχου.

Το μέγεθος αυτού του καταχωρητή είναι ένα byte(8 bits). Αναλυτικά ο ρόλος του κάθε bit:

SPEN: Serial Port Enable bit – Με 1 ενεργοποιείται η σειριακή θύρα (διαμορφώνει τα pins RC7/RX/DT ώστε να λαμβάνουν πληροφορίες στον pic, και τα pins RC6/TX/CK για αποστολή δεδομένων από τον pic). Με 0 η σειριακή θύρα απενεργοποιείται.

RX9: 9th-bit Receive Enable bit - Με 1 ενεργοποιείται η παραλαβή 9 bits, ενώ με το 0 απενεργοποιείται.

SPEN: Single Receive Enable bit – Αυτό το bit ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τη μεταφορά πακέτων. Στην ασύγχρονη επικοινωνία αυτό δεν είναι σημαντικό. Η χρησιμότητα αυτού του bit είναι στη σύγχρονη επικοινωνία (Half-Duplex) και μόνο όταν ο PIC είναι ο αποστολέας.

CREN: Continuous Receive Enable bit – Στην ασύγχρονη επικοινωνία με 1 ενεργοποιείται η συνεχής λήψη ενώ με 0 απενεργοποιείται.

ADDEN: Address Detect Enable bit – Αυτό το bit ενεργοποιεί διακοπή μόνο όταν το μέγεθος του πακέτου είναι 9 bits. Δεν έχει κάποια σημασία όταν το μέγεθος του πακέτου είναι 8 bits.

FERR: Framing Error bit – Το λογικό επίπεδο 1, σημαίνει ότι το STOP bit δεν έχει ληφθεί. Στη σειριακή επικοινωνία χρησιμοποιείται START bit και STOP bit όταν μεταφέρονται πληροφορίες. Με 1 υπάρχει σφάλμα πακέτου ενώ με 0 δεν υπάρχει σφάλμα.

OERR: Overrun Error bit – Το λογικό επίπεδο 1, σημαίνει ότι το τελευταίο πακέτο λήφθηκε, όσο υπάρχουν ακόμα προηγούμενα δεδομένα που δεν τα έλαβε ο PIC. Σε αυτήν την περίπτωση, όποια πληροφορία λαμβάνεται μετά το σφάλμα χάνεται.

2.2.4 Analog to Digital Converter

Η λειτουργία του «**Analog to Digital Converter**» (ADC) περιγράφεται ως εξής: Ένας αριθμός ακροδεκτών εισόδου προορίζεται να λάβει είσοδο αναλογικού σήματος. Για να λειτουργήσουν αυτοί οι ακροδέκτες ως αναλογικές εισοδοί θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη επιλογή, μέσω ενός καταχωρητή που ρυθμίζει τη λειτουργία του ADC. Στην είσοδο υπάρχει το κύκλωμα πολυπλεξίας που επιλέγει ένα αναλογικό σήμα εισόδου. Η επιλογή του καναλιού εισόδου που μετατρέπεται κάθε φορά, γίνεται πάλι με τη βοήθεια ειδικού καταχωρητή (input select bits). Η τάση αναφοράς τίθεται αυτόματα στα 5V που είναι η τάση τροφοδοσίας, αλλά μπορεί και να ρυθμιστεί. Ο μετατροπέας του ADC του PIC16F877 έχει ανάλυση 10 bit. Αυτό σημαίνει ότι υποστηρίζει 1024 κβαντικές στάθμες. Όταν ολοκληρώνεται μια μετατροπή, το αποτέλεσμα τοποθετείται σε δύο καταχωρητές, τους ADRESH και ADRESL. Το αποτέλεσμα μπορεί να τοποθετηθεί με δεξιά ή αριστερή στοίχιση, ανάλογα με τις ρυθμίσεις που θα γίνουν στον καταχωρητή ADCON1. Στην περίπτωση αυτή, μέσα από τους καταχωρητές ADCON1 και ADCON0 ορίστηκαν τα εξής:

1. Αριστερή στοίχιση και χρήση του ADRESH για λήψη των ψηφιακών τιμών με ανάλυση 8 bits. Αυτό γίνεται μέσα από το ADFM που είναι το bit 7 του ADCON1 και σε αυτήν την περίπτωση έχει την τιμή 0 για αριστερή στοίχιση, ενώ την τιμή 1 για δεξιά.
2. 6 αναλογικά κανάλια εισόδου, δηλαδή όσοι είναι και οι αισθητήρες και 2 κανάλια για ρύθμιση της τάσης αναφοράς. Αυτό γίνεται με τη χρήση των 4 πρώτων bits (0 έως 3) του ADCON1 που είναι τα PCFG3-PCFG0 και στην προκειμένη περίπτωση έχουν την τιμή 1000.
3. Η συχνότητα ρολογιού ADC σε $F_{osc}/32$ ($F_{osc}=20\text{MHz}$) . Αυτό γίνεται με τη χρήση των ADCS1 και ADCS0 που είναι τα bits 7 και 6 αντίστοιχα στον ADCON0. Στην περίπτωση αυτή έχουν την τιμή 10.

4. Αρχικά το πρώτο κανάλι (ch0) και ενεργοποιείται ο ADC. Το πρώτο γίνεται με τα CHS2, CHS1 και CHS0 όπου είναι το 5ο, 4ο και 3ο bit αντίστοιχα και ανάλογα με την τιμή που πάρουν μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε 8 κανάλια (AN0-AN7), τους δίνεται η τιμή 000. Το δεύτερο γίνεται με την χρήση του ADON όπου είναι το bit 0 στον ADCON0 και του δίνεται η τιμή 1 ώστε να ενεργοποιηθεί ο ADC.

2.3 Η εφαρμογή σε C

Προγραμματιστικό περιβάλλον

Για τη συγγραφή της εφαρμογής σε γλώσσα προγραμματισμού C χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού και αποσφαλμάτωσης MPLAB, στην έκδοση v8.10. Το MPLAB υποστηρίζει όλες τις οικογένειες των μικροελεγκτών της Microchip ενώ επίσης συνεργάζεται με πληθώρα προγραμματιστών για μικροελεγκτές PIC ακόμα και από άλλους κατασκευαστές. Το περιβάλλον αυτό διαθέτει ενσωματωμένο κειμενογράφο (editor), μεταγλωττιστή (assembler) καθώς και προσομοιωτή (simulator) για την αποσφαλμάτωση των προγραμμάτων. Επιπλέον στο MPLAB εγκαταστάθηκε ο XC8 C compiler V1.33 ο οποίος μεταφράζει τον κώδικα από γλώσσα C, σε «assembly».

Εφαρμογή της γλώσσας προγραμματισμού στον μικροελεγκτή

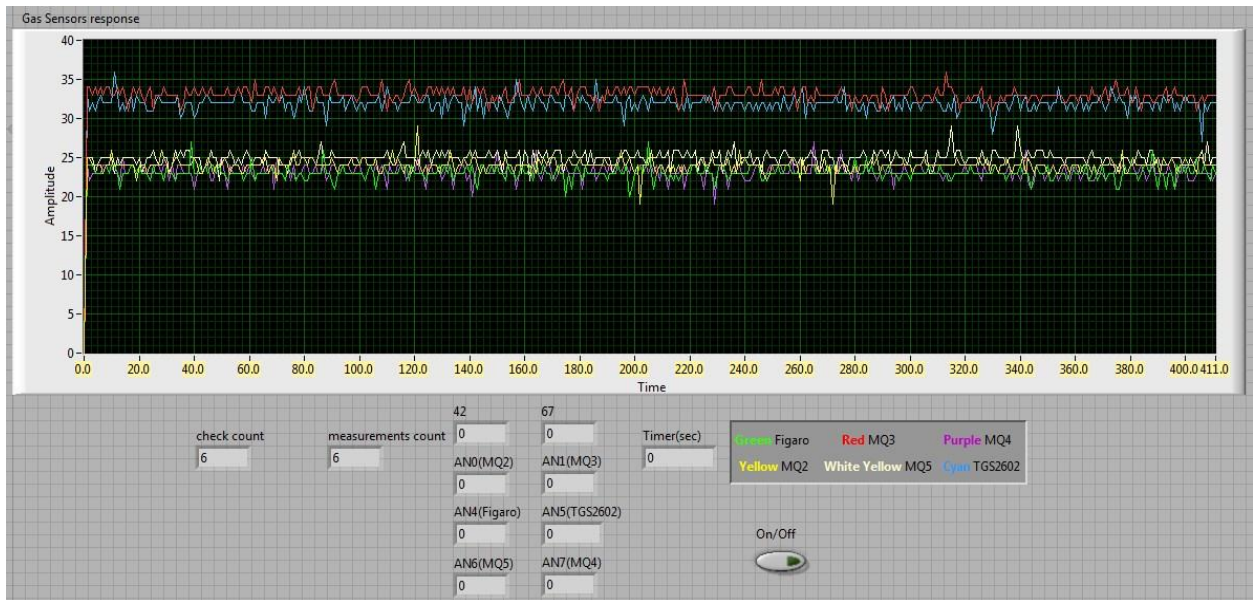
Στην αρχή θέτουμε τις τιμές των καταχωρητών ώστε να δουλεύουν σωστά οι θύρες που χρησιμοποιούμε, ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και η σειριακή επικοινωνία. Χρησιμοποιούμε ένα <test pattern> για τα τρία πρώτα δευτερόλεπτα από την εκκίνηση του μικροελεγκτή που στην ουσία αναβοσβήνει τα Leds που έχουμε τοποθετήσει στις θύρες D και C ώστε να βεβαιωθούμε ότι ξεκίνησε κανονικά η λειτουργία του μικροελεγκτή. Μετά ακολουθεί ο ατέρμονος βρόγχος επανάληψης (while) . Σε κάθε επανάληψη στέλνει πρώτα δύο bytes με τιμές 42 και 67 ώστε να επιβεβαιωθούν από το πρόγραμμα του Labview στον υπολογιστή και να αρχίσει να λαμβάνει το πρόγραμμα δεδομένα. Μετά δουλεύει ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό για κάθε ένα από τα 6 κανάλια και στέλνει το ψηφιακό σήμα από κάθε κανάλι ξεχωριστά μέσω της σειριακής επικοινωνίας στον υπολογιστή.

2.4 Η εφαρμογή στο Labview

Η εφαρμογή στο Labview αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα είναι το «front panel»(ενδείξεις καταγραφέα) που φαίνεται στο χρήστη και το άλλο είναι το «block diagram»(σύστημα καταγραφέα) στο οποίο γίνεται ο προγραμματισμός. Παρακάτω αναλύεται η λειτουργία των δύο τμημάτων.

2.4.1 Front panel

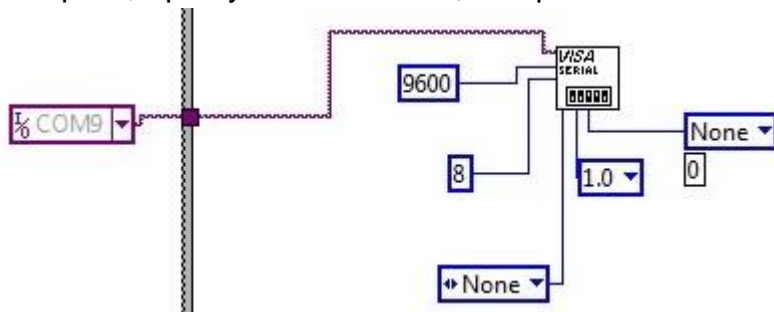
Το front panel όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.4 αποτελείται από ένα γράφημα με 6 μεταβλητές, 12 πεδία που απεικονίζουν αριθμούς, ένα επεξηγηματικό πεδίο που αντιστοιχεί το κάθε χρώμα στον αντίστοιχο αισθητήρα και ένα κουμπί on/off. Αυτό πρέπει να είναι on για να ξεκινήσει το πρόγραμμα και να γίνει off για τον τερματισμό του προγράμματος. Στο γράφημα απεικονίζονται οι τιμές του κάθε αισθητήρα σε συνάρτηση με το χρόνο. Ξεκινώντας από τα αριστερά στα δύο πρώτα πεδία αριθμών απεικονίζονται οι μετρητές των bytes που λήφθηκαν. Στα επόμενα δύο πεδία αριθμών υπό φυσιολογικές συνθήκες εμφανίζεται το 42 και το 67 που στάλθηκαν από το μικροελεγκτή για τον έλεγχο της σειριακής επικοινωνίας στην περίπτωση που χαθούν δεδομένα. Τα επόμενα 6 πεδία αριθμών απεικονίζουν τις τιμές του κάθε αισθητήρα ξεχωριστά για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το τελευταίο πεδίο αριθμού «Time(sec)» εμφανίζει το συνολικό χρόνο από την στιγμή που ξεκίνησε να τρέχει το πρόγραμμα μέχρι την στιγμή που πατήσαμε το κουμπί On/Off.



Εικόνα 2.4 Ενδείξεις καταγραφέα «Front panel».

