



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Υλοποίηση Κυκλώματος Ελέγχου για Συστήματα Παροχής Οξυγόνου σε Νοσοκομειακές Μονάδες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΟΥΣΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων: Δ.Δ. Κουτσούρης

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Υλοποίηση Κυκλώματος Ελέγχου για Συστήματα Παροχής Οξυγόνου
σε Νοσοκομειακές Μονάδες**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΟΥΣΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων: Δ.Δ. Κουτσούρης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 17^η Σεπτεμβρίου 2018

.....
Δ.Δ. Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Π. Τσανάκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γ. Ματσόπουλος

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μουσής Κωνσταντίνος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Ηλεκτρονικών
Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright© Μουσής Κωνσταντίνος , 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος ελέγχου παροχής οξυγόνου προκειμένου να αποφευχθούν κίνδυνοι όπως ανάφλεξη κατά τη διάρκεια λήψης οξυγόνου από ασθενείς, καθώς υπάρχουν πολλές περιπτώσεις τέτοιων ατυχημάτων με καταστροφικές συνέπειες όπως εγκαύματα και πυρκαγιές.

Βασική ιδέα είναι ο κατάλληλος έλεγχος σήματος από ένα ή και δύο αισθητήρες οξυγόνου, την ορθή λήψη απόφασης και εν συνεχεία εντολής του συστήματος για διακοπή ή μη της ροής του οξυγόνου. Η εφαρμογή αυτή θα συμβάλλει και στην αποφυγή των κινδύνων όπως προαναφέρθηκε καθώς επίσης και στην εξοικονόμηση του πολύτιμου αποθέματος οξυγόνου.

Λέξεις Κλειδιά: Οξυγόνο στην ιατρική, Οξυγονοθεραπεία, Έλεγχος παροχής οξυγόνου, Σύστημα ελέγχου, Ανάφλεξη οξυγόνου, Αισθητήρας οξυγόνου, Εφαρμογές οξυγόνου στην Ιατρική

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to implement an oxygen supply control system to avoid the risk of ignition during oxygen taking by patients as there are many cases of such incidents with catastrophic consequences such as burns and fires.

The basic idea is proper signal control by one or two oxygen sensors, correct decision making and then commanding the system to block or allow the flow of oxygen. This application will also help to avoid the risks as mentioned above as well as to save the valuable oxygen reserve.

Keywords: Oxygen in Medicine, Oxygen Therapy, Oxygen Control, Control Systems, Oxygen Ignition, Oxygen Sensor, Oxygen Applications in Medicine

Ευχαριστίες

Η συγκεκριμένη εργασία, που αποτελεί επικύρωση της απόκτησης του διπλώματός μου από τη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, έγινε υπό την εποπτεία του καθηγητή κ. Κουτσούρη Δημητρίου και την καθοδήγηση των Τουμπανιάρη Πέτρου και Κατρακάζα Παναγιώτη του Εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη και την άψογη συνεργασία καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με στήριξε και συνεχίζει να με στηρίζει με αγάπη και κατανόηση σε όλες τις επιλογές μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	13
2.1 Οξυγονοθεραπεία	13
2.2 Αναισθησία	16
2.3 Νόσος των δυτών και υπερβαρικό οξυγόνο	19
2.4 Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών	22
2.5 Κίνδυνος ανάφλεξης	23
2.6 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΕ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ	26
3.1 Αισθητήρας λ	26
3.2 Ηλεκτρο-γαλβανικός αισθητήρας	27
3.3 Ηλεκτρόδιο	29
3.4 Αισθητήρας Optode	30
3.5 Σύγκριση αισθητήρα Optode και Ηλεκτροδίου σε πείραμα μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου	32
3.6 Εμπορικοί αισθητήρες οξυγόνου	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	45
4.1 Περιγραφή του συστήματος ελέγχου - Ανάλυση διαδικασίας κατασκευής	46
4.2 Προσομοίωση συστήματος ελέγχου	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά την ανακάλυψη του οξυγόνου από τους Carl Wilhelm Scheele, Joseph Priestley καθώς και την αναμφισβήτητη συμβολή του Lavoisier με τη διεξαγωγή των πρώτων ποσοτικών πειραμάτων οξείδωσης και τη πρώτη σωστή εξήγηση για το πώς λειτουργεί η καύση, η χρήση οξυγόνου για την αντιμετώπιση ποικίλων κλινικών διαταραχών αναπτύχθηκε με γρήγορους ρυθμούς στο τέλος του 18^{ου} αιώνα. Ωστόσο από την μια πλευρά μια σειρά από μελέτες που έδειξαν ότι η δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου από το αρτηριακό αίμα υπό φυσιολογικές συνθήκες ήταν σχεδόν μέγιστη και από την άλλη η πιθανή τοξικότητα του εισπνεόμενου οξυγόνου, με κίνδυνο παθολογικές πνευμονικές αλλαγές, οδήγησαν σε εγκατάλειψη της παραπάνω μεθόδου. [1]

Αργότερα και πιο συγκεκριμένα στις αρχές του 19^{ου} αιώνα η θεραπεία με εισπνοή οξυγόνου επανεμφανίστηκε. Αρκετές μελέτες έδειξαν ότι η μείωση στην διαθεσιμότητα οξυγόνου είχε σοβαρές συνέπειες στην υγεία του ατόμου και ότι, σε παθολογικές καταστάσεις, οι βλαβερές συνέπειες της υποξίας (hyroxia) μπορούσαν να αντιμετωπισθούν με την παροχή οξυγόνου. Για συγκεκριμένα λοιπόν καρδιακά και πνευμονικά νοσήματα που παρουσίαζαν υποξαιμία (hyroxemia) και υποξία, η μέθοδος εισπνοής οξυγόνου άρχισε να εφαρμόζεται και πάλι. [1]

Στα επόμενο κεφάλαια θα δούμε κάποιες από τις σημαντικότερες εφαρμογές του οξυγόνου στην ιατρική, τους κινδύνους που επιφυλάσσουν και θα καταλήξουμε στον σκοπό αυτής της διπλωματικής εργασίας που αφορά ένα σύστημα ελέγχου οξυγόνου μέσω κατάλληλων αισθητήρων.



Εικόνα 1.1: Μηχανισμός οξυγονοθεραπείας για συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2.1 Οξυγονοθεραπεία

Σήμερα με την ανάπτυξη βελτιωμένων συστημάτων παροχής οξυγόνου, μηχανικού αερισμού, της σύγχρονης μονάδας εντατικής φροντίδας αλλά και την δυνατότητα οξυγονοθεραπείας στο σπίτι, το οξυγόνο είναι ευρέως διαθέσιμο και συχνά συνταγογραφούμενο. Παρά την αυξανόμενη όμως κλινική εμπειρία, πολλές αβεβαιότητες εμποδίζουν τη λογική χρήση συμπληρώματος οξυγόνου. Υπάρχουν δηλαδή ενδείξεις τόσο για τη χρήση του όσο και για την αποφυγή της. Επιπλέον ενώ υπάρχουν κανόνες που ορίζουν τα κριτήρια για τη σωστή χρήση του συμπληρώματος οξυγόνου, σύμφωνα με δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, λιγότεροι από τους μισούς ασθενείς στους οποίους έχει χορηγηθεί οξυγόνο το λαμβάνουν στην δόση και ροή που έχουν ορισθεί. [2]

Νοσήματα που απαιτούν οξυγονοθεραπεία είναι:

- Νευρολογικές διαταραχές, πολιομυελίτιδα
- Μυοπάθεια, βαριά μυασθένεια
- Κάκωση του θώρακος από κατάγματα πλευρών, shock lung από θλάση ή πίεση του πνεύμονα
- Οξεία λοίμωξη όπως είναι η πνευμονία, στραγγαλισμός, πνιγμός, πνευμονικό οίδημα
- Χρόνια βρογχίτιδα και εμφύσημα, χρόνια βρογχικό άσθμα
- Νόσος του διαμέσου πνευμονικού ιστού όπως πνευμονική ίνωση (επαγγελματική, φλεγμονώδης, κυψελιδίτις, αυτοάνοση νόσος) ή διηθήσεις όπως είναι το σαρκοειδές, η κοκκιωμάτωση.
- Δυσμορφία του θωρακικού κλωβού

- Διαταραχές του αναπνευστικού κέντρου όπως υποαερισμός από παχυσαρκία
- Διαταραχές του ύπνου
- Απόφραξη των ανωτέρων αεραγωγών στα παιδιά
- Καρδιακή ανεπάρκεια
- Αναιμία [2]



Εικόνα 2.1: Ασθενής με πνευμονική πάθηση [4]



Εικόνα 2.2: Οικιακός συμπυκνωτής οξυγόνου σε δωμάτιο ασθενούς με εμφύσημα [5]

2.2 Αναισθησία

Στην πράξη της ιατρικής, ειδικά στη χειρουργική και στην οδοντιατρική, η αναισθησία είναι μία προκαλούμενη, προσωρινή κατάσταση με ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω χαρακτηριστικά: αναλγησία (ανακούφιση ή πρόληψη από τον πόνο), παράλυση (μέγιστη μυική χάλαση), αμνησία (απώλεια μνήμης), και απώλεια συνείδησης. Το αναισθητικό είναι ο παράγοντας που προκαλεί την αναισθησία. Ένας ασθενής υπό την επίδραση της αναισθησίας αναισθητοποιείται. Ο αναισθησιολόγος είναι ο ιατρός που πραγματοποιεί την αναισθησία.

Η αναισθησία επιτρέπει την ανώδυνη πραγματοποίηση ιατρικών εγχειρήσεων, οι οποίες θα προκαλούσαν πολύ έντονο ή και αφόρητο πόνο σε έναν μη αναισθητοποιημένο ασθενή. Υπάρχουν τρεις ευρείες κατηγορίες αναισθησίας:

- Γενική αναισθησία περιορίζει τη δραστηριότητα του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος με αποτέλεσμα την απώλεια συνείδησης και την ολική έλλειψη των αισθήσεων.
- Καταστολή (ή διαχωριστική αναισθησία) εμποδίζει τη μετάδοση των νευρικών ώσεων μεταξύ του εγκεφαλικού φλοιού και του μεταϊχμιακού συστήματος, κάτι το οποίο περιορίζει την ανησυχία και τη δημιουργία μακροπρόθεσμων αναμνήσεων.
- Τοπική ή περιοχική αναισθησία εμποδίζει τη μετάδοση των νευρικών ώσεων μεταξύ ενός στοχευμένου μέρους του σώματος και της σπονδυλικής στήλης, κάτι το οποίο προκαλεί απώλεια της αίσθησης στο στοχευμένο μέρος του σώματος. Ένας ασθενής υπό την επίδραση τοπικής αναισθησίας διατηρεί πλήρως τις αισθήσεις του

Η πρώτη καταγεγραμμένη γενική αναισθησία πραγματοποιήθηκε από τον Crawford W. Long το 1842. Δυστυχώς για τον Long, δεν δημοσίευσε τις επιτυχίες του με τη χρήση αιθέρα για γενική αναισθησία μέχρι το 1849. Η πρώτη δημόσια επίδειξη της γενικής αναισθησίας έγινε το 1846 από έναν οδοντίατρο της Βοστώνης με το όνομα William T.G. Morton στο γενικό νοσοκομείο της

Μασαχουσέτης. Ο Dr. Morton χρησιμοποίησε διαιθυλαιθέρα για γενικό αναισθητικό για την αφαίρεση ενός τραχηλικού όγκου από τον χειρουργό John Collins Warren (ο πρώτος εκδότης του ιατρικού περιοδικού New England Journal of Medicine και κοσμήτορας της Ιατρικής Σχολής του Harvard). Περίπου μία δεκαετία αργότερα, η κοκαΐνη εισήχθη ως το πρώτο εφικτό τοπικό αναισθητικό. John H. Packard, από τη Philadelphia, δημοσίευσε την πρώτη ανακοίνωση για χρήση αιθέρα για γενική αναισθησία το 1872.[1] Το 1930 ο Dr. Harvey Cushing συνέδεσε την αντίδραση του στρες με υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας και ξεκίνησε τη χρήση τοπικών αναισθητικών για επιδιόρθωση κήλων ταυτόχρονα με τη γενική αναισθησία.

Στη σύγχρονη εποχή το βασικό όργανο σε ένα σύστημα μεταφοράς εισπνεόμενου αναισθητικού είναι ένα μηχάνημα αναισθησίας. Αυτό διαθέτει ψεκαστήρες, εξαεριστήρες, ένα αναισθητικό κύκλωμα αναπνοής, ένα σύστημα σάρωσης των εκπνεόμενων αερίων και μετρητές πιέσεων. Ο σκοπός του μηχανήματος της αναισθησίας είναι να προμηθεύει αναισθητικό αέριο με μία συνεχή ροή (πίεση), οξυγόνο για την αναπνοή και να απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα αποβληθέντα αέρια της αναισθησίας. Καθώς τα εισπνεόμενα αναισθητικά είναι εύφλεκτα, έχουν αναπτυχθεί ποικίλοι έλεγχοι ώστε να επιβεβαιώνεται ότι το μηχάνημα είναι κατάλληλο για χρήση, ότι τα συστήματα ασφαλείας είναι ενεργά και δεν υπάρχουν κίνδυνοι από τα ηλεκτρικά συστήματα. Το ενδοφλέβιο αναισθητικό χορηγείται είτε εφάπαξ είτε με αντλία συνεχούς έγχυσης. Υπάρχουν επίσης και πολλά μικρότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση του αεραγωγού και την ηλεκτρονική παρακολούθηση του ασθενή. Το κοινό νήμα της μοντέρνας μηχανικής στον τομέα αυτό είναι η χρήση εξασφαλισμένων συστημάτων που ελαττώνουν τις πιθανότητες καταστροφικής κακής χρήσης του αναισθητικού μηχανήματος. [6]



Εικόνα 2.3: Ο χώρος του αναισθησιολόγου σε μία αίθουσα χειρουργείου [7]



Εικόνα 2.4: Ένα αναισθητικό μηχάνημα με ολοκληρωμένα συστήματα για την ηλεκτρονική παρακολούθηση των διαφόρων ζωτικών παραμέτρων [8]

2.3 Νόσος των δυτών και υπερβαρικό οξυγόνο

Προκλητικός παράγοντας για την εμφάνιση της νόσου των δυτών θεωρείται η διάλυση του αζώτου στα υγρά του οργανισμού, σε συνθήκες αυξημένης ατμοσφαιρικής πίεσης. Η συχνότητά της ποικίλλει στις 4-13 περιπτώσεις ανά 100.000 καταδύσεις. Η κλινική εικόνα διακρίνεται σε δύο τύπους. Ως τύπος 1 χαρακτηρίζεται η ηπιότερη μορφή της νόσου. Τα συμπτώματα αφορούν στις αρθρώσεις και το δέρμα. Ο τύπος 2 περιλαμβάνει τα προβλήματα που προκαλούνται στο νευρικό και κυκλοφορικό σύστημα. Οσον αφορά στον εγκέφαλο, είναι δυνατόν να προκληθεί οξύ ισχαιμικό ή αιμορραγικό επεισόδιο, με την ανάλογη συμπτωματολογία. Η απόφραξη των μικρών αγγείων που αιματώνουν τον νωτιαίο μυελό έχει ως συνέπεια την εμφάνιση διαταραχών της αισθητικότητας και της κινητικότητας των άκρων. Το θύμα θα πρέπει να παραμείνει έξω από το νερό (για την πρόληψη της υποθερμίας) και να μεταφερθεί το συντομότερο δυνατό σε νοσοκομείο. Η επείγουσα αντιμετώπιση είναι συμπτωματική και αφορά στη σταθεροποίηση των ζωτικών παραμέτρων και την πρόληψη των επιπλοκών. Στη συνέχεια, ακολουθεί η αιτιολογική θεραπεία, η οποία πραγματοποιείται μέσα σε ειδικό θάλαμο «υπερβαρικής οξυγόνωσης» – δηλ. η χορήγηση 100% οξυγόνου μέσα σε συμπιεσμένη καμπίνα. Για την πρόληψη της νόσου σημαντικό μέρος της ευθύνης φέρει ο ίδιος ο δύτης, καθώς πρέπει να ακολουθεί τους βασικούς προληπτικούς κανόνες. Να καταδύεται με ταχύτητα όχι μεγαλύτερη από 20 μέτρα το λεπτό και να αναδύεται πολύ πιο αργά, καλύπτοντας 8-10 μέτρα το λεπτό. Η αυστηρή τήρηση των παραπάνω κανόνων προλαμβάνει την εμφάνιση της νόσου και συμβάλλει ώστε οι καταδύσεις να αποτελούν ένα ευχάριστο σπορ εξερεύνησης και αναψυχής.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμη σε πολλές παθολογικές περιπτώσεις είτε ως κύρια θεραπεία ή και συμπληρωματική. Τα άτομα που εκπαιδεύονται για τη χρήση του υπερβαρικού οξυγόνου, ως πιστοποιημένη τεχνική του υπερβαρικού οξυγόνου, είναι νοσηλευτές (CHRS). Οι νοσηλευτές έχουν την ευθύνη για τη λειτουργία του εξοπλισμού και την παρακολούθηση του ασθενή κατά τη χρήση του. Επίσης, είναι υπεύθυνη για τον ασθενή τόσο πριν, κατά και μετά τη θεραπεία. Σημαντικό θεωρείται, όλοι οι νοσηλευτές να κατανοήσουν τη θεραπεία του

υπερβαρικού οξυγόνου και να γνωρίζουν τις αντενδείξεις, τις πιθανές παρενέργειες, τις αλληλεπιδράσεις των φαρμάκων καθώς και τις κατάλληλες νοσηλευτικές παρεμβάσεις. [9]



Εικόνα 2.5: Δύτης που έπεσε θύμα της νόσου μετά από μια κατάδυση σε μεγάλο βάθος [10]



Εικόνα 2.6: Θάλαμος υπερβαρικού οξυγόνου [11]



Εικόνα 2.7: Μονάδα Υπερβαρικής Ιατρικής [12]

2.4 Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών

Η Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών έχει δημιουργηθεί αποκλειστικά για την παροχή άμεσης βοήθειας στο νεογέννητο και για την αντιμετώπιση των πολλαπλών προβλημάτων που προκαλεί η προωρότητα και τα άλλα νοσήματα της νεογνικής ηλικίας. Πρόκειται για ένα ιδανικό φυσικό περιβάλλον απαλλαγμένο από τον ισχυρό φωτισμό, τον υπερβολικό θόρυβο και το έντονο stress που προκαλεί στα νεογνά η εντατική νοσηλεία. Συνήθεις δυσλειτουργίες των νεογνών οφείλονται στην πτωχή ανάπτυξη των πνευμόνων και στην έλλειψη του surfactant. Προκειμένου να διατηρηθούν στη ζωή χρησιμοποιούνται διάφοροι επωαστικοί κλίβανοι με έλεγχο της υγρασίας, της θερμοκρασίας και της οξυγόνωσης όπως φαίνεται στην εικόνα 2.8. [2]



Εικόνα 2.8: Επωαστικός κλίβανος [13]

2.5 Κίνδυνος ανάφλεξης

Όσο χρησιμη κι αν είναι όμως η χορήγηση οξυγόνου είναι σίγουρο ότι, εάν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας, είναι επικίνδυνη. Πιο συγκεκριμένα εξαιτίας ασθενών που εξακολουθούν να καπνίζουν την περίοδο που λαμβάνουν οξυγόνο, έχουν παρατηρηθεί κρούσματα πυρκαγιάς που προκλήθηκαν από αγωγούς και συνδέσεις οξυγόνου που πήραν φωτιά όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9. Οι περισσότερες περιπτώσεις από αυτές αναφέρονται σε ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν σε σπίτια και λιγότερες σε νοσοκομεία. Στη πραγματικότητα όμως τα εγκαύματα σε χώρο νοσοκομείου από το κάπνισμα κατά τη παροχή οξυγόνου είναι πιο συχνά από ότι καταγράφεται στην ιατρική βιβλιογραφία. Πρόσφατες έρευνες σε ασθενείς που χρησιμοποιούν συμπληρωματικό οξυγόνο έχουν δείξει ότι το ποσοστό των ενεργών καπνιστών είναι μεταξύ 14 και 45%. Παρά τις προειδοποιήσεις που δίνονται για τους πιθανούς κινδύνους και την πιθανότητα εγκαυμάτων και φωτιάς όταν τα τσιγάρα ανάβονται μπροστά από οξυγόνο, ένας μεγάλος αριθμός ασθενών συνεχίζουν να καπνίζουν ενώ λαμβάνουν οξυγόνο. Μετά από έρευνες που έγιναν σε τέτοιες περιπτώσεις εντοπίστηκαν ορισμένοι παράγοντες κινδύνου που περιλαμβάνουν:

- ο ασθενής μένει μόνος
- έλλειψη ή παρουσία ελαττωματικών ανιχνευτών καπνού
- γνωστική δυσλειτουργία
- ιστορικό καπνίσματος σε παρουσία οξυγόνου και
- εύφλεκτά ρούχα

Η ανάφλεξη των περισσότερων υλικών απαιτεί την παρουσία καύσιμου, μία πηγή θερμότητας και έναν οξειδωτικό παράγοντα. Στην περίπτωση που μελετάται, το καύσιμο μπορεί να είναι κάποιο σπρέι, άρωμα ή ύφασμα, αλλά και το δέρμα ή τα μαλλιά του ασθενή λόγω της εύφλεκτης φύσης των ιστών του ανθρώπου. Η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι κάποιο αναμμένο τσιγάρο ή μια σπίθα από αναπτήρα ή και ελαττωματική ηλεκτρική συσκευή (π.χ. ηλ. συσκευή ξυρίσματος). Το οξυγόνο παρόλο που από μόνο του δεν θεωρείται εύφλεκτο, δρα ως ισχυρό οξειδωτικό.

[14]



Εικόνα 2.9: Χώρος νοσοκομείου μετά από πυρκαγιά λόγω ανάφλεξης οξυγόνου[15]

2.6 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Μετά την παρουσίαση και των κινδύνων φτάνουμε και στο σκοπό της διπλωματικής αυτής εργασίας που δεν είναι άλλος από την υλοποίηση ενός συστήματος ελέγχου της παροχής οξυγόνου. Για την υλοποίηση του συστήματος αυτού θα αναζητηθούν κατάλληλοι αισθητήρες για την ανίχνευση της ροής του οξυγόνου καθώς και κυκλώματα και μέθοδοι επεξεργασίας των δεδομένων που θα λαμβάνονται, για την ολοκλήρωση του ελέγχου. Πρωταρχικός στόχος του συστήματος είναι η αποφυγή ατυχημάτων και τραυματισμών από ανάφλεξη του οξυγόνου. Παράλληλα όμως θα είναι δυνατή και η εξοικονόμηση οξυγόνου, γεγονός που θα εξυπηρετεί ιδιαίτερα τα φορητά συστήματα χορήγησης οξυγόνου. Θα γίνει προσπάθεια το σύστημα που θα αναπτυχθεί να είναι εύχρηστο και οικονομικό.

Στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί το πρακτικό κομμάτι που αφορά τις δοκιμές, τις μετρήσεις και τις αποφάσεις που λήφθηκαν και οδηγούν σταδιακά στην τελική και λειτουργική μορφή του συστήματος. Περιγράφονται τα προβλήματα και οι δυσκολίες που προέκυψαν, οι τρόποι επίλυσής τους, και όλη η διαδικασία κατασκευής όπως εξελίχθηκε.

Τέλος, μαζί με τα ανάλογα συμπεράσματα, παρουσιάζονται ορισμένες σκέψεις γύρω από βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν, ώστε να μετατρέψουν το πειραματικό αποτέλεσμα της εργασίας αυτής σε ένα πιθανό εμπορικό προϊόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΕ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε διάφορους τύπους αισθητήρων οξυγόνου, θα αναλύσουμε τα οφέλη, τα μειονεκτήματα τους και το κόστος της εφαρμογής τους.