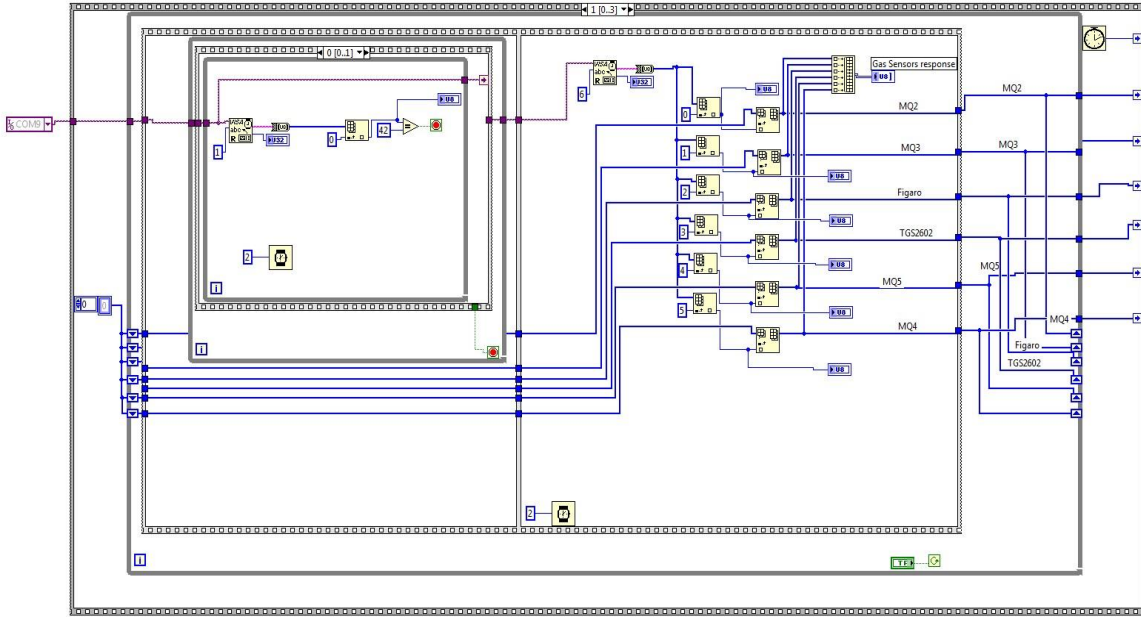
2.4.2 Block diagram

Το block diagram αποτελείται από μία κεντρική δομή ακολουθίας με τέσσερα πλαίσια. Κάθε ένα από αυτά τα πλαίσια παίζει το δικό του σημαντικό ρόλο και σκοπό, συμβάλλοντας στη λειτουργία του συνολικού προγράμματος. Το κάθε πλαίσιο τρέχει με σειρά προτεραιότητας, δηλαδή πρώτα θα τρέξει το πρώτο πλαίσιο, μετά το δεύτερο, μετά το τρίτο και το τέταρτο. Στο πρώτο πλαίσιο όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.5 γίνεται η αρχικοποίηση της σειριακής επικοινωνίας. Επιλέγουμε τη σειριακή θύρα (π.χ. COM9) στην οποία συνδέσαμε το αντίστοιχο καλώδιο, την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων στα 9600bps, 8 bits (1 byte) ανά δεδομένο, parity bit = none, stop bits 1.0 και flow control = none.



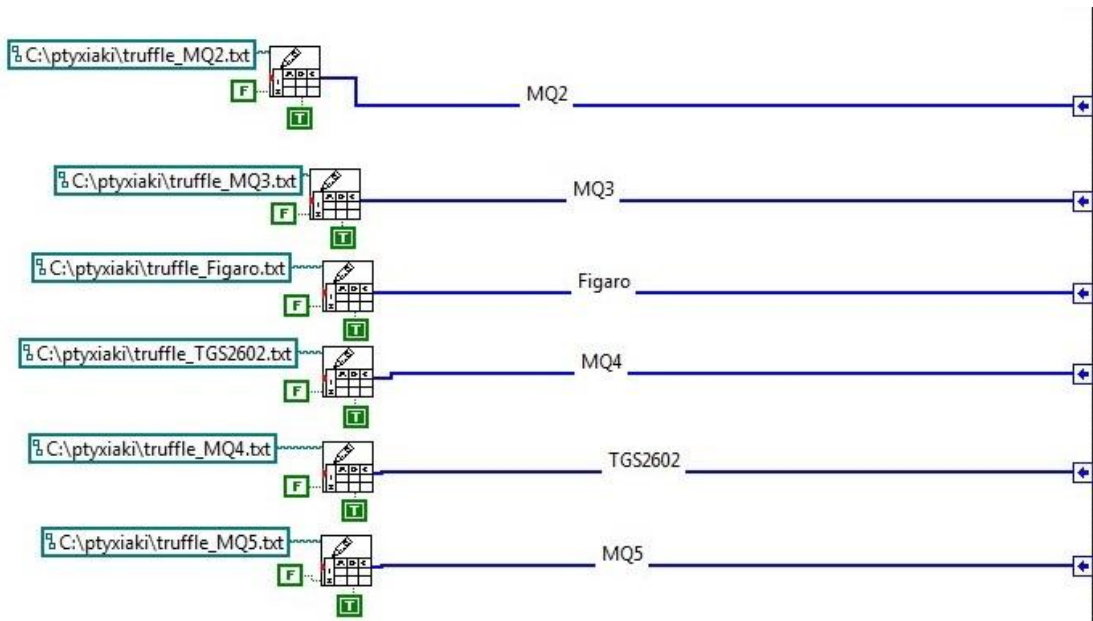
Εικόνα 2.5 1^ο πλαίσιο – Σειριακή επικοινωνία

Στο δεύτερο πλαίσιο που φαίνεται στην εικόνα 2.6 υπάρχει ένας εξωτερικός βρόγχος που τερματίζει το πρόγραμμα όταν πατήσουμε το κουμπί On/off από το front panel. Εσωτερικά υπάρχει ένα διπλό πλαίσιο στο αριστερό τμήμα του οποίου γίνεται ο έλεγχος των δύο bytes. Εάν δηλαδή το πρώτο byte έχει την τιμή 42 και το δεύτερο έχει την τιμή 67. Στο δεξί τμήμα γίνεται η λήψη των 6 bytes από την σειριακή θύρα, ο διαχωρισμός τους και η εμφάνισή τους στο γράφημα του «front panel».

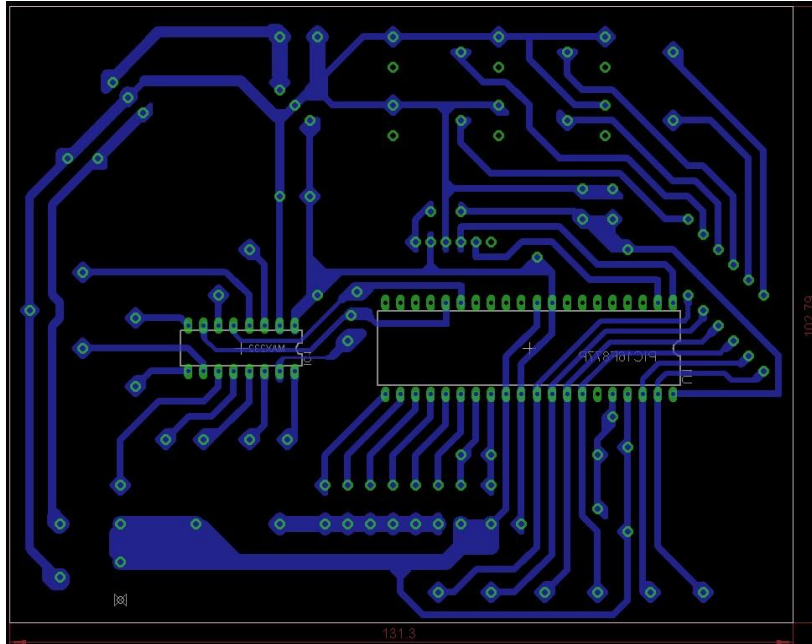


Εικόνα 2.6 2^ο πλαίσιο - Σύστημα καταγραφέα

Στο τρίτο πλαίσιο, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.7, γίνεται η αποθήκευση των τιμών του κάθε αισθητήρα σε ένα αρχείο (.txt). Αυτό το πλαίσιο λειτουργεί όταν το κουμπί On/Off του δευτέρου πλαισίου τεθεί σε κατάσταση Off. Παίρνει τότε συσσωρευμένα τις τιμές από το δεύτερο πλαίσιο και τις αποθηκεύει.

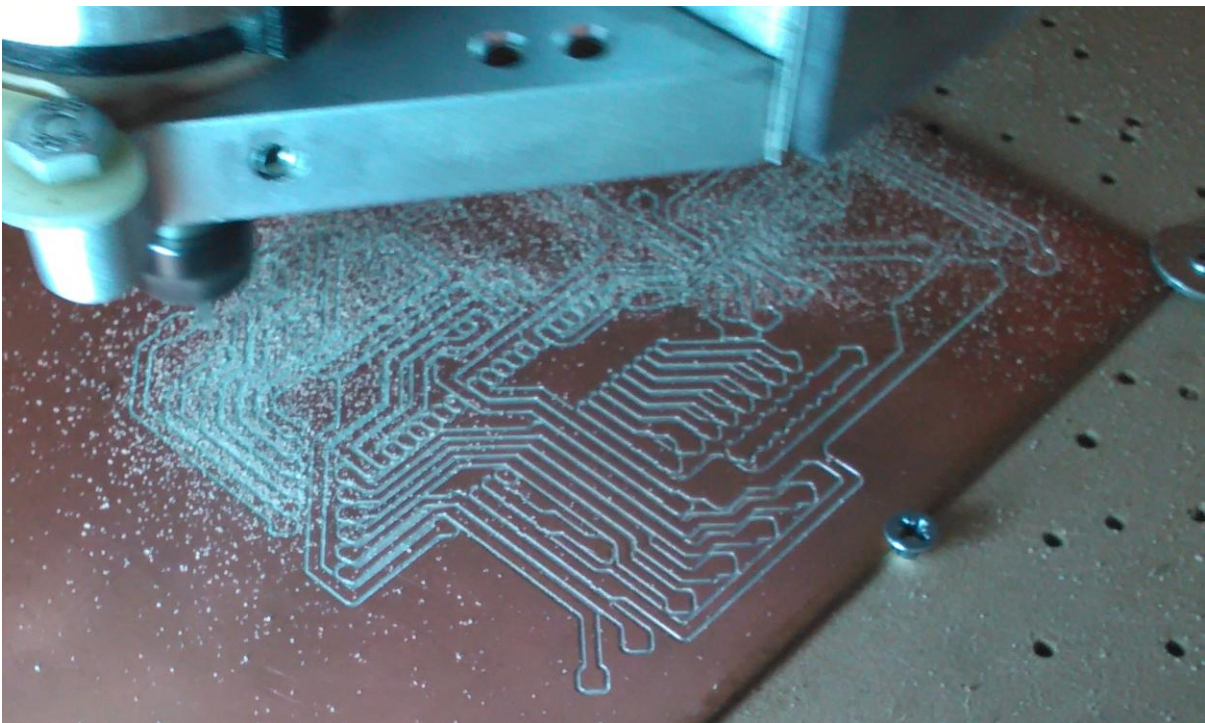


Εικόνα 2.7 3^ο πλαίσιο - Αποθήκευση των δεδομένων μέτρησης σε αρχείο txt



Εικόνα 2.9 Απεικόνιση της πλακέτας στο Eagle.

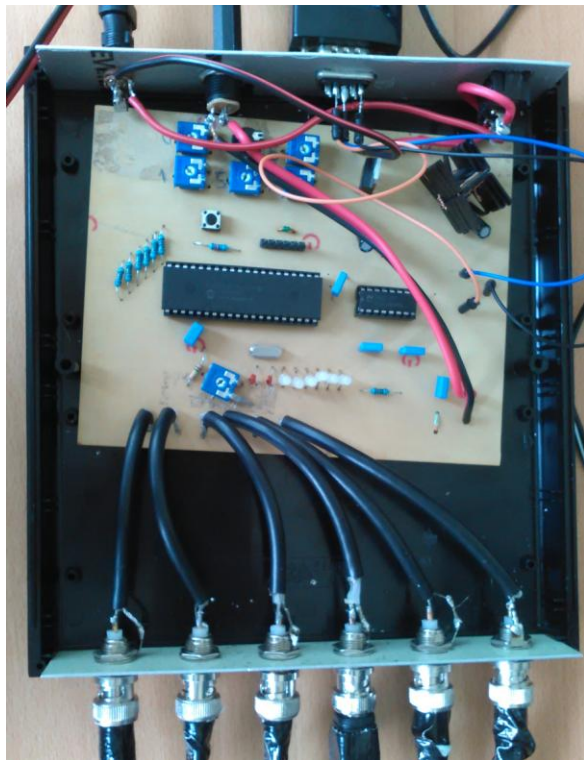
Για την κατασκευή της πλακέτας χρησιμοποιήθηκε μηχάνημα CNC. Στην εικόνα 2.10 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από τη διαδικασία κατασκευής της πλακέτας.



Εικόνα 2.10 Διαδικασία κατασκευής της πλακέτας.