3.1 Αισθητήρας λ

Ο αισθητήρας λ (ή αισθητήρας οξυγόνου) είναι ηλεκτρονική διάταξη που προσδιορίζει την περιεκτικότητα σε οξυγόνο ενός αερίου ή υγρού σε εξέταση. Η εφαρμογή του αισθητήρα λ ξεκίνησε το 1970 με κατασκευάστρια εταιρία την Bosch. Σήμερα βρίσκεται τεχνολογικά στην 3η γενιά, που είναι η γενιά του θερμαινόμενου λήπτη λ. Εφαρμογές του συναντώνται στην αυτοκίνηση, για τον προσδιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια και την αποστολή ανάλογων πληροφοριών στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ψεκασμού, για διόρθωση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος στη στοιχειομετρική. [16]



Εικόνα 3.1: Τυπικό δείγμα αισθητήρα λ [17]

3.2 Ηλεκτρο-γαλβανικός αισθητήρας

Ο τύπος του αισθητήρα οξυγόνου που χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές υποβρύχιας κατάδυσης είναι ο ηλεκτρο-γαλβανικός αισθητήρας οξυγόνου (electro-galvanic oxygen sensor), ένας τύπος κυψέλης καυσίμου (fuel cell), ο οποίος μερικές φορές ονομάζεται αναλυτής οξυγόνου ή μετρητής pO_2 . Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου σε μείγματα αναπνευστικών αερίων όπως το nitrox (οποιοδήποτε μείγμα αερίων περιέχει άζωτο και οξυγόνο) και το trimix (οποιοδήποτε μείγμα αερίων περιέχει ήλιο, άζωτο και οξυγόνο). Χρησιμοποιούνται επίσης εντός των μηχανισμών ελέγχου οξυγόνου των ανακυκλωτών κλειστού κυκλώματος για να διατηρούν τη μερική πίεση του οξυγόνου σε ασφαλή όρια. Επίσης για την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο του αναπνευστικού αερίου σε συστήματα κατάδυσης κορεσμού και του επιφανειακά παρεχόμενου μικτού αερίου. Αυτός ο τύπος αισθητήρα λειτουργεί με τη μέτρηση της τάσης που παράγεται από μία μικρή ηλεκτρο-γαλβανική κυψέλη καυσίμου. [16]



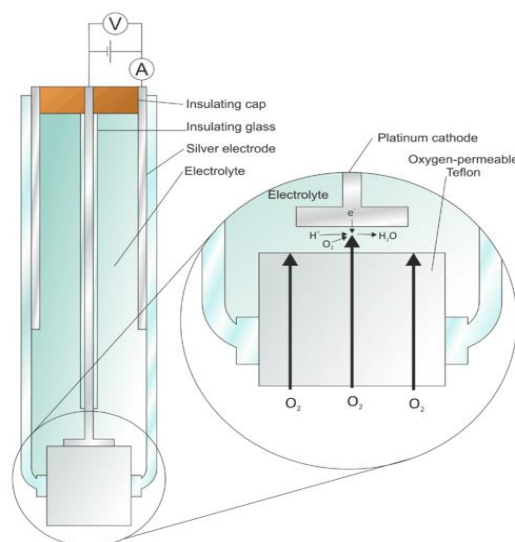
Εικόνα 3.2: Αναλυτής οξυγόνου για μείγματα αναπνευστικών αερίων για κατάδυση [18]



Εικόνα 3.3: Ένας μετρητής διαλυμένου οξυγόνου για εργαστηριακή χρήση [19]

3.3 Ηλεκτρόδιο

Το ηλεκτρόδιο τύπου Clark είναι ο πιο χρησιμοποιημένος αισθητήρας οξυγόνου για τη μέτρηση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο σε ένα υγρό. Η βασική αρχή είναι ότι υπάρχει μια κάθοδος και μια άνοδος βυθισμένη σε έναν ηλεκτρολύτη. Το οξυγόνο εισέρχεται στον αισθητήρα διαμέσου μιας διαπερατής μεμβράνης με διάχυση και μειώνεται στην κάθοδο, δημιουργώντας ένα μετρήσιμο ηλεκτρικό ρεύμα. Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης οξυγόνου και του ηλεκτρικού ρεύματος. Με βαθμονόμηση δύο σημείων (κορεσμός αέρα 0% και 100%), είναι δυνατή η μέτρηση του οξυγόνου στο δείγμα. Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι το οξυγόνο καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της μέτρησης με ένα ρυθμό ίσο με τη διάχυση στον αισθητήρα. Αυτό σημαίνει ότι ο αισθητήρας πρέπει να αναδευτεί για να πάρει τη σωστή μέτρηση και να αποφύγει το στάσιμο νερό. Με όλο και μεγαλύτερο μέγεθος αισθητήρα, η κατανάλωση οξυγόνου αυξάνεται όπως επίσης και η ευαισθησία ανάδευσης. Στους μεγάλους αισθητήρες υπάρχει η τάση να μετατοπίζεται το σήμα με την πάροδο του χρόνου λόγω της κατανάλωσης του ηλεκτρολύτη. Ωστόσο, οι αισθητήρες τύπου Clark μπορούν να κατασκευαστούν πολύ μικροί με μέγεθος άκρου 10 μm . Η κατανάλωση οξυγόνου ενός τέτοιου μικρο-αισθητήρα είναι τόσο μικρή που είναι πρακτικά μη αισθητή στην ανάδευση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στάσιμα μέσα όπως ιζήματα ή εντός φυτικού ιστού. [16]

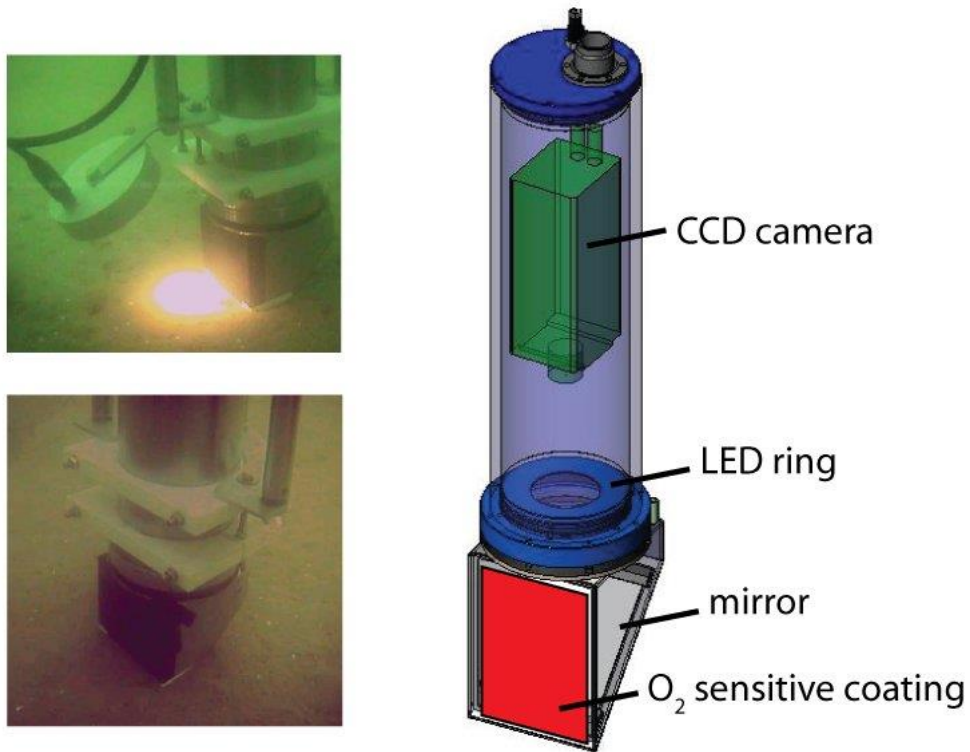


Εικόνα 3.4: Μια σχηματική αναπαράσταση της εφεύρεσης του Clark το 1962, του ηλεκτροδίου οξυγόνου [20]

3.4 Αισθητήρας Optode

Ένα optode οξυγόνου είναι ένας αισθητήρας που βασίζεται στην οπτική μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου. Μια χημική μεμβράνη είναι κολλημένη στην κορυφή ενός οπτικού καλωδίου και οι ιδιότητες φθορισμού αυτής της μεμβράνης εξαρτώνται από τη συγκέντρωση οξυγόνου. Ο φθορισμός είναι μέγιστος όταν δεν υπάρχει οξυγόνο. Όταν εμφανίζεται ένα μόριο O_2 , συγκρούεται με την μεμβράνη, και αυτό καταστέλλει τη φωτοφωταύγεια (photoluminescence). Σε μια δεδομένη συγκέντρωση οξυγόνου θα υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός μορίων O_2 που συγκρούονται με την μεμβράνη σε οποιονδήποτε δεδομένο χρόνο και οι ιδιότητες φθορισμού (fluorescence) θα είναι σταθερές. Ο λόγος σήματος φθορισμού προς το οξυγόνο δεν είναι γραμμικός και ένα optode είναι πιο ευαίσθητο σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Δηλαδή, η ευαισθησία μειώνεται καθώς η συγκέντρωση οξυγόνου αυξάνεται, ακολουθώντας τη σχέση Stern-Volmer. Ωστόσο, οι αισθητήρες optode μπορούν να λειτουργήσουν σε ολόκληρη την περιοχή από 0% έως 100% κορεσμό οξυγόνου στο νερό και η βαθμονόμηση γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως στον αισθητήρα τύπου Clark. Δεν καταναλώνεται οξυγόνο και επομένως ο αισθητήρας δεν είναι ευαίσθητος στην ανάδευση, αλλά το σήμα θα σταθεροποιηθεί πιο γρήγορα αν ο αισθητήρας αναδεύεται αφού τοποθετηθεί στο δείγμα. Αυτοί οι τύποι αισθητήρων ηλεκτροδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επί τόπου και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση της παραγωγής οξυγόνου σε αντιδράσεις διάσπασης νερού. Επιπλέον τα πλατινοποιημένα ηλεκτρόδια μπορούν να επιτύχουν σε πραγματικό χρόνο τη παρακολούθηση της παραγωγής υδρογόνου σε συσκευή διάσπασης νερού.

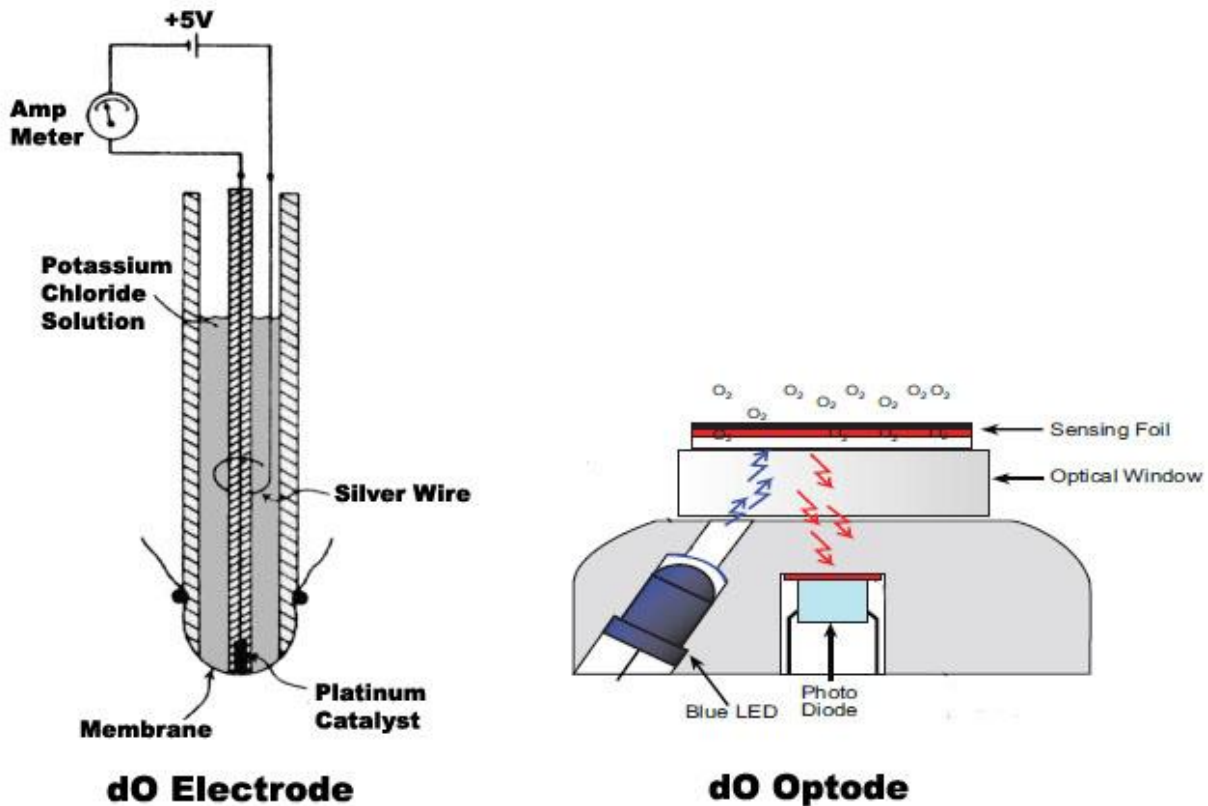
Η δημοτικότητα των οπτικών αισθητήρων γενικά αυξάνεται όλο και περισσότερο λόγω του χαμηλού κόστους, των χαμηλών απαιτήσεων ισχύος και της μακροπρόθεσμης σταθερότητας. Παρέχουν βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις για τους αισθητήρες που βασίζονται σε ηλεκτρόδια ή πιο πολύπλοκα αναλυτικά όργανα, ειδικά στον τομέα της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, αν και τα optodes οξυγόνου υστερούν σε θέμα ανάλυσης σε σχέση με τους πιο πρόσφατους καθοδικούς μικρο-αισθητήρες. [16]



Left: In situ Planar Optode module with, and without artificial illumination to stimulate benthic photosynthesis. Right: Construction principle of the in situ module.

Εικόνα 3.5: Επίπεδη μονάδα Optode αισθητήρα [21]

3.5 Σύγκριση αισθητήρα Optode και Ηλεκτροδίου σε πείραμα μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου



Εικόνα 3.6: Τομή αισθητήρα Ηλεκτροδίου και Optode [22]

Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε κάθε περίπτωση.

- Ιδιότητες εμπορικών ηλεκτροδίων :
- Πολύ στιβαρό - εύκολα στεγανοποιημένο
- Πολύ ακριβές
- Η ανάγκη επαναβαθμονόμησης είναι σπάνια λόγω της μη αντιδραστικής φύσης της μεμβράνης και της πλατίνας

- Παράγονται πολύ μικρά ρεύματα - ένα κύκλωμα ενισχυτή πρέπει να κατασκευαστεί στη θέση του amp meter
- Πολύ ακριβό (400ευρώ και πάνω)

Ιδιότητες εμπορικών optodes :

- Η ταινία πρέπει να είναι άθικτη για σωστή ανίχνευση, άρα όχι τόσο ισχυρή
- Η μεμβράνη πρέπει να είναι διαπερατή σε οξυγόνο, αλλά αδιαπέραστη σε μέσα, όπως το νερό
- Η βαθμονόμηση είναι δύσκολη - απαιτείται συχνότερη αναβαθμονόμηση λόγω της υποβάθμισης του φιλμ
- Οι χημικές ουσίες στο φύλλο ανίχνευσης ανταποκρίνονται σε οπτικά μήκη κύματος, έτσι ώστε το φως του περιβάλλοντος να μπορεί να επέμβει με επιτυχία και ακρίβεια
- Πολύ φτηνά τα εξαρτήματα που χρειάζονται
- Δεν υπάρχει ανάγκη για κύκλωμα ενισχυτή
- Οι εμπορικοί ανιχνευτές είναι πολύ ακριβοί και αυτοί, αλλά με βάση τα στοιχεία σχεδιασμού και εφόσον υπάρχει η τεχνογνωσία, θα μπορούσαν να κατασκευαστούν με πολύ λιγότερα χρήματα

Παρόλο που ο optode έχει αρκετά μειονεκτήματα που τον καθιστούν μη χρησιμοποιήσιμο για κάποιες εφαρμογές, υπάρχουν αρκετά οφέλη στον απλοϊκό σχεδιασμό του, τα οποία μπορούν να τον κάνουν έναν πιθανό ανιχνευτή που μπορεί να χειριστεί πολλές καταστάσεις για λιγότερα από 20ευρώ. [23]

3.6 Εμπορικοί αισθητήρες οξυγόνου

Ας δούμε τώρα κάποιες από τις καλύτερες περιπτώσεις αισθητήρων οξυγόνου που κυκλοφορούν στο εμπόριο τόσο από άποψη ποιότητας όσο και από άποψη τιμής.

I. *Oxygen Sensor OOM202-2, Envitec by Honeywell*



Εικόνα 3.7: Αισθητήρας οξυγόνου OOM202-2 της Envitec [24]

Πλεονεκτήματα

- Ευρωπαϊκή πιστοποίηση MDD (πιστοποίηση CE)
- ISO 80601-2-55
- Σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 13485
- Ακριβής και αξιόπιστη ταχεία απόκριση
- Ανθεκτικό στο N₂O
- Εξαιρετική σταθερότητα σήματος

- Υψηλή ποιότητα προϊόντος
- Σύντομοι χρόνοι παράδοσης
- Τεχνική υποστήριξη
- Κατασκευάστηκε στη Γερμανία
- εγκεκριμένο από FDA [25]

Οι αισθητήρες οξυγόνου EnviteC προορίζονται ως μέρος ενός αναλυτή οξυγόνου που μετρά τη συγκέντρωση οξυγόνου σε μείγματα αναπνευστικών αερίων στις ακόλουθες εφαρμογές:

Συσκευή ανίχνευσης οξυγόνου σε

- συσκευή ελέγχου συγκεντρωτών οξυγόνου
- ιατρικούς ανεμιστήρες
- εξοπλισμό αναισθησίας
- φυτώρια.

Η χρήση περιορίζεται στην παρακολούθηση του συστήματος. Αυτοί οι αισθητήρες δεν είναι κατάλληλοι για breath by breath ανάλυση αναπνευστικών αερίων. [25]

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- Εύρος μέτρησης 0% ... 100% οξυγόνο (σε ατμοσφαιρική πίεση)
- Ονομαστική διάρκεια ζωής αισθητήρα $\geq 1\ 000\ 000\%$ ώρες οξυγόνου
- Έξοδος στον αέρα περιβάλλοντος 9 mV ... 13 mV
- Ηλεκτρική διεπαφή Καλώδια με θηλυκή υποδοχή 3 ακίδων (Molex® 22-01-2037)
- Η ακρίβεια πληροί τις απαιτήσεις ISO 80601-2-55
- Επαναληψιμότητα <1% όγκος O₂ σε σταθερή θερμοκρασία και πίεση
- Σφάλμα γραμμικότητας <3% σχετικό
- Χρόνος απόκρισης <12 s έως 90% της τελικής τιμής
- Τάση μηδενικής μετατόπισης <200 μ V σε άζωτο 100%, εφαρμόζεται για 5 λεπτά

- Η διασταυρούμενη παρεμβολή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ISO 80601-2-55
- Επίδραση της υγρασίας -0,03% rel. ανά% RH στους 25 ° C
- Περιοχή πίεσης 0,6 bar ... 2 bar (ppO2 0 ... 1250 mbar O2)
- Επίδραση πίεσης ανάλογης με τη μερική πίεση οξυγόνου
- Επίδραση μηχανικού σοκ <1% σχετικά μετά από πτώση από 1 m
- Θερμοκρασία λειτουργίας 0 ° C ... +50 ° C
- Αντιστάθμιση θερμοκρασίας ενσωματωμένη αντιστάθμιση NTC
- Επίδραση της αντιστάθμισης θερμοκρασίας (σταθερή κατάσταση) μεταξύ +25 ° C και +40 ° C: σχετικό σφάλμα 3% μεταξύ 0 ° C και +50 ° C: 8% σχετικό σφάλμα
- Υγρασία λειτουργίας 0% ... 99% RH χωρίς συμπύκνωση
- Μακροπρόθεσμη μετατόπιση εξόδου <1% όγκου οξυγόνου ανά μήνα
- τυπικά <-15% σχετική διάρκεια ζωής
- Θερμοκρασία αποθήκευσης -20 ° C ... +50 ° C
- Συνιστώμενη αποθήκευση +5 ° C ... +15 ° C
- Συνιστώμενο φορτίο ≥ 10 kOhms
- Χρόνος προθέρμανσης <30 λεπτά, μετά την αντικατάσταση του αισθητήρα
- Βάρος περίπου 28 γραμμάρια [25]

II. *Ultrasonic Gas Flow and Oxygen Sensor Gasboard7500C, Wuhan Cubic Optoelectronics*



Εικόνα 3.8: Αισθητήρας οξυγόνου Gasboard7500C της Wuhan Cubic Optoelectronics [26]

Το Gasboard7500C της παραπάνω εικόνας, είναι ένας οικονομικός αισθητήρας αερίου που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της συγκέντρωσης οξυγόνου και της ροής αερίου σε δυαδικά αέρια. Με την υιοθέτηση τεχνολογίας ανίχνευσης υπερήχων, το Gasboard7500C έχει καλύτερη απόδοση από τους ηλεκτροχημικούς και άλλους αισθητήρες οξυγόνου. Στις λειτουργίες του περιλαμβάνονται εμφάνιση δεδομένων και παρακολούθηση σε απευθείας σύνδεση ενώ χρησιμοποιείται ευρέως σε οικιακό και ιατρικό συγκεντρωτή οξυγόνου, σε μεγάλη γεννήτρια O₂, αναπνευστήρα κ.α. [27]

Χαρακτηριστικά

- Συγκέντρωση οξυγόνου και μέτρηση ροής
- Τεχνολογία υπερήχων (ultrasonic) αιχμής που υιοθετήθηκε
- Δεν χρειάζεται βαθμονόμηση ρουτίνας (calibration routine)
- Υψηλή ακρίβεια, υψηλή σταθερότητα, χαμηλό κόστος

- Μεγάλη διάρκεια ζωής (> 5 έτη)
- Προσαρμογή διαθέσιμη
- Ικανότητα να μειώνει τις παρεμβολές

Εφαρμογές

- Γεννήτρια / συγκεντρωτής οξυγόνου PSA
- Αναπνευστήρας CPAP / APAP
- Αναπνευστικές συσκευές
- Αναισθησιολογικό μηχάνημα
- Εξατμιστής

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- Εύρος μέτρησης συγκέντρωσης: 0-100%
- Εύρος μέτρησης ροής: 0-10L / λεπτό
- Ακρίβεια: O₂: ± 1.8% FS @ (10 ~ 45) °C, ροή αερίου: ± 0.2L / min (10 ~ 45)
- Ανάλυση: O₂: 0,1%. Ροή αερίου: 0,1L / λεπτό
- Χρόνος απόκρισης: 1,5s
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 10 °C -50 °C
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: -20 °C -60 °C
- Σχετική υγρασία: 5-85% RH (χωρίς συμπύκνωση)
- Μέγιστη πίεση: 150 Kpa
- Τροφοδοσία ρεύματος: 5V-12VDC Η μέση τιμή και η μέγιστη τιμή ρεύματος επηρεάζονται από την τάση
- Διαστάσεις: W70 * H33 * D18.4mm
- Βάρος: 18g
- Έξοδος σήματος: UART-TTL, Αναλογική έξοδος: Αναλογική έξοδος: 0-5V
- Αέριο δείγμα: χωρίς υδρατμούς (χωρίς συμπύκνωση). χωρίς σκόνη (<1 μm) [27]

III. Dissolved Oxygen Sensor / Oxygen / Laboratory Sentroxyl Semipro, Sentronic



Εικόνα 3.9: Αισθητήρας οξυγόνου Sentroxyl Semipro της Sentronic [28]