2.6 Συνδεσμολογία της πλακέτας

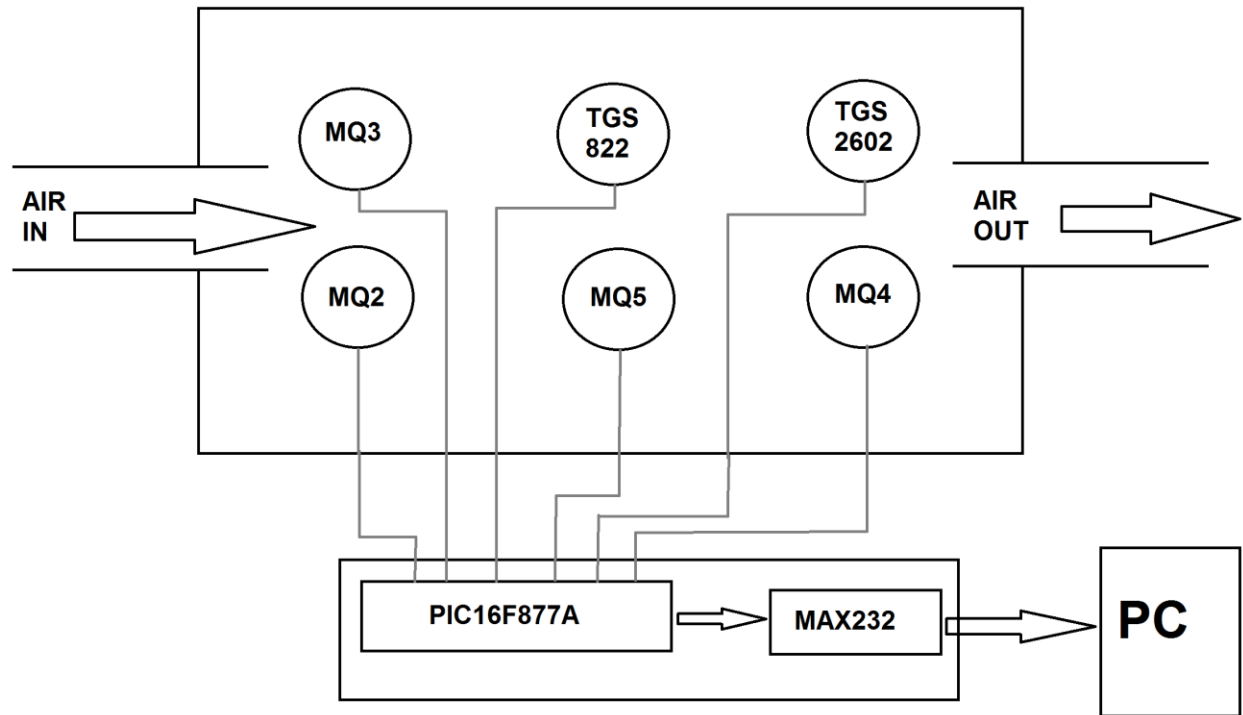
Ο χώρος που χρησιμοποιήσαμε για να τοποθετηθεί μέσα η πλακέτα αποτελείται από 2 πλαστικά τμήματα, 2 μεταλλικά τμήματα και 2 βίδες που ενώνουν τα δύο πλαστικά τμήματα. Στα μεταλλικά τμήματα στερεώθηκαν τα βύσματα των καλωδίων. Στην εικόνα 2.11 φαίνεται ο τρόπος συνδεσμολογίας της πλακέτας με τους αισθητήρες, την τροφοδοσία και τη σειριακή θύρα. Στο πάνω μεταλλικό τμήμα υπάρχουν τα βύσματα για τη γενική τροφοδοσία του όλου συστήματος, την τροφοδοσία εξόδου για τους αισθητήρες, τη σειριακή επικοινωνία και το διακόπτη της γενικής τροφοδοσίας όλου του συστήματος. Στο κάτω μεταλλικό τμήμα βρίσκονται τα βύσματα των 6 καλωδίων BNC που μεταφέρουν το σήμα των αισθητήρων στο μικροελεγκτή.



Εικόνα 2.11 Το κουτί που περιέχει την πλακέτα του μικροελεγκτή

Κεφάλαιο 3^ο Σύστημα ηλεκτρονικής μύτης

Το σύστημα ηλεκτρονικής μύτης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη αποτελείται από το chamber με τους 6 αισθητήρες, τις 2 βάνες που βρίσκονται στην είσοδο και στην έξοδο του αέρα και το μικροελεγκτή. Ο τελευταίος συλλέγει τα δεδομένα από τους αισθητήρες, τα μετατρέπει σε ψηφιακή μορφή και τα στέλνει στον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας με τη βοήθεια του ολοκληρωμένου MAX232.



Σχήμα 3.1 Σύστημα ηλεκτρονικής μύτης.

3.1 Αισθητήρες

Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Παράδειγμα αποτελούν οι αισθητήρες κίνησης σε ένα κτίριο που ενεργοποιούν τον συναγερμό. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε καθημερινά αντικείμενα, όπως κουμπιά ανελκυστήρων ευαίσθητα στην αφή και λάμπες φωτισμού που εκπέμπουν λαμπρότερα ή απαλότερα αγγίζοντας τη βάση τους. Υπάρχουν αναρίθμητες ακόμη χρήσεις που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται. Εφαρμογές τους συναντούμε στα αυτοκίνητα, σε μηχανές, στην αεροναυπηγική, την ιατρική, τη βιομηχανία και τη ρομποτική.

Χαρακτηριστικά αισθητήρων:

1. **Εύρος:** Τα όρια στα οποία η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα.
2. **Ακρίβεια:** Η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου.
3. **Σφάλμα:** Η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή.
4. **Ανοχή:** Το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να δημιουργήσει ο αισθητήρας.
5. **Διακριτική ικανότητα:** Η μικρότερη αλλαγή τιμής εισόδου που μπορεί να ανιχνεύσει.
6. **Ευαισθησία:** Η σχέση της αλλαγής εξόδου προς την αλλαγή εισόδου, είναι ίση με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των αντιστοίχων τιμών εισόδου.
7. **Βαθμονόμηση:** Η βαθμονόμηση της κλίμακας σε μονάδες.
8. **Νεκρή ζώνη:** Το μέγιστο ποσό αλλαγής της εισόδου που δεν επιφέρει αλλαγή στην έξοδο.
9. **Γραμμικότητα:** Ο βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου προσεγγίζει ευθεία ως προς την είσοδο του αισθητήρα.
10. **Απόκριση:** Ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει την τελική τιμή η έξοδος.
11. **Καθυστέρηση:** Η καθυστέρηση της αλλαγής της εξόδου ως προς την είσοδο.
12. **Ευστάθεια:** Η μεταβολή της εξόδου σε μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς μεταβολή της εισόδου και των συνθηκών.
13. **Υστέρηση:** Η διαφορά στην έξοδο όταν η κατεύθυνση της μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί.
14. **Επαναληψιμότητα:** Η παραγωγή του ίδιου αποτελέσματος σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με την ίδια είσοδο.
15. **Ολίσθηση:** Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με το χρόνο και το περιβάλλον.
16. **Στατικό σφάλμα:** Σταθερό σφάλμα σε όλο το εύρος λειτουργίας, το οποίο μπορεί να αντισταθμιστεί.
17. **Χρόνος λειτουργίας:** Ο εκτιμώμενος χρόνος λειτουργίας στα πλαίσια των προδιαγραφών του.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιήσαμε είναι οι εξής:

1. **Gas sensor MQ2**
2. **Gas sensor MQ3**
3. **Figaro TGS 822**
4. **Figaro TGS 2602**
5. **Gas sensor MQ5**
6. **Gas sensor MQ4**

3.1.1 Gas sensor MQ2

Ο **Gas sensor MQ2** είναι αισθητήρας καπνού και εύφλεκτων αερίων. Ανιχνεύει συγκεντρώσεις καύσιμου αερίου στον αέρα και επιστρέφει την αντίστοιχη αναλογική τάση. Ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει συγκεντρώσεις από εύφλεκτο αέριο από 300 έως 10.000 ppm (parts per million). Επίσης λειτουργεί σε θερμοκρασίες από -20°C έως 50°C και καταναλώνει λιγότερο από 150mA στα 5V. Συχνά χρησιμοποιείται σε εξοπλισμό που ανιχνεύει διαρροές αερίων σε σπίτια και βιομηχανίες. Είναι κατάλληλος για ανίχνευση: υγραερίου(LPG), ισοβουτανίου(i-butane), προπανίου(propane), μεθανίου(methane), αλκοόλ(alcohol), Υδρογόνου(Hydrogen) και καπνού(smoke).



Εικόνα 3.1 Αισθητήρας MQ-2

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V_c	Τάση κυκλώματος	$5V \pm 0.1V$
V_H	Τάση θέρμανσης	$5V \pm 0.1V$
R_L	Αντίσταση φορτίου	προσαρμοζόμενη
R_H	Αντίσταση θέρμανσης	$33\Omega \pm 5\%$
P_H	Κατανάλωση θέρμανσης	Μικρότερη των 800mw

3.1.2 Gas sensor MQ3

Ο **Gas sensor MQ3** είναι αισθητήρας που ανιχνεύει συγκεντρώσεις αλκοόλης στον αέρα και επιστρέφει την αντίστοιχη αναλογική τάση. Το εύρος συγκεντρώσεων που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας είναι από 0.04 mg/L

μέχρι 4mg/L, το οποίο είναι κατάλληλο για αλκοολόμετρα. Ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες από -10 °C έως 50°C και καταναλώνει λιγότερο από 150mA στα 5V.



Εικόνα 3.2 Αισθητήρας MQ-3

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V _c	Τάση κυκλώματος	5V ± 0.1V
V _H	Τάση θέρμανσης	5V ± 0.1V
R _L	Αντίσταση φορτίου	200KΩ
R _H	Αντίσταση θέρμανσης	33Ω ± 5%
P _H	Κατανάλωση θέρμανσης	Μικρότερη των 750mw

3.1.3 Figaro TGS 822

Ο **Figaro TGS 822** είναι αισθητήρας που ανιχνεύει κυρίως ατμούς οργανικών διαλυτών, ακετόνη και αιθανόλη. Επιστρέφει την αντίστοιχη αναλογική τάση με τη συγκέντρωση αερίου που ανιχνεύεται. Ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει συγκεντρώσεις από 50ppm έως 5000ppm. Συχνά χρησιμοποιείται σε αλκοολόμετρα, ανιχνευτές διαρροής αερίου και ανιχνευτές διαλυτών σε εργοστάσια.



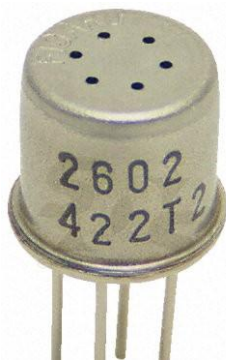
Εικόνα 3.3 Αισθητήρας Figaro TGS 822

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V_c	Τάση κυκλώματος	Μέγιστη 24V
V_H	Τάση θέρμανσης	$5V \pm 0.2V$
R_L	Αντίσταση φορτίου	Μεταβαλλόμενη-ελάχιστη 0.45K Ω
R_H	Αντίσταση θέρμανσης	$38\Omega \pm 3\Omega$
P_H	Κατανάλωση θέρμανσης	660mw

3.1.4 Figaro TGS 2602

Ο **Figaro TGS 2602** είναι αισθητήρας ανίχνευσης πτητικών οργανικών ενώσεων και δύσοσμων αερίων. Επιστέφει αναλογική τάση η οποία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης αερίου που ανίχνευσε. Έχει ιδιαίτερα υψηλή ευαισθησία αφού μπορεί και ανιχνεύει αέρια σε συγκεντρώσεις των 1ppm. Ανιχνεύει κυρίως υδρογόνο, αμμωνία, αιθανόλη και τολουόλιο.



Εικόνα 3.4 Αισθητήρας Figaro TGS 822

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V_c	Τάση κυκλώματος	$5V \pm 0.2V$
V_H	Τάση θέρμανσης	$5V \pm 0.2V$
R_L	Αντίσταση φορτίου	Μεταβαλλόμενη
R_H	Αντίσταση θέρμανσης	59Ω σε θερμοκρασία δωματίου
P_H	Κατανάλωση θέρμανσης	280mw

3.1.5 Gas sensor MQ5

Ο **Gas sensor MQ5** είναι αισθητήρας που ανιχνεύει κυρίως εύφλεκτα αέρια, όπως υγραέριο και φυσικό αέριο. Επιστρέφει αναλογική τάση η οποία είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση αερίου που ανιχνεύεται. Λειτουργεί στα 5V και σε θερμοκρασίες από $-10^\circ C$ έως $50^\circ C$. Ανιχνεύει συγκεντρώσεις από 200ppm έως 10000ppm. Συχνά χρησιμοποιείται σε ανιχνευτές διαρροής αερίου σε σπίτια και βιομηχανίες.



Εικόνα 3.5 Αισθητήρας MQ-5

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V_c	Τάση κυκλώματος	$5V \pm 0.1V$
V_H	Τάση θέρμανσης	$5V \pm 0.1V$
R_L	Αντίσταση φορτίου	20K Ω
R_H	Αντίσταση θέρμανσης	$31\Omega \pm 10\%$
P_H	Κατανάλωση θέρμανσης	Μικρότερη των 800mw

3.1.6 Gas sensor MQ4

Ο **Gas sensor MQ4** είναι αισθητήρας που ανιχνεύει φυσικό αέριο και μεθάνιο σε συγκεντρώσεις από 200ppm έως 10000ppm. Επιστρέφει αναλογική τάση αντίστοιχη της συγκέντρωσης που ανιχνεύεται. Λειτουργεί στα 5V και σε θερμοκρασίες από -10°C έως 50°C. Συχνά χρησιμοποιείται σε ανιχνευτές διαρροής αερίου σε σπίτια και βιομηχανίες.