Πλεονεκτήματα

- Αισθητήρες για κανονικές κλίμακες και για κλίμακες ιχνών
- Ο άξονας αισθητήρα με εξωτερική διάμετρο 12 mm είναι συμβατός με συμβατικούς ηλεκτροχημικούς ανιχνευτές (probes)
- Σπείρωμα PG 13.5 για άξονα από ανοξείδωτο χάλυβα ή κωνική σύνδεση NS14 για άξονα POM
- Σύνδεση του αισθητήρα κατευθείαν στη θέση για εξαρτήματα PH ή probe οξυγόνου
- Προσαρμοσμένο μήκος μικρότερο από 90mm με άξονα από ανοξείδωτο χάλυβα είναι δυνατό
- Ολοκληρωμένη μέτρηση θερμοκρασίας
- Εσωτερικός καταγραφέας δεδομένων
- IP67 / Nema 6
- Ατόφιο περίβλημα POM αντιστέκεται στη διάβρωση
- Υψηλή αξιοπιστία

- Σύγχρονη οπτική τεχνολογία φθορισμού
- Δύο χωριστά κανάλια μέτρησης για αναφορά σε πραγματικό χρόνο
- Παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας και της κατάστασης του αισθητήριου στοιχείου
- Απλή λειτουργία και χαμηλότερη συντήρηση
- Προ-βαθμονομημένο αισθητήριο στοιχείο τοποθετημένο σε ανθεκτικό κάλυμμα για εύκολη αντικατάσταση
- Δεν υπάρχει εύθραυστη μεμβράνη οξυγόνου και κανένα πρόβλημα που σχετίζεται με τους ηλεκτρολύτες
- Δεν υπάρχει διασταυρούμενη ευαισθησία π.χ. CO₂, H₂ και καμία εξάρτηση ροής
- Ευέλικτη σύνδεση
- Σύστημα ελέγχου διεργασίας μέσω πρωτοκόλλου RS485 και Modbus RTU και 2x 4 (0) -20mA για οξυγόνο και θερμοκρασία
- Επιπλέον μετατροπέας SentroCOM USB με λογισμικό εφαρμογής για χρήση μέσω υπολογιστή
- Ξεχωριστό κανάλι ενεργοποίησης και συναγερμού [29]

Εφαρμογές

- Παρακολούθηση αγωγών
- Μέτρηση σε τρόφιμα και ποτά
- Μετρήσεις συγκέντρωσης, π.χ. σε πετρέλαιο
- Παρακολούθηση της διαδικασίας σφραγίσματος
- Παρακολούθηση οξυγόνου σε μέσα υψηλής διάβρωσης [29]

Τεχνικές Προδιαγραφές

- Οπτικός αισθητήρας οξυγόνου με βάση τη σβέση φθορισμού
- Ελεγχόμενη από μικροεπεξεργαστή οπτοηλεκτρονική
- Τροφοδοσία 12-36V DC
- Διεπαφή 2x 4 (0) -20mA

- RS485 με πρωτόκολλο Modbus
- 2 ξεχωριστές ρυθμιζόμενες εισόδους σκανδάλης ή εξόδους συναγερμού
- Προαιρετικά: Μετατροπέας USB, Wifi με SentroCOM PPA
- Μνήμη EAN, S / N
- Αρχείο καταγραφής συστήματος, Ιστορικό συναγερμών
- Ιστορικό βαθμονόμησης
- Εγγραφές χρήστη
- Αναγνωριστικό καπάκι
- Λειτουργία συναγερμού Έλεγχος:> 25mA στην αναλογική έξοδο
- 5 διαφορετικά επίπεδα συναγερμού σε βήματα 1mA
- Διαμορφώσιμες κρίσιμες και προειδοποιήσεις 21mA, 22mA ...
- Ψηφιακή κανάλι συναγερμού
- Καταγραφή δεδομένων Εσωτερικός καταγραφέας δεδομένων (10000 εγγραφές δεδομένων)

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού

- Διάμετρος ανιχνευτή 12mm
- Μέρος άξονα POM μήκους ανιχνευτή: 120 mm
- Ανοξείδωτος άξονας: 120mm, 160mm, 225mm, 325mm /άλλοι κατόπιν αιτήματος ακόμη και <120mm
- Σύνδεση διεργασίας PG13.5 για άξονα από ανοξείδωτο χάλυβα
- Υλικά με επαφή με τα μέσα επικοινωνίας NS14 κωνική σύνδεση για άξονα POM
- Οπτική POM, ανοξείδωτος χάλυβας για ειδική έκδοση, πυρίτιο (FDA), H / Y
- Μετρήσεις θερμοκρασίας Οπτικές ίνες με δύο ανεξάρτητα κανάλια
- Θερμοκρασία λειτουργίας (άκρη καθετήρα) Ενσωματωμένο στην άκρη του καθετήρα
- Αναφορά 0-50 ° C (ενεργή μέτρηση)
- Εσωτερικό ενσωματωμένο δεύτερο κανάλι οξυγόνου και

Προδιαγραφές αισθητήρα (τυπική εμβέλεια)

- Ανάλυση αερίου
- Εύρος μέτρησης 1 mbar - 400 mbar pO2
- Ανάλυση 1mbar
- Όριο ανίχνευσης 1mbar

- Ακρίβεια σε 25 ° C ± 1% ανώτερη τιμή εύρους
- Χρόνος απόκρισης στους 25 ° C, αέρας έως N2 t90 <60s
- Παρενόχληση στις εκπομπές CO2, H2S, SO2
- Ανάλυση υγρού
- Εύρος μέτρησης 0,01 mg / l - 20 mg / l
- Ανάλυση 0,1% - 200% air sat.
- 0,01 mg / l
- Μέγιστο όριο ανίχνευσης 0,1% air sat.
- 0,01 mg / l
- Ακρίβεια στους 25 ° C 0,1% αέρας sat.
- ± 0,5% ανώτερη τιμή εμβέλειας (<100% sat air)
- ± 1% ανώτερη τιμή εμβέλειας (> 200% air sat)
- Χρόνος απόκρισης στους 25 ° C, αέρας έως N2 t90 <60s
- Παρενόχληση στις εκπομπές CO2, H2S, SO2

Προδιαγραφές αισθητήρα (εύρος ιχνών)

- Ανάλυση αερίων
- Εύρος μέτρησης 3ppm-6000ppm pO2
- 3ppm
- Ανάλυση 3ppm
- Όριο ανίχνευσης ± 1% ανώτερη τιμή εύρους
- Ακρίβεια στους 25 ° C t90 <60s
- Χρόνος απόκρισης στους 25 ° C, αέρας έως N2 Μη ευαίσθητος στο CO2, H2S, SO2, κλπ.
- Παρενόχληση παρεμβολών
- Αναλύτης 0,1 μg / l - 250 μg / l
- Εύρος μέτρησης 0.1ppb - 250ppb
 - μg / l
- Ανάλυση 0.1ppb
 - μg / l
- Όριο ανίχνευσης 0.1ppb
- ± 1% ανώτερη τιμή εύρους
- Ακρίβεια στους 25 ° C t90 <60s
- Χρόνος απόκρισης στους 25 ° C, αέρας έως N2 Μη ευαίσθητος στο CO2, H2S, SO2 κ.λπ. [29]

IV. *Orbisphere A1100 Oxygen Sensor, HACHE*



Εικόνα 3.10: Αισθητήρας οξυγόνου Orbisphere A1100 της HACHE [30]

Ο αισθητήρας οξυγόνου (O₂) Orbisphere A1100 είναι η τελευταία εξέλιξη των γνωστών και αποδεδειγμένων αισθητήρων Orbisphere Electro-Chemical (EC). Αυτός ο αισθητήρας έχει σχεδιαστεί για παρακολούθηση της διαδικασίας καθώς και για εργαστηριακή ανάλυση σε υγρή ή αέρια φάση με ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών: Από την παραγωγή μπίρας ή soft-drink έως το καθάρισμα wafer ημιαγωγών σε μονάδες παραγωγής τσιπ, συστήματα ψυκτικού αντιδραστήρα σε εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας ή σε οποιοδήποτε μέρος όπου η μέτρηση οξυγόνου είναι κρίσιμη.

Το A1100 διαθέτει υψηλή ακρίβεια και χρόνο απόκρισης για γρήγορη ανίχνευση της αλλαγής της διαδικασίας. Ο μοναδικός σχεδιασμός του αισθητήρα Orbisphere επιτρέπει παρατεταμένες περιόδους μεταξύ επαναφορτίσεων. [31]

Πλεονεκτήματα

- Ιδανικό για σκληρά περιβάλλοντα
- Απλή εγκατάσταση και λειτουργία
- Χαμηλή συντήρηση
- Εύκολη βαθμονόμηση
- Απλή διαχείριση δεδομένων

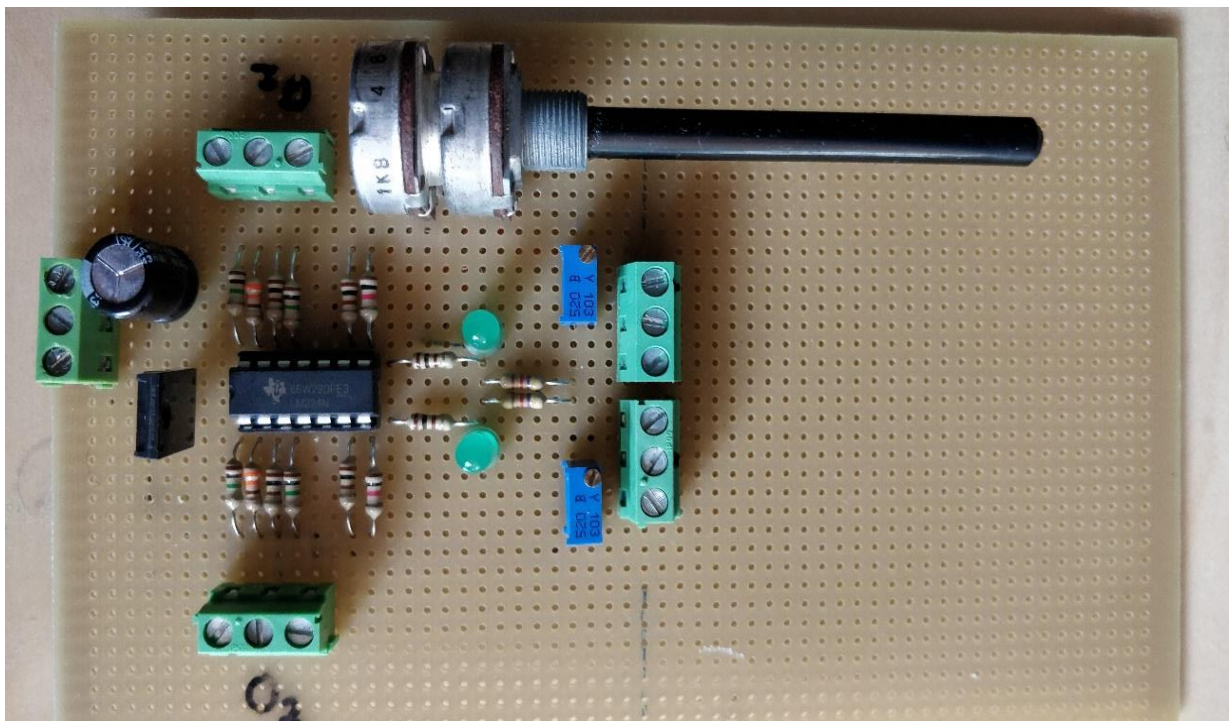
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- Εύρος μέτρησης στους 25 ° C -5 -95 ° C 2935A-A: 10 ppb-400 ppm ή 20 Pa-1.000kPa 2952A-A: 1 ppb-80 ppm ή 5 Pa-200 kPa , 2956A-A: 0,1 ppb-20 ppm ή 0,25 Pa-50 kPa, 29552A-A: 2 ppb-80 ppm ή 5 Pa-200 kPa
- Ακρίβεια $\pm 1\%$ της ένδειξης ή \pm χαμηλότερη περιοχή μέτρησης, όποια είναι μεγαλύτερη $\pm 1\%$ της ανάγνωσης, ή \pm χαμηλότερη περιοχή μέτρησης, όποια είναι μεγαλύτερη (υποθέτοντας σωστή βαθμονόμηση)
- Υλικό από ανοξείδωτο χάλυβα 1.4404 (AISI 316L), φινίρισμα επιφάνειας: N5, Ra<0,4 μm
- Μεμβράνη
- Πίεση του δείγματος 0-100 [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η κατασκευή μας αφορά ένα **κύκλωμα ελέγχου οξυγόνου** (εικόνα 4.1) με διπλή είσοδο σήματος οξυγόνου μέσω κατάλληλων αισθητήρων. Η ιδέα βασίζεται στο κύκλωμα της ιστοσελίδας <http://hydrogenarage.com/DIY/DIYinstructions.html> του οποίου ο σχεδιαστής υπογράφει ως “electrojolt”.

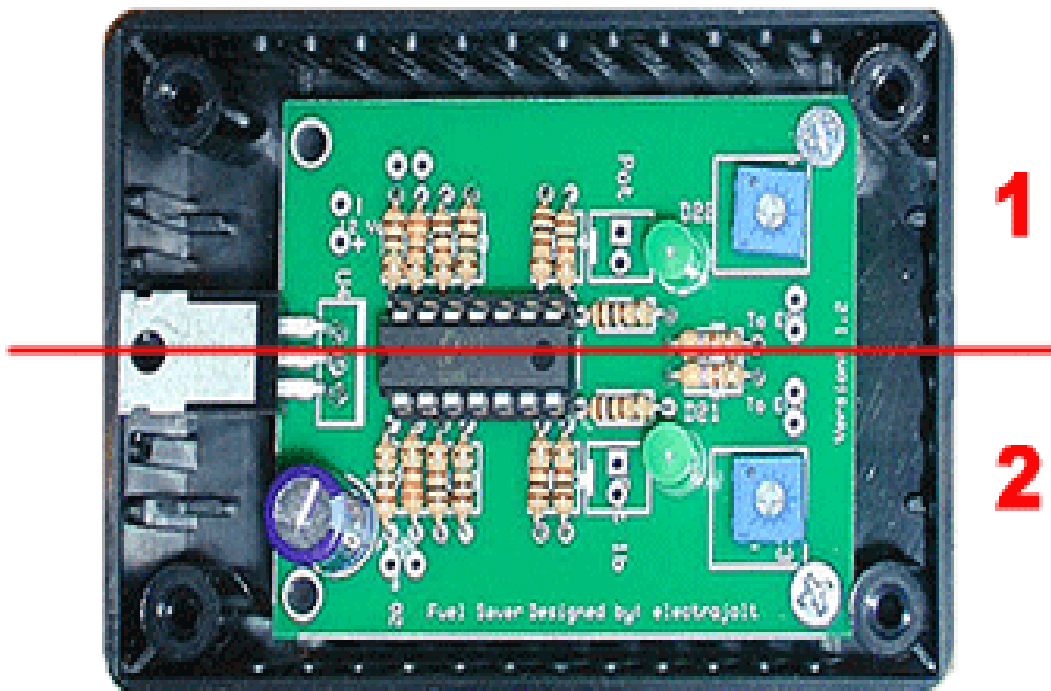


Εικόνα 4.1: Το ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου οξυγόνου στην τελική του μορφή

4.1 Περιγραφή του συστήματος ελέγχου - Ανάλυση διαδικασίας κατασκευής

Αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιεί κατά βάση ένα LM324 το οποίο είναι Quad ενισχυτής. Χρειάζεται ένταση ρεύματος 2 A ανά αισθητήρα οξυγόνου και θα λειτουργήσει έτσι ώστε να δέχεται σήμα από δύο αισθητήρες. Για την αποφυγή λαθών στις συνδέσεις των ακροδεκτών του ενισχυτή συμβουλευτήκαμε το σχηματικό διάγραμμα του ενισχυτή (εικόνα 4.7) στο αντίστοιχο datasheet που υπάρχει στην επίσημη ιστοσελίδα της Texas Instruments. [34]

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.2, το πάνω μισό της διάτρητης πλακέτας (board) ελέγχει τον πρώτο αισθητήρα οξυγόνου (1) και το κάτω μισό ελέγχει τον δεύτερο αισθητήρα οξυγόνου (2).



Εικόνα 4.2: Βοηθητική κάτοψη του κυκλώματος ελέγχου οξυγόνου [32]

Για την κατασκευή του παραπάνω κυκλώματος χρησιμοποιήθηκαν τα μέρη που παρουσιάζονται σε πίνακα στην επόμενη σελίδα καθώς επίσης και κολλητήρι, κασσιτεροκόλληση (καλάι), καλώδια, πολύμετρο, τα συνηθισμένα δηλαδή και απολύτως απαραίτητα μέσα που χρειάζονται για την κατασκευή μικρών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Το σύρμα από τον αισθητήρα θα συνδέεται με την είσοδο του κυκλώματος και η έξοδος του κυκλώματος θα συνδέεται με το ECU (Engine Control Unit) ή αλλιώς ECM (Engine Control Module). Το ECU είναι ένας τύπος ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου που ελέγχει μια σειρά ενεργοποιητών (actuators) σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης για να εξασφαλίσει τη βέλτιστη απόδοση του κινητήρα. Αυτό γίνεται με την ανάγνωση τιμών από ένα πλήθος αισθητήρων εντός του χώρου του κινητήρα, την ερμηνεία δεδομένων χρησιμοποιώντας πολυδιάστατους χάρτες επιδόσεων (που ονομάζονται πίνακες αναζήτησης) και τη ρύθμιση των ενεργοποιητών κινητήρα. [33]

Με τη χρήση ενός ψηφιακού πολυμέτρου εύκολα ελέγξαμε και ρυθμίσαμε το κύκλωμα που εγκαταστήσαμε στην πλακέτα.

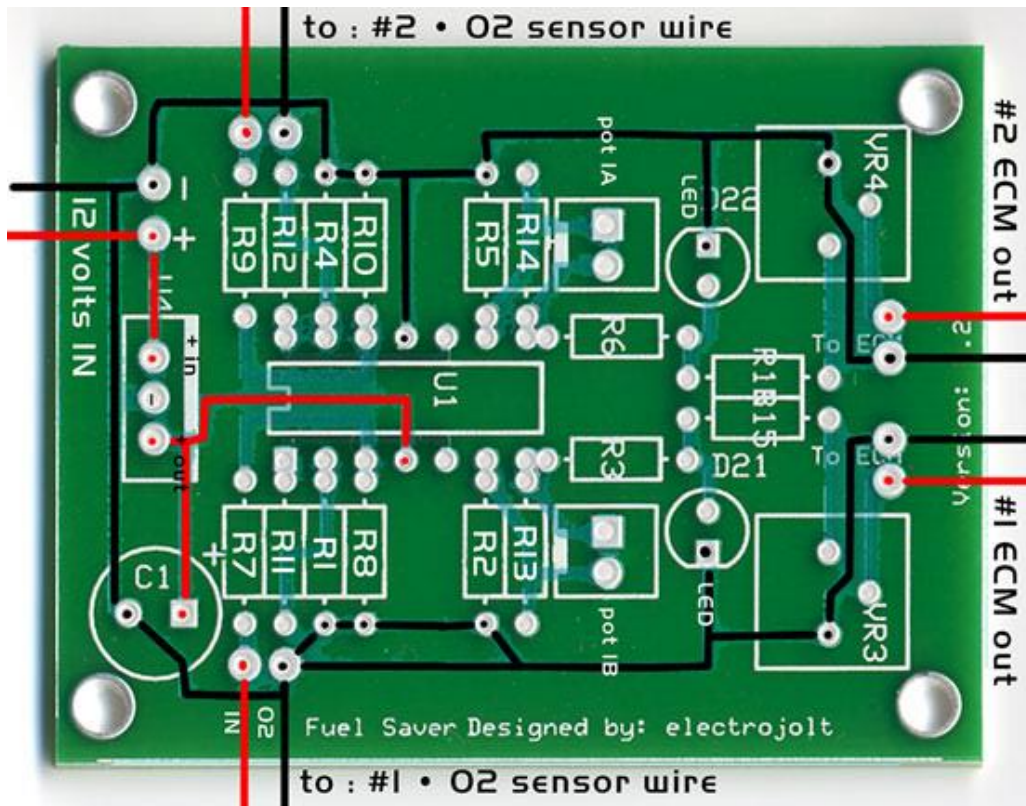


Εικόνα 4.3: Φορητό ψηφιακό πολύμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις

Πίνακας των στοιχείων που υπάρχουν στο κύκλωμα:

ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΟΝΟΜΑ	ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	U4	LM7812	12 volt Voltage Regulator
1	U1	LM324	Quad OP AMP
1	U1-SOCKET	14 PIN SOCKET	14 pin IC socket
6	R1- R6	100 ohm, 1/4 watt Resistor	Resistors (brown•black•brown)
4	R7 - R10	1M ohm, 1/4 watt Resistor	Resistors (brown•black•green)
2	R11, R12	330 ohm, 1/4 watt Resistor	Resistors (orange•orange•brown)
2	R13, R14	1K ohm, 1/4 watt Resistor	Resistors (brown•black•red)
2	R15, R16	4.7K ohm, 1/4 watt Resistor	Resistors (yellow•violet•red)
* either 2	VR1, VR2	1K Potentiometer, Pot.1A & 1B	Audio Potentiometer
* or 1	VR1 & 2	1K DUAL Potentiometer, 1A & 1B	Dual Audio Potentiometer
2	VR3, VR4	10K Variable Potentiometer	Trimmer pots (blue)
2	D1 , D2	LED lights	Green
1	C1	100uf , 50 volt Capacitor	blue barrel

Στην παρακάτω εικόνα, η οποία αφορά το αντίστοιχο τυπωμένο (printed) κύκλωμα, φαίνονται καθαρά οι περισσότερες συνδέσεις προκειμένου να προχωρήσουμε στις κολλήσεις χωρίς προβλήματα. Στις πιο δυσδιάκριτες συνδέσεις συμβουλευτήκαμε το σχηματικό διάγραμμα (schematic) του κυκλώματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.6.

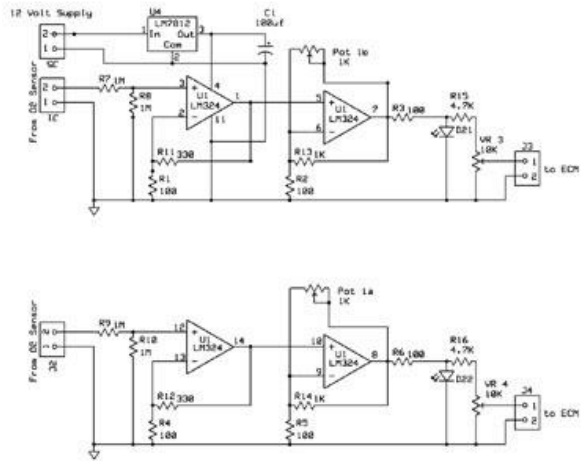


Εικόνα 4.4: Κάτοψη για σχεδίαση του κυκλώματος σε τυπωμένη πλακέτα [32]

Ας δούμε κάποια βασικά βήματα που ακολουθούμε για το στήσιμο του κυκλώματος ελέγχου:

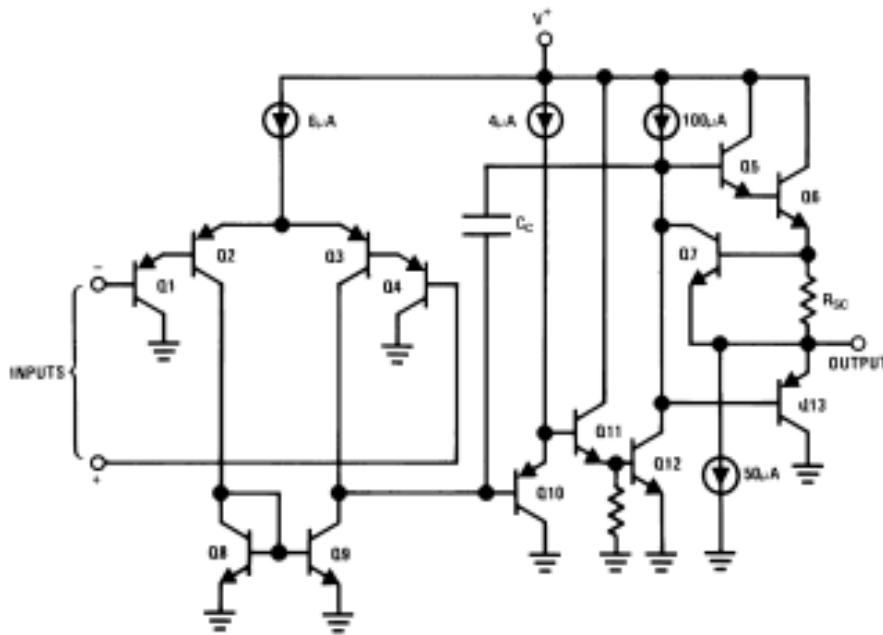
- Αρχικά βρίσκουμε και αναγνωρίζουμε όλες τις αντιστάσεις. Η θέση των αντιστάσεων δεν έχει σημασία αφού έχουν μη-πολωμένη άκρα.
- Ξεκινάμε τις κολλήσεις αφού τοποθετήσουμε την 14 PIN SOCKET στο σημείο της πλακέτας που θέλουμε. Θα προσθέσουμε τον LM324 αργότερα, όταν το κύκλωμα έχει κρυώσει.
- Χρειάστηκε να κάνουμε σύντομη διαδρομή με καλώδια (jumpers) από το Pot 1a και 1b από κάτω από την πλακέτα στο διπλό ποτενσιόμετρο VR1 και VR2.
- Λυγίζουμε τις τρεις επαφές του ρυθμιστή τάσης U4 που δεν θα χρειαστούμε. Η σωστή τοποθέτηση καθιστά ικανή την πλακέτα να τοποθετηθεί τέλεια σε ένα κουτί-θήκη. Στην περίπτωση μας ωστόσο δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο κουτί.
- Την απαραίτητη προσοχή πρέπει να δώσουμε στο να κολλήσουμε σωστά τον πυκνωτή C1 (μπλε βαρέλι). Η πλευρά με την γκρι ταινία είναι ο αρνητικός πόλος του πυκνωτή μας και η άλλη ο θετικός. Είναι πολύ σημαντικό να ακολουθείται πάντα το σχηματικό διάγραμμα όταν πρόκειται για εξαρτήματα με πολικότητα. Όπως και τα LED (D1 & D2) που έχουν το βραχύτερο καλώδιο καθόδου που πηγαίνει στην τετράγωνη τρύπα. Η εγκοπή είναι η αρνητική πλευρά του LED, αυτή της καθόδου.
- Επίσης ο ρυθμιστής τάσης πρέπει να είναι στα δεξιά.

Το κύκλωμα λειτουργεί ως ενισχυτής, ώστε να ενισχύσει το αρχικό σήμα του αισθητήρα οξυγόνου. Για μέγιστο κέρδος, θα πρέπει να δίνονται για παράδειγμα σαν είσοδο 0,7 V στην ECU, όταν ο αισθητήρας φέρνει σήμα περίπου 0,2 - 0,3 V. Όσον αφορά το LED δεν θα είναι σταθερά αναμμένο. Θα πρέπει να αναβοσβήνει και κάθε φορά αυτό σημαίνει ότι λέει στην ECU να αραιώσει το μίγμα αέρα. Το LED χρησιμοποιείται επίσης για τη ρύθμιση της τάσης εξόδου ώστε να αποφευχθεί η υπερπήδηση του 1 V.



cabetc1		
Dual O2 Sensor / Control EFIE		
Claudio Cabeto	Rev. 1.0 4/29/2008	Page 1

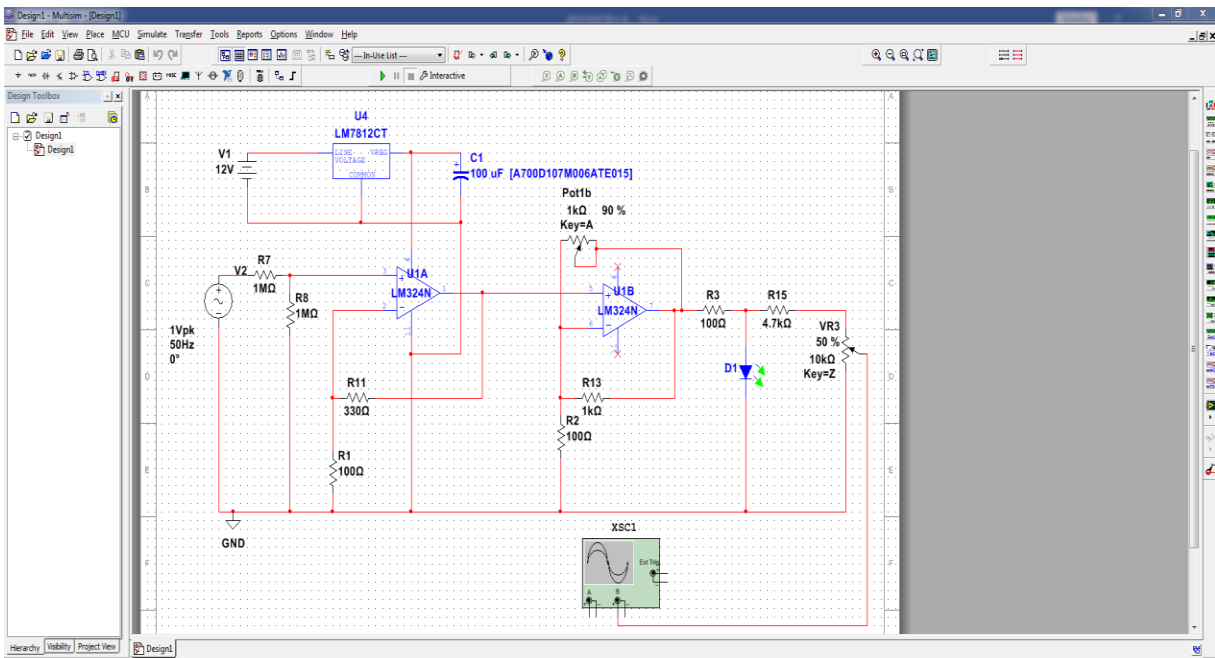
Εικόνα 4.6: Σχηματικό διάγραμμα (schematic) του κυκλώματος ελέγχου [32]



Εικόνα 4.7: Σχηματικό διάγραμμά του LM324 [34]

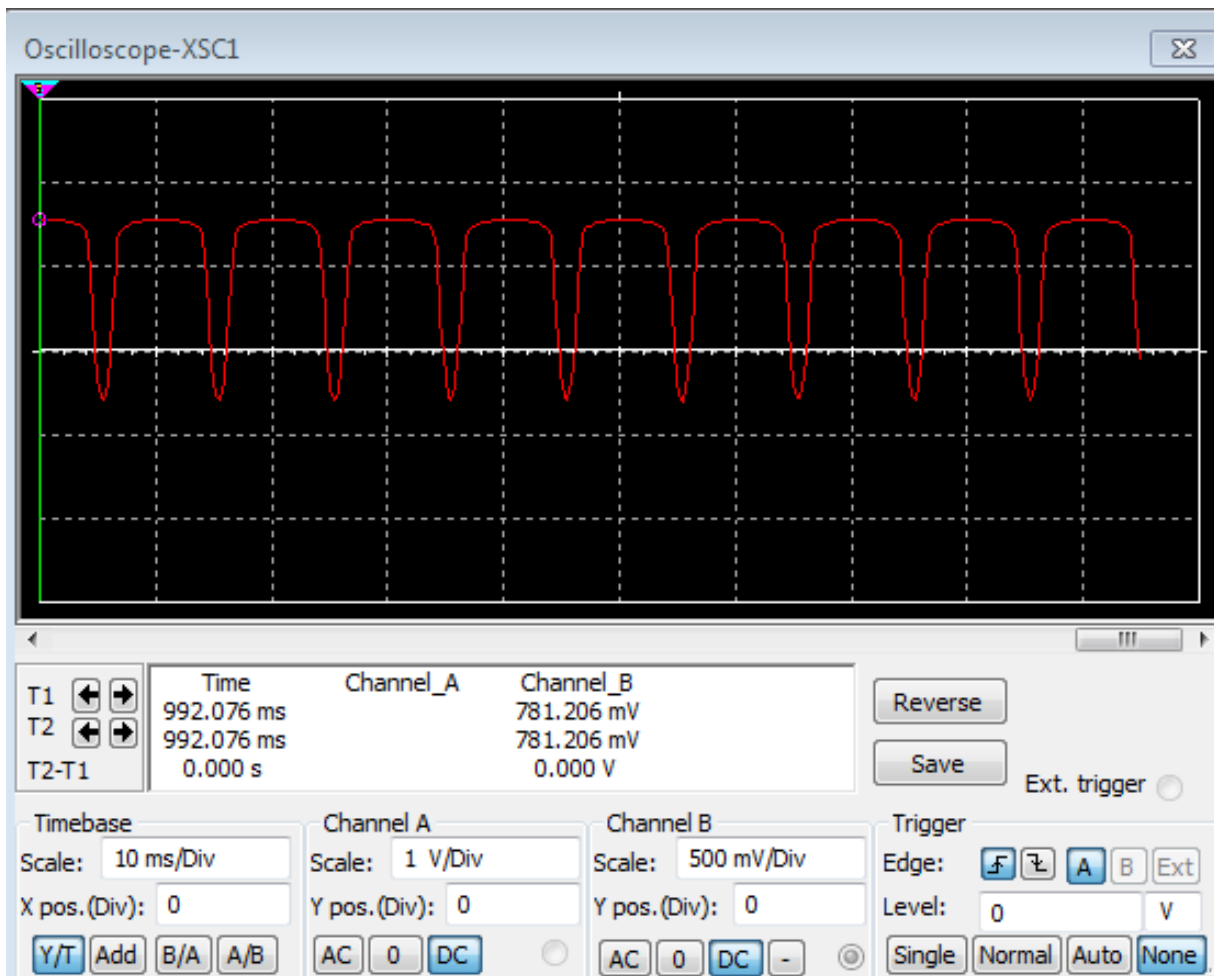
4.2 Προσομοίωση συστήματος ελέγχου

Για την επίδειξη της ορθής λειτουργίας του κυκλώματος που κατασκευάστηκε χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό εφαρμογής *Multisim* της εταιρίας *National Instruments*. Με τη βοήθεια του σχηματικού διαγράμματος της εικόνας 4.6 έγινε η σχεδίαση του συστήματος στο περιβάλλον του παραπάνω λογισμικού.



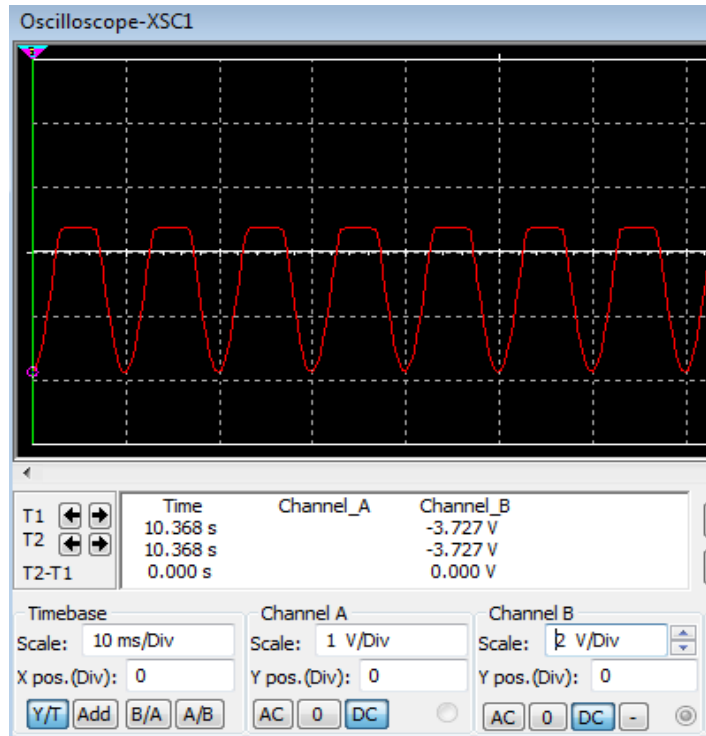
Εικόνα 4.8: Το σύστημα ελέγχου στο *Multisim*

Ως σήμα εισόδου από τον αισθητήρα οξυγόνου χρησιμοποιήθηκαν διάφορες συναρτήσεις όπως ημίτονο, βηματική, τριγωνική κ.α. Επειδή πρόκειται, όπως έχει προαναφερθεί, για εργασία περισσότερο ερευνητικού-πειραματικού περιεχομένου δεν ήταν δυνατό και λόγω κόστους να προσομοιώσουμε τα ακριβή σήματα αισθητήρων οξυγόνου. Για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή έξοδος έπρεπε να ρυθμιστούν κατάλληλα (*calibration*), μετά από αρκετές δοκιμές, οι μεταβλητές αντιστάσεις του κυκλώματος.