Εικόνα 3.6 Αισθητήρας MQ-4

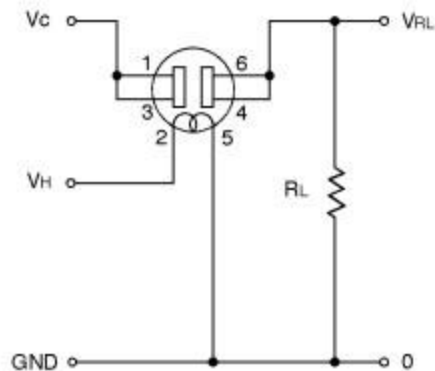
Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Σύμβολο	Όνομα παραμέτρου	Τεχνικές συνθήκες
V _c	Τάση κυκλώματος	5V ± 0.1V
V _H	Τάση θέρμανσης	5V ± 0.1V
R _L	Αντίσταση φορτίου	20KΩ
R _H	Αντίσταση θέρμανσης	33Ω ± 5%
P _H	Κατανάλωση θέρμανσης	Μικρότερη των 750mw

3.2 Συνδεσμολογία Αισθητήρων

Ο κάθε αισθητήρας έχει 4 pins. Το V_c (5V) το οποίο είναι η τροφοδοσία του αισθητήρα, το V_H (5V) που είναι η τροφοδοσία των αντιστάσεων θέρμανσης, το GND το οποίο είναι η γείωση και το V_{out} που είναι το σήμα εξόδου. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν πάνω στην πλακέτα αισθητήρων η οποία με τη σειρά της τοποθετήθηκε μέσα στο chamber. Όλοι οι αισθητήρες είχαν κοινή τροφοδοσία αισθητήρα V_c και κοινή τροφοδοσία αντιστάσεων θέρμανσης V_H. Όπως επίσης είχαν και κοινή γείωση. Ο κάθε αισθητήρας είχε από ένα ξεχωριστό

κανάλι σήματος εξόδου έτσι ώστε να φτάνει αυτό το σήμα στο μικροελεγκτή. Στην εικόνα δίπλα φαίνεται η εσωτερική συνδεσμολογία των αισθητήρων.



Σχήμα 3.2 Εσωτερική συνδεσμολογία αισθητήρα

3.3 Η πλακέτα

Για το σχεδιασμό της πλακέτας χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον σχεδίασης πλακετών Eagle 6.5.0. Σε αυτό το περιβάλλον είχα την ευκαιρία να σχεδιάσω με τον τρόπο που θέλω τους διαύλους και τις τρύπες για τα pins. Η πλακέτα έχει έναν δίαυλο για την τροφοδοσία (+5V) και έναν δίαυλο για τη γείωση (0V) πάνω στους οποίους συνδέονται όλοι οι αισθητήρες. Επίσης έχει 4 υποδοχές για κάθε έναν από τους 6 αισθητήρες και 6 υποδοχές πάνω στις οποίες συνδέονται καλώδια για τη μεταφορά του σήματος των αισθητήρων προς το μικροελεγκτή.

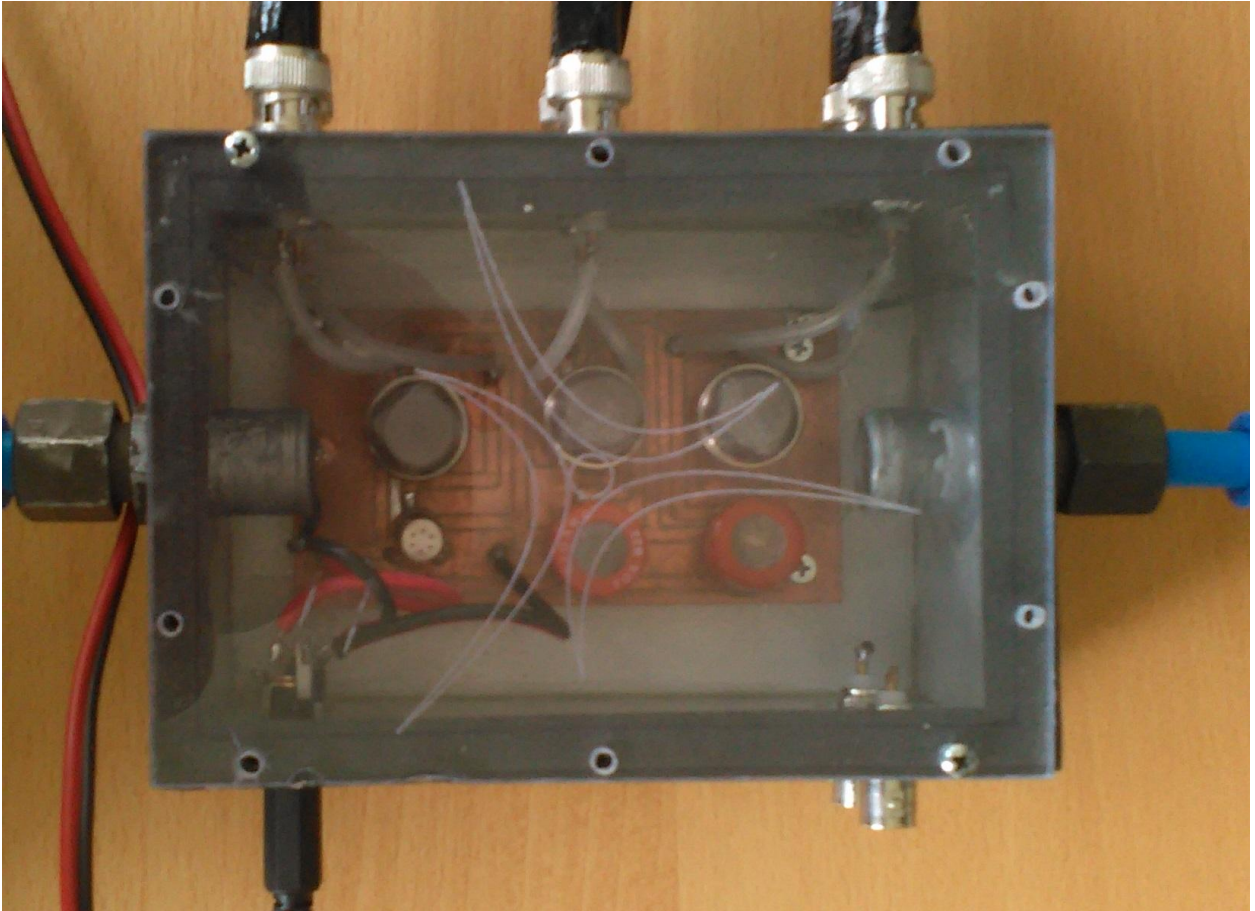
Για τη δημιουργία της πλακέτας χρησιμοποιήθηκε Μηχάνημα CNC το οποίο έκοψε το χαλκό με βάση το πρόγραμμα σχεδίασης. Στην εικόνα 3.3 φαίνεται η πλακέτα με τοποθετημένους πάνω της τους αισθητήρες και τα καλώδια τροφοδοσίας και μεταφοράς σήματος.



Εικόνα 3.7 Η πλακέτα με τους αισθητήρες.

3.4 Το chamber

Το chamber κατασκευάστηκε από αλουμίνιο και το καπάκι του από πλεξιγκλάς με τη βοήθεια μηχανήματος CNC. Περιέχει μέσα του την πλακέτα με τους αισθητήρες, τα καλώδια τροφοδοσίας και αποστολής σήματος των αισθητήρων. Πάνω στην πλαϊνή επιφάνεια αλουμινίου έχουν στερεωθεί 8 βύσματα BNC μεταφοράς σήματος. Από αυτά χρησιμοποιούνται τα 6. Από τα 2 βύσματα τροφοδοσίας χρησιμοποιείται το 1. Ανάμεσα στο καπάκι και στο κουτί του chamber έχει μπει φλάντζα η οποία έχει στερεωθεί με φλαντζόκολλα και σφίγγει με τις βίδες που ενώνουν το καπάκι με το κουτί. Έχει δύο διόδους αέρα(σωλήνες) που έχουν κολληθεί πάνω στο κουτί. Υπάρχουν ακόμα βάνες αέρα στις προεκτάσεις των σωλήνων έτσι ώστε να ελέγχεται η διέλευση του αέρα μέσα στο chamber. Στην εικόνα 3.4 φαίνεται το chamber με κλειστό το καπάκι του και συνδεδεμένα τα καλώδια.



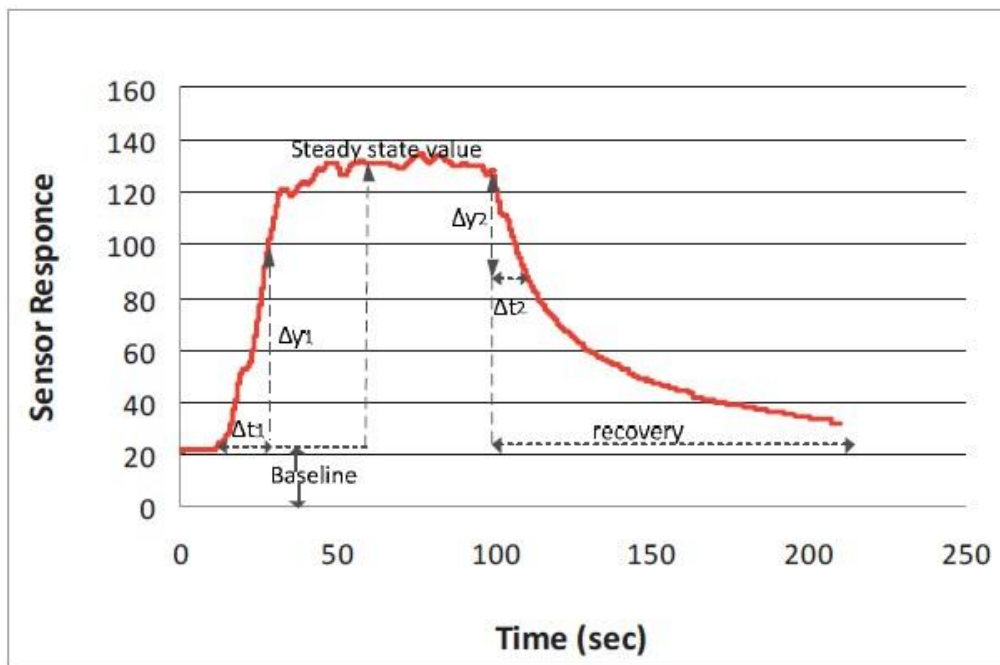
Εικόνα 3.8 Το «chamber»

Κεφάλαιο 4^ο Μετρήσεις – Αποτελέσματα

4.1 Παράμετροι δεδομένων μέτρησης

Στο σχήμα 4.1 φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά μετρήσεων από μία τυπική απόκριση αισθητήρα σε άρωμα που μετρήθηκε. Πολλά χαρακτηριστικά των καμπυλών χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων στην παρούσα μελέτη. Η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Η τιμή της βάσης (baseline) $x(0)$ αφαιρείται από την απόκριση του αισθητήρα $x_s(t)$ προκειμένου να αντισταθμίσει το θόρυβο ή τη μετατόπιση, $y_s(t)=x_s(t)-x(0)$.
2. Η τιμή της σταθερής κατάστασης (Steady state value) st υπολογίζεται από το μέσο όρο του πάνω τμήματος της καμπύλης.
3. Η κλίση $grad_1$ του αυξανόμενου άκρου της μέτρησης λαμβάνεται, με τον υπολογισμό του $\Delta y_1/\Delta t_1$, όπου το Δy_1 είναι το 70% της τιμής σταθερής κατάστασης st και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι το Δt_1 σε δευτερόλεπτα(seconds).
4. Η κλίση $grad_2$, του άκρου πτώσης υπολογίζεται από το πηλίκο του $\Delta y_2/\Delta t_2$, όπου Δy_2 είναι $(1-0.7)*st$ και Δt_2 είναι το χρονικό διάστημα της αντίστοιχης πτώσης της απόκρισης σε δευτερόλεπτα(seconds).



Σχήμα 4.1 Τυπικό διάγραμμα απόκρισης αισθητήρα και πλήθος παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

4.2 Μετρήσεις Αρωμάτων

Για το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα εξής 3 αρώματα από τη σειρά «Oenarom - Vins rouges» της εταιρίας Sentosphere:

1. No10 – Φράουλα
2. No7 - Κεράσι
3. No6 - Κασσίς (μαύρο φραγκοστάφυλο)

Για τις μετρήσεις αρωμάτων χρησιμοποιήθηκε το σύστημα συλλογής δεδομένων και το σύστημα ηλεκτρονική μύτης που δημιουργήσαμε. Η διαδικασία για κάθε μέτρηση ήταν η εξής:

1. Προθέρμανση των αισθητήρων για 3 ώρες περίπου
2. Αναρρόφηση αερίων από το μπουκαλάκι του αρώματος με τη βοήθεια μίας σύριγγας των 60ml και κλείσιμο του στομίου της
3. Ρύθμιση της αντίστασης των ποτενσιομέτρων για να φτάσουν όλοι οι αισθητήρες την τιμή απόκρισης 40
4. Άνοιγμα της βάνας εισόδου και κλείσιμο της βάνας εξόδου

Αφού γίνουν όλα αυτά, τρέχουμε την εφαρμογή στο Labview έτσι ώστε να καταγραφεί η μέτρηση από ένα άρωμα. Από τη στιγμή που έχει ξεκινήσει η εφαρμογή, περιμένουμε 1 λεπτό περίπου(4000 μετρήσεις) και μετά εισάγουμε το προς μέτρηση αέριο από τη σύριγγα στο chamber με τους αισθητήρες. Διατηρούμε καλά σφραγισμένο το chamber για 11 λεπτά περίπου(42000 μετρήσεις) ώστε να πάρουμε τη βασική μέτρηση. Μόλις περάσει ο χρόνος αυτός ανοίγουμε το καπάκι του chamber και μετά από ένα λεπτό περίπου(4000 μετρήσεις) σταματάμε την εφαρμογή και αποθηκεύουμε τις μετρήσεις. Αφήνουμε ανοικτό το καπάκι του chamber για 7-8 λεπτά περίπου ώστε να αεριστεί και να είναι έτοιμο για την επόμενη μέτρηση. Όπως φαίνεται από τα παραπάνω η κάθε μέτρηση διαρκούσε περίπου 20 λεπτά μαζί με το χρόνο αερισμού.

Συνολικά πάρθηκαν 9 μετρήσεις.

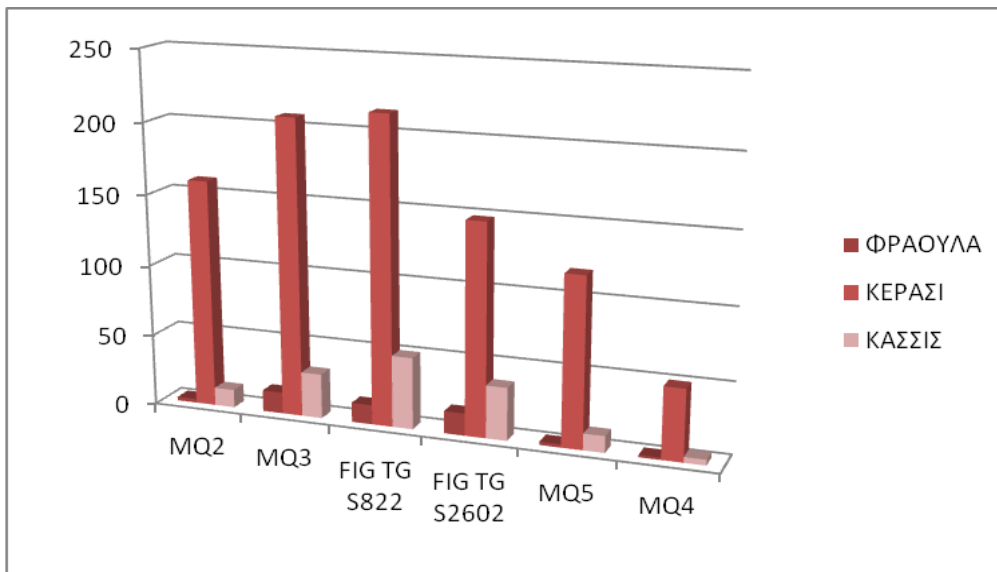
- 3 μετρήσεις από το άρωμα φράουλας
- 3 μετρήσεις από το άρωμα κερασιού
- 3 μετρήσεις από το άρωμα κασσίς

Οι μετρήσεις αυτές παίρνονταν εναλλάξ, δηλαδή πρώτα πάρθηκε η μέτρηση του αρώματος φράουλας, μετά του κερασιού, μετά του κασσίς, μετά ξανά της φράουλας και ούτω καθεξής.

Τα συνολικά αποτελέσματα - λαμβάνοντας υπόψη και τις 9 μετρήσεις για τις τιμές σταθερής κατάστασης και την κλίση ανόδου – φαίνονται στους παρακάτω πίνακες 4.1 & 4.2 και παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα 4.2 & 4.3, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.1 Τιμές σταθερής κατάστασης

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	ΑΡΩΜΑΤΑ		
	ΦΡΑΟΥΛΑ	ΚΕΡΑΣΙ	ΚΑΣΣΙΣ
MQ2	2.67	160	12.67
MQ3	15	207.7	31.33
FIG TG S822	13.7	214.3	50.33
FIG TG S2602	15.7	148	37
MQ5	2.33	118.3	11.67
MQ4	1.67	50	4

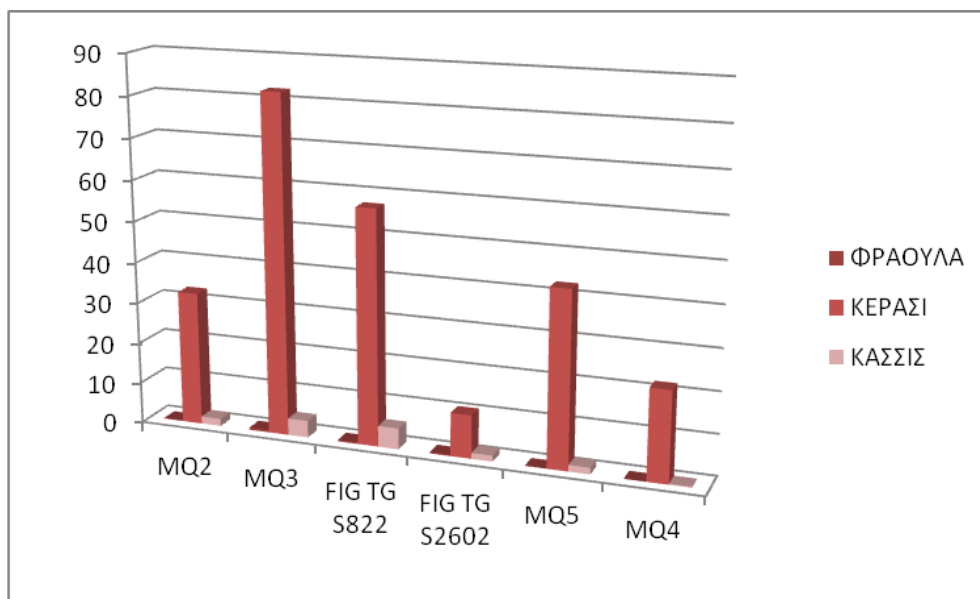


Σχήμα 4.2 Τιμές σταθερής κατάστασης

Πίνακας 4.2 Κλίσεις ανόδου

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	ΑΡΩΜΑΤΑ		
	ΦΡΑΟΥΛΑ	ΚΕΡΑΣΙ	ΚΑΣΣΙΣ
MQ2	0.19	32.69	1.78
MQ3	0.56	82.37	4.12
FIG TG S822	0.39	57.17	5.12
FIG TG S2602	0.34	10.54	1.46

MQ5	0.06	42.71	1.59
MQ4	0.04	22.05	0.26



Σχήμα 4.3 Κλίσεις ανόδου

4.2.1 Μετρήσεις Αρώματος Φράουλας

Στο άρωμα της φράουλας οι αισθητήρες έδειξαν μικρή ευαισθησία. Ποιο συγκεκριμένα οι αισθητήρες MQ2, MQ5 και MQ4 είχαν τόσο μικρή ευαισθησία που μπορούμε να πούμε ότι δεν ήταν ανιχνεύσιμη η μέτρησή τους. Ενώ οι αισθητήρες MQ3, FIGARO TGS822 και FIGARO TGS2602 επίσης έδειξαν μικρή ευαισθησία αλλά ανιχνεύσιμη μέτρηση. Ποιο αναλυτικά στους πίνακες 4.3, 4.4 & 4.5 φαίνονται οι τιμές σταθερής κατάστασης, οι κλίσεις ανόδου $grad_1$ και καθόδου $grad_2$ αντίστοιχα, μαζί με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις τους.

Πίνακας 4.3 Τιμές σταθερής κατάστασης αρώματος φράουλας

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	3	14	12	13	2	1
2 ^η	2	16	7	16	1	2
3 ^η	3	15	22	18	4	2
M.O.	2.667	15	13.667	15.667	2.333	1.667
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	0.577	1	7.638	2.517	1.528	0.577

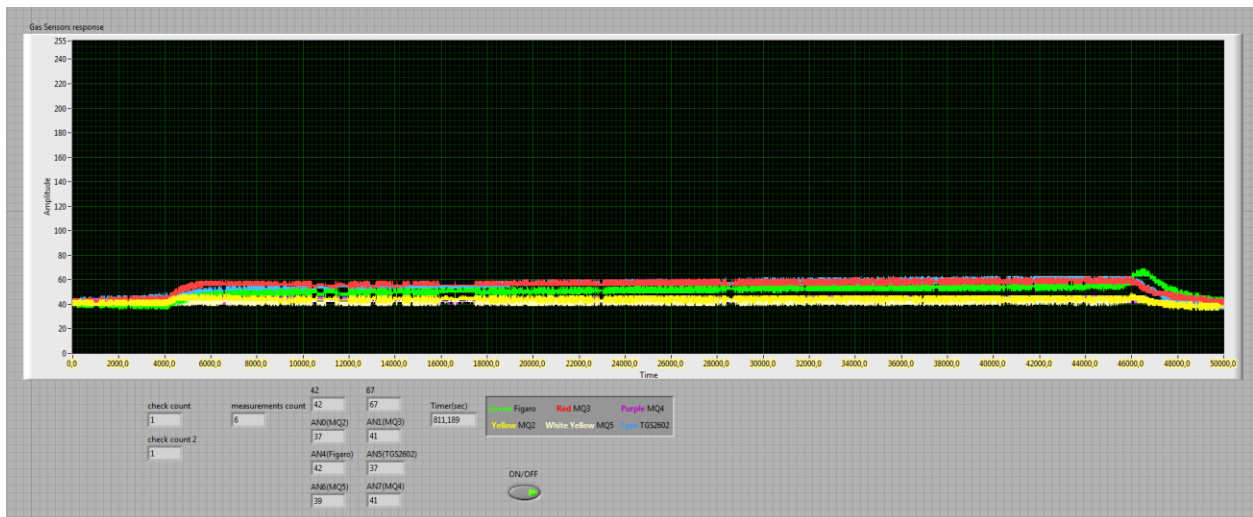
Πίνακας 4.4 Κλίσεις ανόδου grad₁ αρώματος φράουλας

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	0.302	0.643	0.273	0.285	0.054	0.034
2 ^η	0.088	0.447	0.263	0.346	0.033	0.048
3 ^η	0.178	0.577	0.618	0.386	0.101	0.045
M.O.	0.189	0.556	0.385	0.339	0.063	0.042
τυπ.αποκ.	0.107	0.100	0.202	0.051	0.035	0.007

Πίνακας 4.5 Κλίσεις καθόδου grad₂ αρώματος φράουλας

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	0.088	0.463	0.095	0.348	0.036	0.023
2 ^η	0.168	0.568	0.187	0.387	0.036	0.085
3 ^η	0.301	0.616	0.520	0.326	0.140	0.008
M.O.	0.186	0.549	0.267	0.354	0.071	0.039
τυπ.αποκ.	0.108	0.078	0.224	0.031	0.060	0.041

4.2.1.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Φράουλας:



Εικόνα 4.1 Γράφημα πρώτης μέτρησης φράουλας.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=44-41=3$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.302$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.088$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0) = 43$

Τιμή σταθερής κατάστασης (steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 57 - 43 = 14$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.643$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.463$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0) = 39$

Τιμή σταθερής κατάστασης (steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 51 - 39 = 12$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.273$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.095$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0) = 43$

Τιμή σταθερής κατάστασης (steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 56 - 43 = 13$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.285$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.348$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0) = 40$

Τιμή σταθερής κατάστασης (steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 42 - 40 = 2$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.054$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.036$

Αισθητήρας: **MQ4**

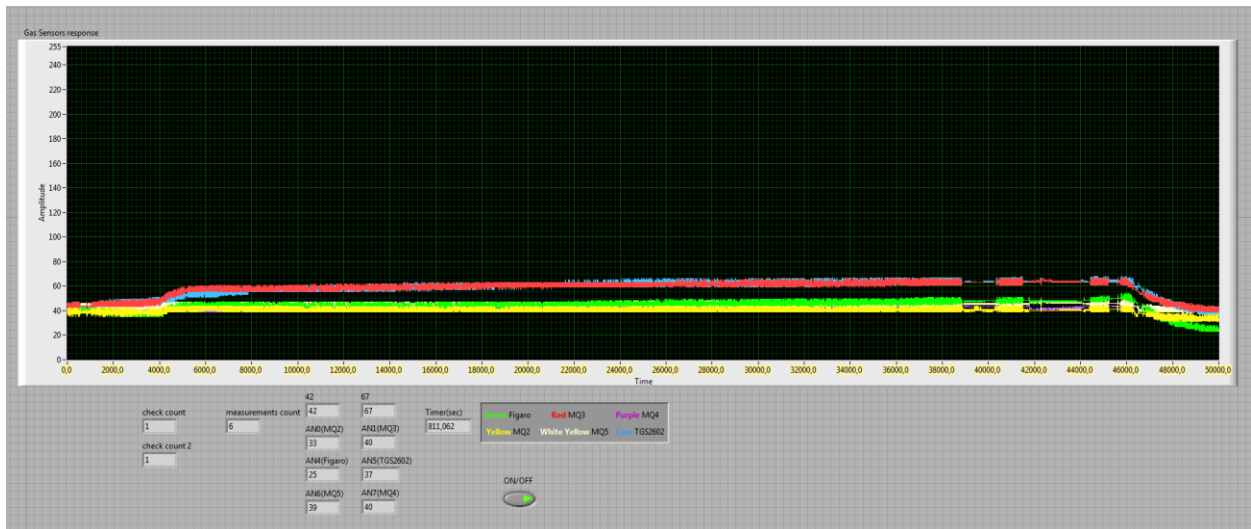
Βάση (baseline) $x(0) = 42$

Τιμή σταθερής κατάστασης (steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 43 - 42 = 1$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.034$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.023$

4.2.1.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Φράουλας:



Εικόνα 4.2 Γράφημα δεύτερης μέτρησης φράουλας.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=38$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 40 - 38 = 2$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.088$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.168$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=45$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st = x_s(t) - x(0) = 61 - 45 = 16$

Κλίση $\text{grad}_1 = \Delta y_1 / \Delta t_1 = 0.447$

Κλίση $\text{grad}_2 = \Delta y_2 / \Delta t_2 = 0.568$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=46-39=7$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.263$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.187$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=45$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=61-45=16$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.346$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.387$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=42-41=1$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.033$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.036$

Αισθητήρας: **MQ4**

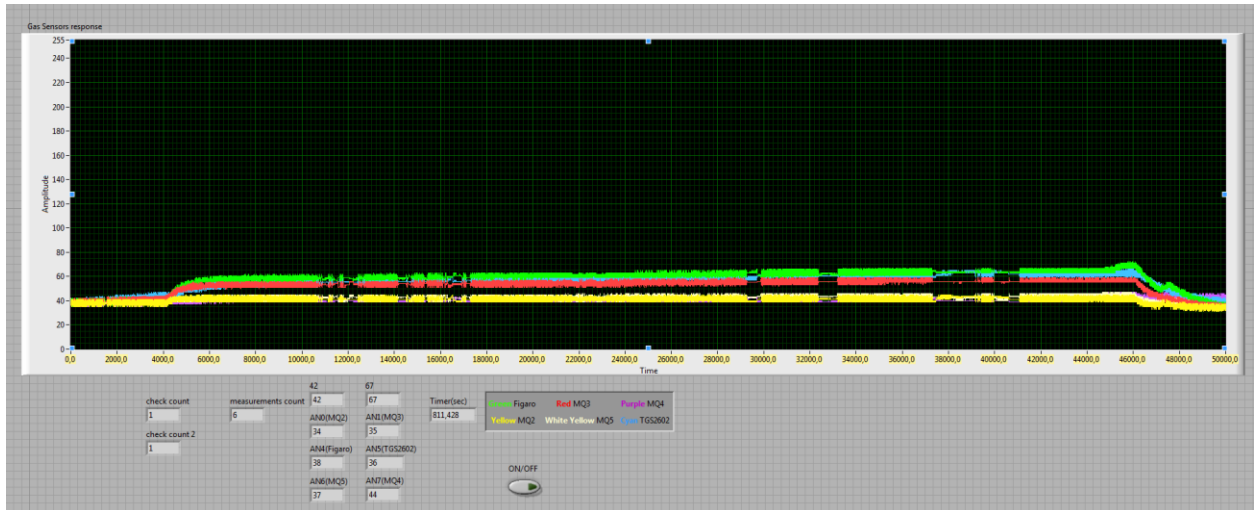
Βάση (baseline) $x(0)=43$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=45-43=2$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.048$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.085$

4.2.1.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Φράουλας:



Εικόνα 4.3 Γράφημα τρίτης μέτρησης φράουλας.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=38$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=41-38=3$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.178$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.301$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=40$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=55-40=15$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.577$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.616$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=61-39=22$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.618$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.520$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=59-41=18$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.386$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.326$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=43-39=4$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.101$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.140$

Αισθητήρας: **MQ4**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=41-39=2$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 0.045$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 0.008$

4.2.2 Μετρήσεις Αρώματος Κερασιού

Στο άρωμα του κερασιού οι αισθητήρες έδειξαν μεγάλη ευαισθησία. Ποιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις αισθητήρων MQ3 και FIGARO TGS822 δεν θεωρούνται αξιόπιστες για τον λόγο ότι έφτασαν την μέγιστη τιμή (255) και στις 3 μετρήσεις. Οι υπόλοιποι αισθητήρες έδειξαν αξιοποιήσιμες και αξιόπιστες μετρήσεις με σχετικά υψηλή ευαισθησία. Ποιο αναλυτικά στους πίνακες 4.6, 4.7 & 4.8 φαίνονται οι τιμές σταθερής κατάστασης, οι κλίσεις $grad_1$ και $grad_2$ μαζί με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις τους.

Πίνακας 4.6 Τιμές σταθερής κατάστασης αρώματος κερασιού

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	174	202	208	152	133	53
2 ^η	165	216	221	159	122	50
3 ^η	141	205	214	133	100	46

M.O.	160	207.667	214.333	148	118.333	49.667
τυπ. αποκ.	17.059	7.371	6.506	13.454	16.803	3.512

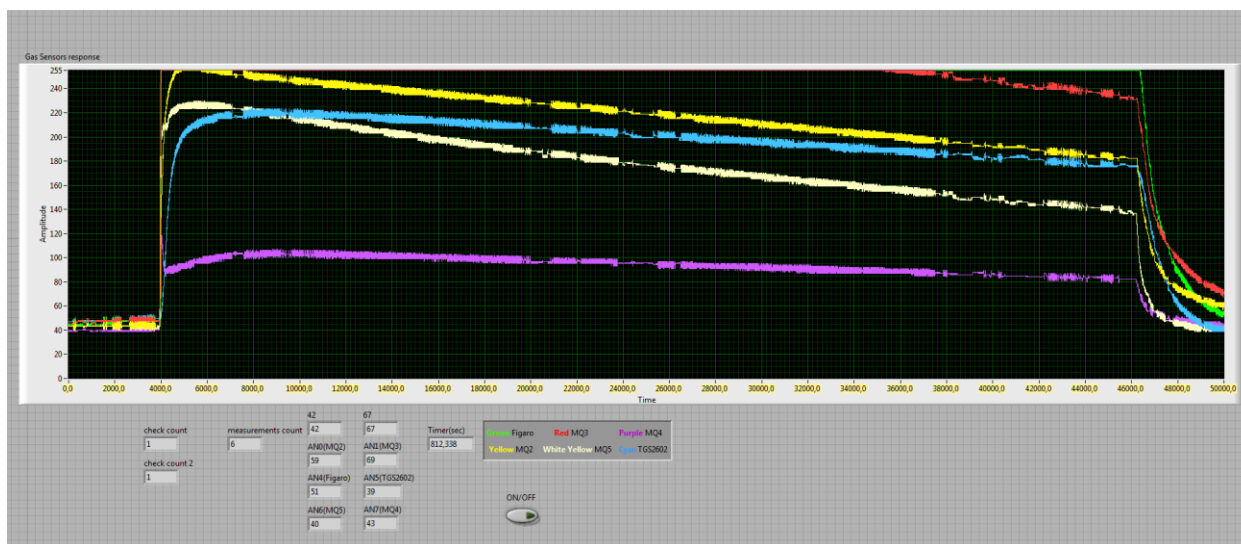
Πίνακας 4.7 Κλίσεις ανόδου grad₁ αρώματος κερασιού

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	49.441	153.380	86.274	13.846	80.035	41.703
2 ^η	28.068	53.974	47.420	10.564	28.516	13.424
3 ^η	20.573	39.765	37.827	7.195	19.586	11.015
M.O.	32.694	82.373	57.174	10.535	42.712	22.047
τυπ. αποκ.	14.980	61.903	25.654	3.326	32.629	17.065

Πίνακας 4.8 Κλίσεις καθόδου grad₂ αρώματος κερασιού

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	9.701	7.449	5.573	5.131	102.902	3.980
2 ^η	28.291	9.116	4.674	6.624	70.655	13.739
3 ^η	436.434	11.211	6.739	9.539	206.124	95.464
M.O.	158.142	9.259	5.662	7.098	126.560	37.728
τυπ. αποκ.	241.187	1.885	1.035	2.242	70.765	50.239

4.2.2.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Κερασιού



Εικόνα 4.4 Γράφημα πρώτης μέτρησης κερασιού.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=44$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=218-44=174$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 49.441$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 9.701$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=50$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=252-50=202$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 153.380$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 7.449$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=47$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=255-47=208$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 86.274$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 5.573$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=48$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=200-48=152$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 13.846$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 5.131$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=45$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=178-45=133$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 80.035$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 102.902$

Αισθητήρας: **MQ4**

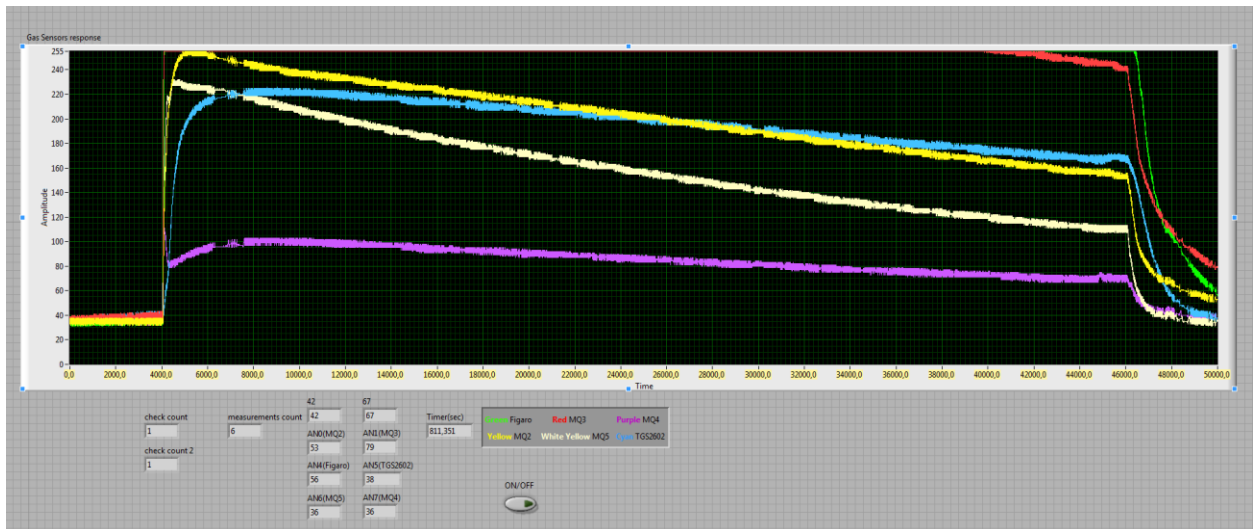
Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=94-41=53$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1= 41.703$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2= 3.980$

4.2.2.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Κερασιού



Εικόνα 4.5 Γράφημα δεύτερης μέτρησης κερασιού.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=35$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=200-35=165$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=28.068$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=28.291$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=38$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=254-38=216$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=53.974$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=9.116$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=34$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=255-34=221$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=47.420$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=4.674$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=38$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=197-38=159$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=10.564$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=6.624$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=36$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=158-36=122$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=28.516$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=70.655$

Αισθητήρας: **MQ4**

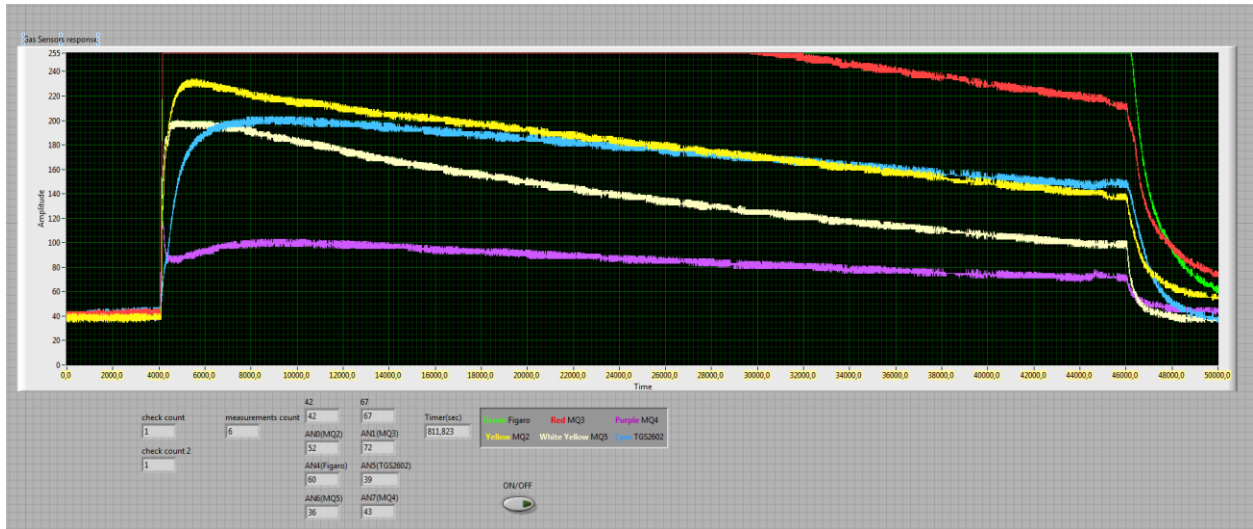
Βάση (baseline) $x(0)=35$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=85-35=50$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=13.424$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=13.739$

4.2.2.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Κερασιού



Εικόνα 4.6 Γράφημα τρίτης μέτρησης κερασιού.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=180-39=141$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=20.573$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=436.434$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=42$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=247-42=205$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=39.765$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=11.211$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=255-41=214$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=37.827$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=6.739$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=42$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=175-42=133$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=7.195$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=9.539$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=139-39=100$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=19.586$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=206.124$

Αισθητήρας: **MQ4**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=85-39=46$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=11.015$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=95.464$

4.2.3 Μετρήσεις Αρώματος Κασσίδ

Στο άρωμα του κασσίς οι αισθητήρες έδειξαν μέτρια ευαισθησία. Ο MQ4 έδειξε τόσο μικρή ευαισθησία που δεν θεωρείτε αξιοποιήσιμη. Ενώ οι υπόλοιποι 5 αισθητήρες έδειξαν αξιοποιήσιμες μετρήσεις. Ποιο αναλυτικά στους πίνακες 4.9, 4.10 & 4.11 φαίνονται οι τιμές σταθερής κατάστασης, οι κλίσεις $grad_1$ και $grad_2$ μαζί με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις τους.

Πίνακας 4.9 Τιμές σταθερής κατάστασης αρώματος κασσίς

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1 ^η	17	34	65	49	16	6
2 ^η	11	31	39	36	10	3
3 ^η	10	29	47	26	9	3
M.O.	12.667	31.333	50.333	37	11.667	4

ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	3.786	2.517	13.317	11.533	3.786	1.732
------------------	--------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------

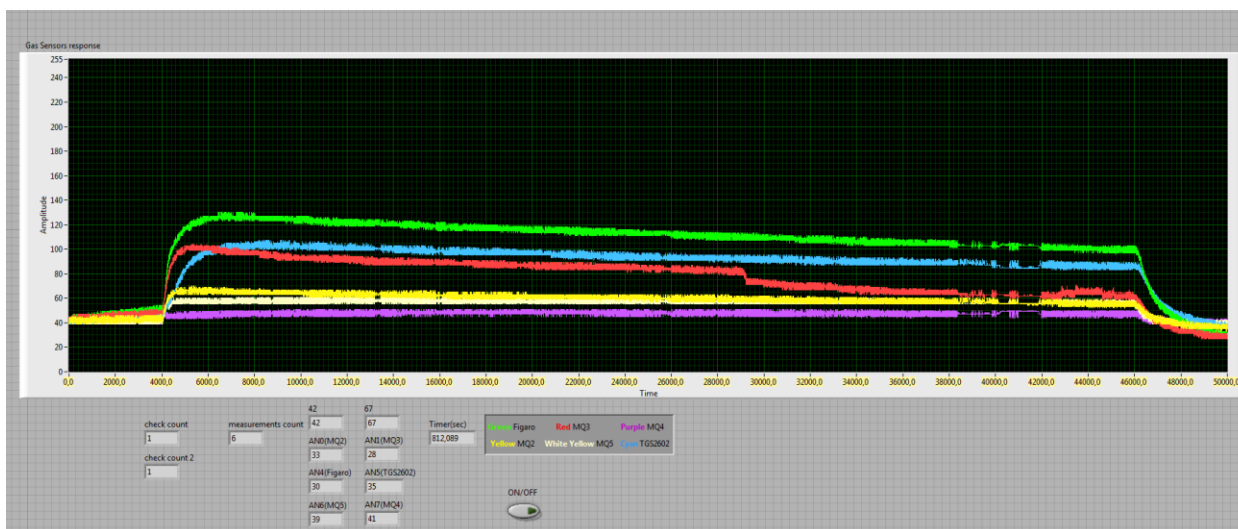
Πίνακας 4.10 Κλίσεις ανόδου grad₁ αρώματος κασσίς

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1^η	2.475	4.877	6.514	2.116	2.423	0.164
2^η	1.462	3.527	3.893	1.341	1.389	0.439
3^η	1.390	3.969	4.944	0.925	0.955	0.172
Μ.Ο.	1.776	4.124	5.117	1.461	1.589	0.258
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	0.607	0.688	1.319	0.604	0.754	253.360

Πίνακας 4.11 Κλίσεις καθόδου grad₂ αρώματος κασσίς

Μέτρηση	MQ2	MQ3	TGS822	TGS2602	MQ5	MQ4
1^η	5.268	21.478	5.325	2.408	1.765	0.570
2^η	0.878	4.926	2.957	1.217	0.546	0.226
3^η	6.808	6.078	3.888	0.850	0.866	0.310
Μ.Ο.	4.318	10.827	4.057	1.492	1.059	0.369
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	3.077	9.242	1.193	0.815	0.632	0.179

4.2.3.1 Πρώτη μέτρηση Αρώματος Κασσίς



Εικόνα 4.7 Γράφημα πρώτης μέτρησης κασσίς.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=43$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=60-43=17$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=2.475$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=5.268$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=45$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=79-45=34$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=4.877$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=21.478$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=47$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=112-47=65$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=6.514$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=5.325$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=44$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=93-44=49$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=2.116$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=2.408$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=57-41=16$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=2.423$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=1.765$

Αισθητήρας: **MQ4**

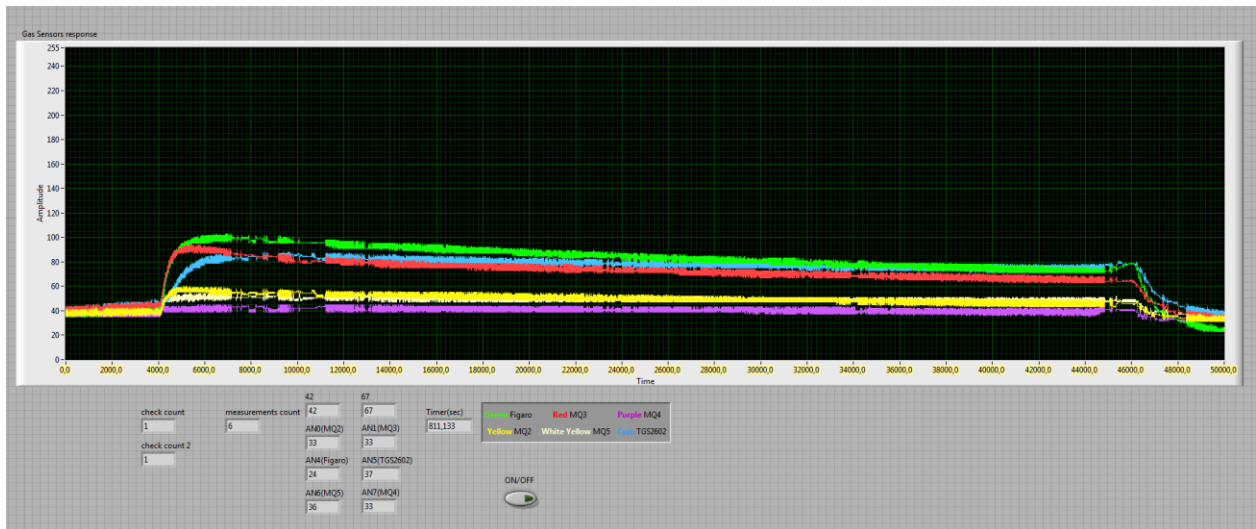
Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=47-41=6$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=0.164$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.570$

4.2.3.2 Δεύτερη μέτρηση Αρώματος Κασσίς



Εικόνα 4.8 Γράφημα δεύτερης μέτρησης κασσίς.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=38$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=49-38=11$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=1.462$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.878$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=42$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=73-42=31$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=3.527$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=4.926$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=84-45=39$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=3.893$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=2.957$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=42$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=78-42=36$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=1.341$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=1.217$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=49-39=10$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=1.389$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.546$

Αισθητήρας: **MQ4**

Βάση (baseline) $x(0)=37$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=40-37=3$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=0.439$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.226$

4.2.3.3 Τρίτη μέτρηση Αρώματος Κασσίς



Εικόνα 4.9 Γράφημα τρίτης μέτρησης κασσίς.

Αισθητήρας: **MQ2**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=49-39=10$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=1.390$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=6.808$

Αισθητήρας: **MQ3**

Βάση (baseline) $x(0)=40$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=69-40=29$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=3.969$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=6.078$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS822**

Βάση (baseline) $x(0)=41$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=88-41=47$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=4.944$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=3.888$

Αισθητήρας: **FIGARO TGS2602**

Βάση (baseline) $x(0)=42$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=68-42=26$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=0.925$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.850$

Αισθητήρας: **MQ5**

Βάση (baseline) $x(0)=39$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=48-39=9$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=0.955$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.866$

Αισθητήρας: **MQ4**

Βάση (baseline) $x(0)=40$

Τιμή σταθερής κατάστασης(steady state value) $st= x_s(t)-x(0)=43-40=3$

Κλίση $grad_1= \Delta y_1/\Delta t_1=0.172$

Κλίση $grad_2= \Delta y_2/\Delta t_2=0.310$

Κεφάλαιο 5^ο Αρώματα και οίνοι ερυθροί

«Η φυσική πορεία του γλεύκους (μούστου) είναι να γίνει όξος (ξύδι)», όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο μεγάλος διδάσκαλος της οινολογίας Pascal Ribéreau-Gayon(1931-2011). Εδώ όμως, επεμβαίνει ο άνθρωπος, καθοδηγώντας τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο φλοιό του σταφυλιού με ρύθμιση θερμοκρασίας, υγρασίας και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν το γλεύκος. Έτσι οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται, μετατρέποντας τα σάκχαρα του γλεύκους σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα (αλκοολική ζύμωση). Κατά την ανάπτυξη αυτή, οι μικροοργανισμοί παράγουν και πτητικές ουσίες (οσμές - αρώματα), τις οποίες αντιλαμβανόμαστε με τα αισθητήρια της όσφρησης και της γεύσης (άρωμα γεύσης).

Ανάλογα με την προέλευσή τους, τα αρώματα στους οίνους διακρίνονται σε **πρωτεύοντα, δευτερεύοντα, και τριτεύοντα.**

1. Τα πρωτεύοντα αρώματα ενός οίνου οφείλονται στην ή στις ποικιλίες των σταφυλιών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του.
2. Τα δευτερεύοντα αρώματα ενός οίνου οφείλονται στις διάφορες τεχνικές οινοποίησης που εφαρμόστηκαν για την παραγωγή του.
3. Τέλος, τα τριτεύοντα αρώματα ενός οίνου προκύπτουν κατά την ωρίμανση ή παλαίωση αυτού σε δρύινα βαρέλια.

Υπάρχει βέβαια και η κατηγορία των **ελαττωμάτων των οίνων.**

1. Στα κύρια ελαττώματα των οίνων ανήκουν οσμές όπως του χαλασμένου φελλού, απορρυπαντικού, μούχλας, θείου, κ.ά.
2. Μερικές φορές, ελαττώματα προκύπτουν και από κακή εφαρμογή της τεχνικής οινοποίησης. Έτσι, π.χ. παρατεταμένη προζυμωτική εκχύλιση σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα κατά την παραγωγή οίνων Beaujolais-pouveau ή primeur, μπορεί να οδηγήσει σε περίσσεια παραγωγής του αρώματος της μπανάνας, που σε αυτήν την περιεκτικότητα δεν είναι και τόσο ευχάριστη στο τελικό προϊόν.
3. Άλλες δε φορές, όταν η παραμονή του οίνου στα δρύινα βαρέλια είναι παρατεταμένη ή χρησιμοποιούνται πολλών ειδών ή πολλαπλών χρήσεων δρύινα βαρέλια για τον ίδιο οίνο, δημιουργούνται αρώματα σε τέτοια περιεκτικότητα που υπερκαλύπτουν το φρουτώδη χαρακτήρα του οίνου. Τέτοια αρώματα μπορεί να είναι το άρωμα του κερασιού αλλά και αρώματα που οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην επαφή του οίνου με

τα δρύινα βαρέλια, π.χ. βανίλια, κουβερτούρα, καφές, καπνός και που δεν συναντούμε σε οίνους που δεν έχουν περάσει από βαρέλι. Τα αρώματα αυτά είναι πολύ ευχάριστα και τα αναζητούμε στους οίνους, αλλά σε κατάλληλες συγκεντρώσεις, τέτοιες ώστε να μην υπερκαλύπτουν τα πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα αρώματα.

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής τρία αρώματα:

1. της φράουλας
2. του κερασιού και
3. του κασσίς ή αλλιώς μαύρου φραγκοστάφυλου.

Στον πίνακα 5.1 περιγράφονται οι κατηγορίες των τριών αυτών αρωμάτων, που συναντούμε στους ερυθρούς οίνους, ανάλογα με το είδος προέλευσης αυτών.

Έτσι, το άρωμα της φράουλας που μπορεί να συναντήσουμε σε έναν τυπικό ερυθρό οίνο ανήκει είτε στα πρωτεύοντα ή στα δευτερεύοντα.

Ως πρωτεύον μπορεί να προκύψει από τις εξής ποικιλίες οινοποιήσιμων σταφυλιών:

Cabernet franc, cabernet sauvignon, gamay, cinsault, grenache noir, merlot, mourvedre, nebbiolo, pinot noir, syrah,

Ως δευτερεύον, μπορεί να οφείλεται στην εφαρμογή ειδικών τεχνικών οινοποίησης για την παραγωγή ειδικών οίνων όπως:

Beaujolais Nouveau, Banyuls, clairette de Die, floc de Gascogne, moscato d' Asti, pineau des Charentes, portos rouges κ.ά.

Το άρωμα αυτό δεν προκύπτει από παλαίωση του οίνου σε δρύινα βαρέλια. Με άλλα λόγια δεν ανήκει στα τριτεύοντα αρώματα.

Στην πρώτη στήλη του Πίνακα 5.1 κάτω από το όνομα κάθε αρώματος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, αναφέρονται εκείνα με τα οποία συγχέεται πολλές φορές το αντίστοιχο άρωμα.

Έτσι π.χ. το άρωμα της φράουλας σε έναν ερυθρό οίνο μπορεί να δώσει την εντύπωση ενός διαφορετικού αρώματος, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1

Κατηγορίες των αρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, ανάλογα με το είδος προέλευσής τους

α/α	ΑΡΩΜΑΤΑ	ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ (από ποικιλίες σταφυλιών)	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ (από τεχνικές οινοποίησης)	ΤΡΙΤΕΥΟΝΤΑ (από παλαίωση σε δρύινα βαρέλια)	ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ
1	ΦΡΑΟΥΛΑ *(βερίκοκο, κανέλα, μαύρο φραγκοστάφυλο, κερί μέλισσας, γαρύφαλλο-μπαχαρικό, γιασεμί, μάνγκο, βανίλια)	Cabernet franc, cabernet sauvignon, gamay, cinsault, grenache noir, merlot, mourverdre, nebbiolo, pinot noir, syrah,	π.χ. Beaujolais Nouveau, Banyuls, clairette de Die, floc de Gascogne, moscato d' Asti, pineau des Charentes, portos rouges		
2	ΚΕΡΑΣΙ *(πικραμύγδαλο, κανέλα, κασίς, υάκινθος, γιασεμί, νάρκισσος, καρπούζι, πράσινο μήλο)	Cabernet franc, cabernet sauvignon, gamay, cinsault, garanoir, grenache noir, malbec, merlot, nebbiolo, pinot noir, sangiovese, syrah, tempranillo, ...		Πολλές φορές δείκτης παλαίωσης σε συγκεκριμένα δρύινα βαρέλια.	Μερικές φορές, όταν η παραμονή του οίνου στα δρύινα βαρέλια είναι παρατεταμένη ή χρησιμοποιούνται πολλών ειδών ή πολλαπλών χρήσεων δρύινα βαρέλια για τον ίδιο οίνο, το άρωμα του κερασιού είναι τόσο έντονο που υπερκαλύπτει τα αρώματα των ποικιλιών των


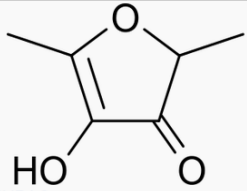
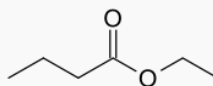
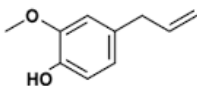
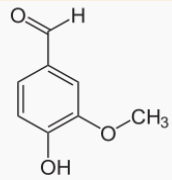
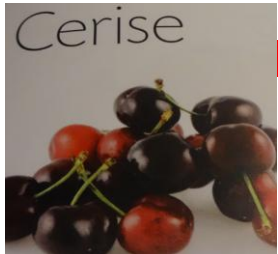
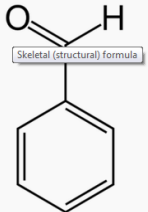
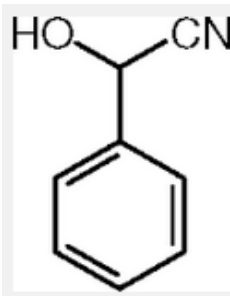
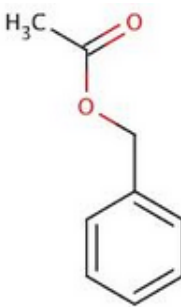
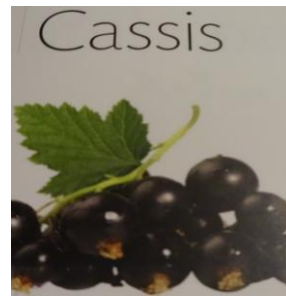
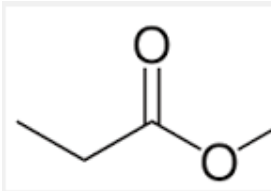
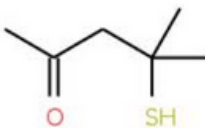
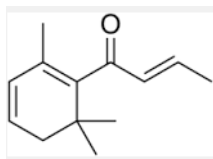
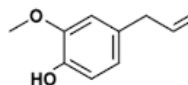
					σταφυλιών
3	<p>ΚΑΣΙΣ ή ΜΑΥΡΟ ΦΡΑΓΚΟΣΤΑ ΦΥΛΟ</p> <p>*(μπουμπούκι μαύρου φραγκοστάφυ λου, κανέλα, γαρύφαλλο- μπαχαρικό, φράουλα, γιασεμί, μάνγκο, μοσχοκάρυδο , γαρύφαλλο- άνθος, γκρέιπφρουτ, δενδρολίβανο , ξανθός & σκούρος καπνός)</p>	<p>Aleatico, cabernet sauvignon, gamay, malbec, merlot, nebbiolo, pinot noir, sangiovese, syrah, tempranillo, ...</p>			

*οσμές ή αρώματα, τα οποία συγχέονται εύκολα με το εν λόγω άρωμα

Στον πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι χημικές ενώσεις στις οποίες οφείλεται κατά κύριο λόγο το κάθε ένα από τα τρία αρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Οι ενώσεις αυτές είναι πτητικές και αυτός είναι ο κύριος λόγος που γίνονται αντιληπτές από τα αισθητήρια όργανα της όσφρησης και της γεύσης (άρωμα γεύσης). Και είναι οι ίδιες ενώσεις που βρίσκονται και στα αντίστοιχα φρούτα. Για αυτό τα αρώματα που συναντούμε στους οίνους έχουν τα ονόματα των αντίστοιχων φρούτων.

Πίνακας 5.2

Τα τρία αρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη
&
οι χημικές τους ενώσεις

α/α	ΑΡΩΜΑΤΑ				
1	<p><i>Fraise</i></p>  <p>ΦΡΑΟΥΛΑ</p>	<p>Furaneol^[1]</p>  <p>IUPAC name 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3-furanone</p>	<p>Butanoate d'éthyle</p> 	<p>Eugénol</p>  <p>IUPAC name 4-Allyl-2-methoxyphenol</p>	<p>Vanilline</p> 
2	<p><i>Cerise</i></p>  <p>ΚΕΡΑΣ</p>	<p>Benzaldehyd</p> 	<p>Benzaldehyde cyanhydrine</p> 	<p>Acétate benzyle de</p> 	
3	<p><i>Cassis</i></p>  <p>ΚΑΣΙΣ</p>	<p>Propionate de méthyle</p> 	<p>Méthyle mercaptopentane</p> 	<p>Damascénone</p> 	<p>Eugénol</p>  <p>IUPAC name 4-Allyl-2-methoxyphenol</p>

Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα - Επίλογος

Καθώς το σύστημα ηλεκτρονικής μύτης αναπτύσσεται γύρω από το μικροελεγκτή PIC16F877A της εταιρίας Microchip, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής αποτελεί ένα αρκετά εύχρηστο, κατανοητό και με πολλές δυνατότητες εξάρτημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές ηλεκτρονικές εφαρμογές.

Το σύστημα δέχεται τα δεδομένα από τους αισθητήρες οσμής που χρησιμοποιήθηκαν (MQ2, MQ3, MQ4, MQ5, Figaro TGS 2602 και Figaro TGS 2602). Μέσω των καλωδίων BNC καταλήγει το αναλογικό σήμα των αισθητήρων στην πλακέτα του μικροελεγκτή. Εκεί ρυθμίζεται η στάθμη της τάσης του με ποτενσιόμετρα και καταλήγει στο μετατροπέα A/D του μικροελεγκτή όπου και ψηφιοποιείται. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται ο θόρυβος. Στη συνέχεια ο μικροελεγκτής στέλνει σειριακά τα δεδομένα στον υπολογιστή με τη βοήθεια του ολοκληρωμένου κυκλώματος MAX232.

Το περιβάλλον του Labview αποδείχθηκε ένα εύχρηστο, ευέλικτο και εύκολο στον προγραμματισμό. Δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να το προγραμματίσει χωρίς να πρέπει να γράψει κώδικα αλλά χρησιμοποιώντας διάφορα εύχρηστα εικονίδια που εκτελούν πλήθος λειτουργιών π.χ. πλαίσια (frames), δομές επανάληψης, εργαλεία διαχείρισης πινάκων, στοιχεία που πραγματοποιούν μαθηματικές πράξεις, συγκριτές, χρονόμετρα κ.α. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτά τα στοιχεία όπως επιθυμεί έτσι ώστε το πρόγραμμα να εκτελεί τις επιθυμητές λειτουργίες με τη σειρά που απαιτείται. Με αυτόν τον τρόπο δίνει μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα του προγράμματος στο χρήστη από το να έβλεπε κώδικα προγραμματισμού και κατ' επέκταση το κάνει πιο εύκολο στην αποσφαλμάτωση (debugging).

Για το σύστημα ηλεκτρονικής μύτης χρησιμοποιήθηκαν 6 αισθητήρες, η πλακέτα με τους αισθητήρες και το chamber που την περιέχει. Τους 6 αισθητήρες από τους οποίους παίρναμε μετρήσεις μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες:

1. Σε αυτούς με μεγάλη ευαισθησία (MQ3, Figaro TGS 822 και Figaro TGS 2602) στα αρώματα που μετρήσαμε και
2. Σε αυτούς με μικρή ευαισθησία (MQ2, MQ4, MQ5).

Η πλακέτα παρείχε αξιόπιστες συνδέσεις μειώνοντας το θόρυβο του σήματος και χρησιμοποιήθηκε ως βάση για να στερεωθούν οι αισθητήρες. Το chamber διασφάλιζε το χώρο στον οποίο ανταποκρίνονταν οι αισθητήρες, αποφεύγοντας την αραίωση του αρώματος και πρόσμιξη του με άλλα αρώματα στον αέρα.

Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν τρία αρώματα με σκοπό να διαφέρουν διακριτά τα αποτελέσματα των μετρήσεων του κάθε αρώματος. Τα αρώματα ήταν τα εξής:

1. Φράουλας που οι αισθητήρες έδειξαν μικρή ευαισθησία.
2. Κερασιού που οι αισθητήρες έδειξαν μεγάλη ευαισθησία.
3. Κασσίς (μαύρο φραγκοστάφυλο) που οι αισθητήρες έδειξαν μέτρια ευαισθησία.

Το σύστημα ηλεκτρονικής μύτης μπορεί να εφαρμοστεί στη βιομηχανία οίνων, αρωμάτων, τροφίμων κ.α. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αρωματικών ουσιών που σχετίζονται με τις παραπάνω βιομηχανίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτης της ποιότητας των προϊόντων που παράγουν οι βιομηχανίες αυτές. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τη δυνατότητα εφαρμογής του συστήματός μας στην οινοποιία. Τα αρώματα που έλαβαν μέρος στο πειραματικό μέρος της μελέτης μας και συναντώνται και στους ερυθρούς οίνους μας δίνουν στοιχεία για τα εξής:

1. Για το είδος των ποικιλιών των σταφυλιών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των ερυθρών οίνων.
2. Για το είδος των τεχνικών οινοποίησης που εφαρμόστηκαν.
3. Για επαφή ή όχι του οίνου με δρύινα βαρέλια (ωρίμανση ή παλαίωση).
4. Για την ποιότητα του οίνου γενικά.

Στη μελέτη αυτή παρατηρήσαμε ακόμα ότι τα αρώματα των φρούτων που συναντώνται και στους οίνους αποτελούνται από μία ή περισσότερες χημικές ενώσεις. Αυτό είναι που αυξάνει την πολυπλοκότητα αντίληψης του συγκεκριμένου αρώματος. Το άρωμα της φράουλας π.χ. μπορεί εύκολα να μπερδευτεί με άλλα αρώματα όπως είναι εκείνα του βερίκοκου, της κανέλας, του κασσίς (μαύρου φραγκοστάφυλου), του κεριού της μέλισσας, του γαρύφαλλου-μπαχαρικού, του γιασεμιού, του μάνγκο και της βανίλιας.

Βιβλιογραφία

1. <https://microchip.wikidot.com>
2. Ιωάννης Καλόμοιρος, «**Αρχές Προγραμματισμού Πραγματικού Χρόνου Εφαρμογές σε μικρά ενσωματωμένα συστήματα**», (Σημειώσεις για τους σπουδαστές του Ζ' εξαμήνου), ΤΕΙ Σερρών
3. Despina Zampoglou and John Kalomiros, «**Design and testing of an electronic nose sensitive to the aroma of truffles**», Ch. 4 in “Advanced Data Acquisition and Intelligent Data Processing, Application in monitoring, measuring and diagnostic systems”, Eds. V. Haasz and C. Mandani, Rivers Publishers, 2014.
4. <http://www.hwsensor.com>
5. <http://www.figarosensor.com/>
6. Βουρβουλάκης Ιωάννης, «**Προγραμματισμός μικροελεγκτών PIC**»
http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/PIC_Tutorial.pdf
7. <http://www.eufic.org/>
8. Δρ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΛΟΒΡΕΚΤΗΣ, «**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Ανάπτυξη & Προγραμματισμός LabVIEW**»
9. Richard Pfister, “**Les parfums du vin. Sentir et comprendre le vin**”, Delachaux et Niestlé SA, Paris 2013
10. Veronique Debroise, «**Oenarom-Vins Rouges**», Sentosphere,
<http://www.sentosphere.fr>
11. Μαρία Λευκίδου, «**Η ταυτότητα των αρωμάτων των ερυθρών οίνων**», Χημικά Χρονικά (υπό δημοσίευση), 2015

Παραρτήματα με κώδικες:

Κώδικας μικροελεγκτή σε C:

```
#define _XTAL_FREQ 20000000
#include <xc.h>
void convert_adc_send(char);
void test_patern();
void main(void)
{
    unsigned int a,i;
    TRISA=0b11111111; //6 analog channels, two pins for reference
    PORTA=0;
    TRISC=0b10000000;//Make RC7 input
    PORTC=0;
    TRISD=0x00;
    PORTD=0;
    ADCON1=0b00001000; //left justified, 0 Dig 6 Analog ch, 2 ref
    ADCON0=0b10000001; //10 Fosc/32, ch0, ADON
    TX9=0;
    TXEN=1; //Transmit enable
    SYNC=0;
    BRGH=1; //high speed baud rate
    SPBRG=129; //9600 bps with fosc=20MHz
    RX9=0; //8-bit transfer
    SPEN=1; //port is on
    CREN=0;
    CREN=1;
```

```

__delay_ms(2);
    test_patern();
while(1)
{
    __delay_ms(2);
    a=42;
    while(!TXIF); //Wait until TXIF is set
    TXREG=a;
    __delay_ms(2);
    a=67;
    while(!TXIF); //Wait until TXIF is set
    TXREG=a;
    for(i=0;i<6;i++)
        convert_adc_send(i);
}
    while(1);
}
void convert_adc_send(char ch)
{
    char temp;
    if(ch>1)
        ch=ch+2;
    temp=ADCON0 & 0b11000001; //AND with 0xC1: clear channel
    ADCON0=temp | ((ch & 0x07)<<3); //Set channel
    __delay_ms(1);
    ADCON0bits.GO = 1;
    while (ADCON0bits.nDONE);
    __delay_ms(1);
    while(!TXIF); //Wait until TXIF is set
    TXREG=ADRESH;
}

```

```
}  
void test_patern()  
{  
    PORTD=1;  
    PORTC=5;  
    __delay_ms(1000);  
    PORTD=2;  
    PORTC=10;  
    __delay_ms(1000);  
    PORTD=3;  
    PORTC=15;  
    __delay_ms(1000);  
    PORTD=0;  
    PORTC=0;  
}
```