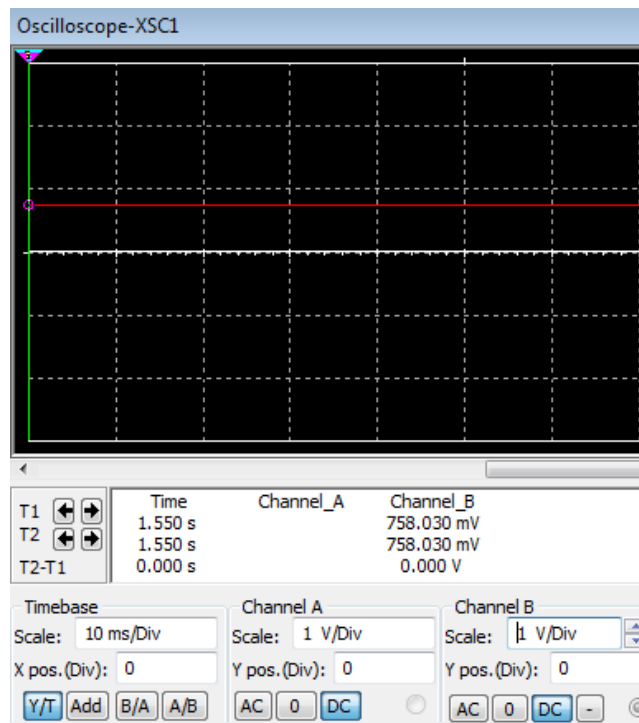


Εικόνα 4.9: Έξοδος κυκλώματος για ημιτονοειδή είσοδο 1V pk, 1V DC offset, 100Hz

Στην παραπάνω περίπτωση με είσοδο ημίτονο η ρύθμιση των ποτενσιομέτρων έγινε στο 40% για την 1k και στο 50% για την 10k.

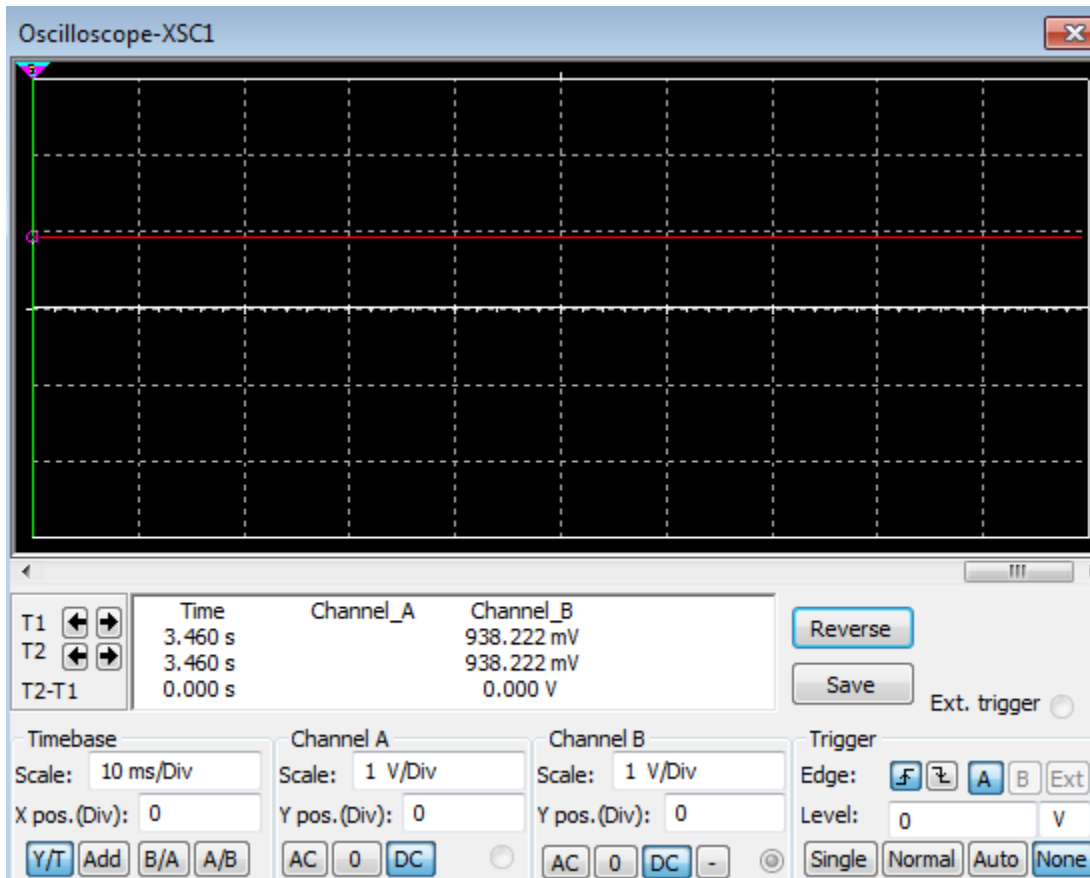


Εικόνα 4.10: Έξοδος κυκλώματος για ημιτονοειδή είσοδο 1V pk, 100Hz

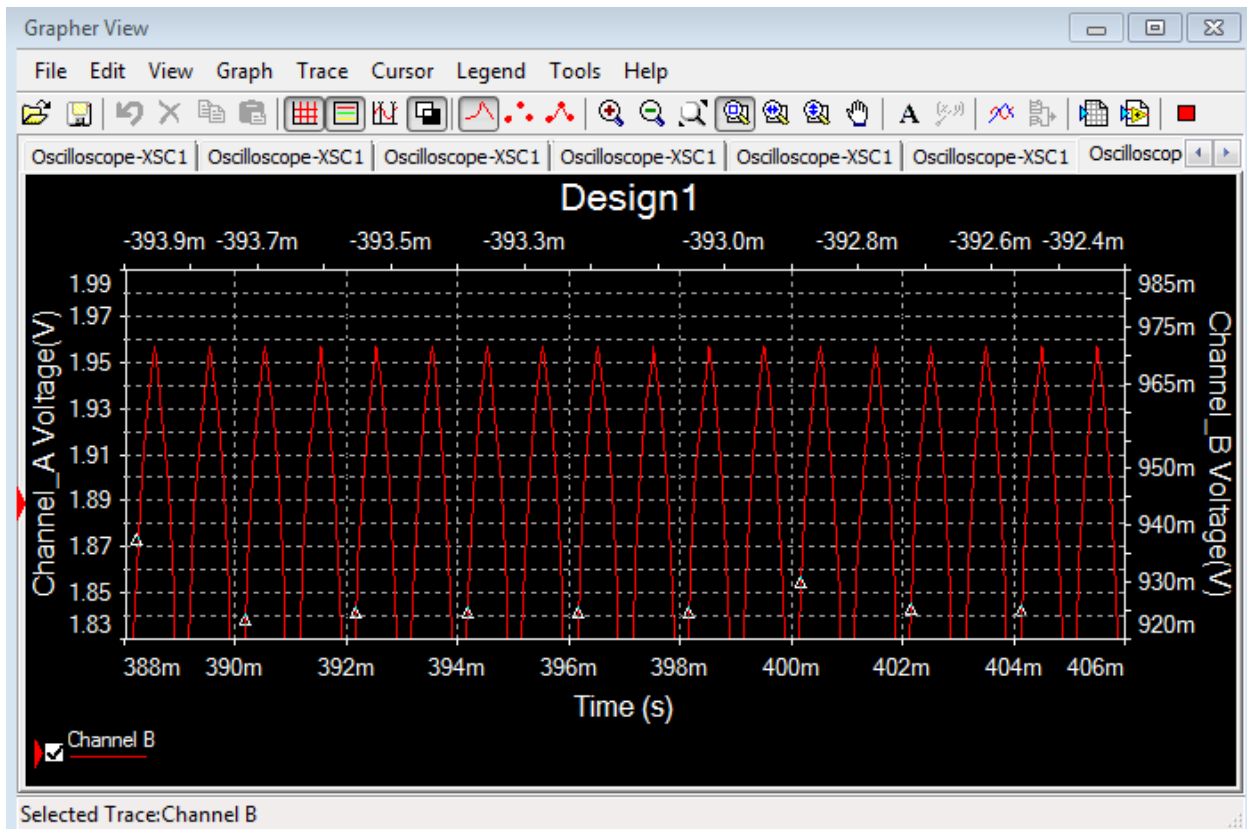


Εικόνα 4.11: Έξοδος κυκλώματος για εκθετική είσοδο 1V

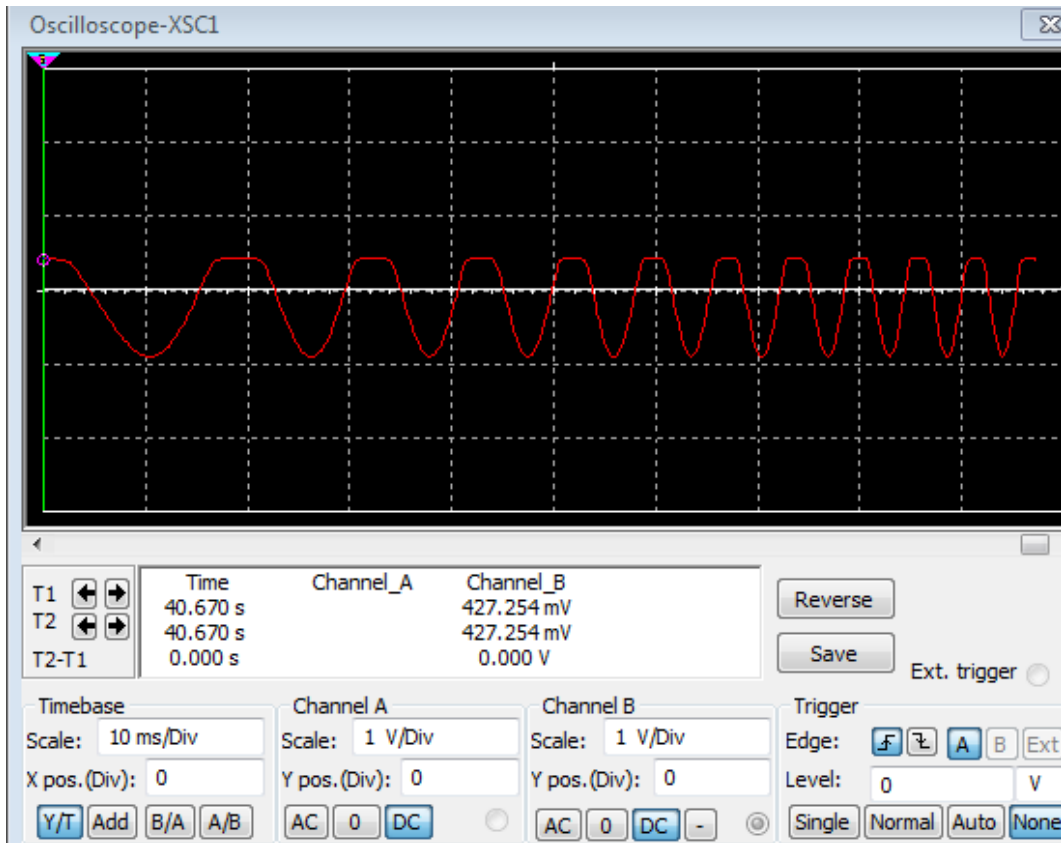
Με είσοδο βηματική συνάρτηση και ρύθμιση του 10k ποτενσιομέτρου στο 40% πετυχαίνουμε την μέγιστη δυνατή τιμή κάτω του 1V, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.12: Έξοδος κυκλώματος για είσοδο βηματική συνάρτηση από 0 σε 1V

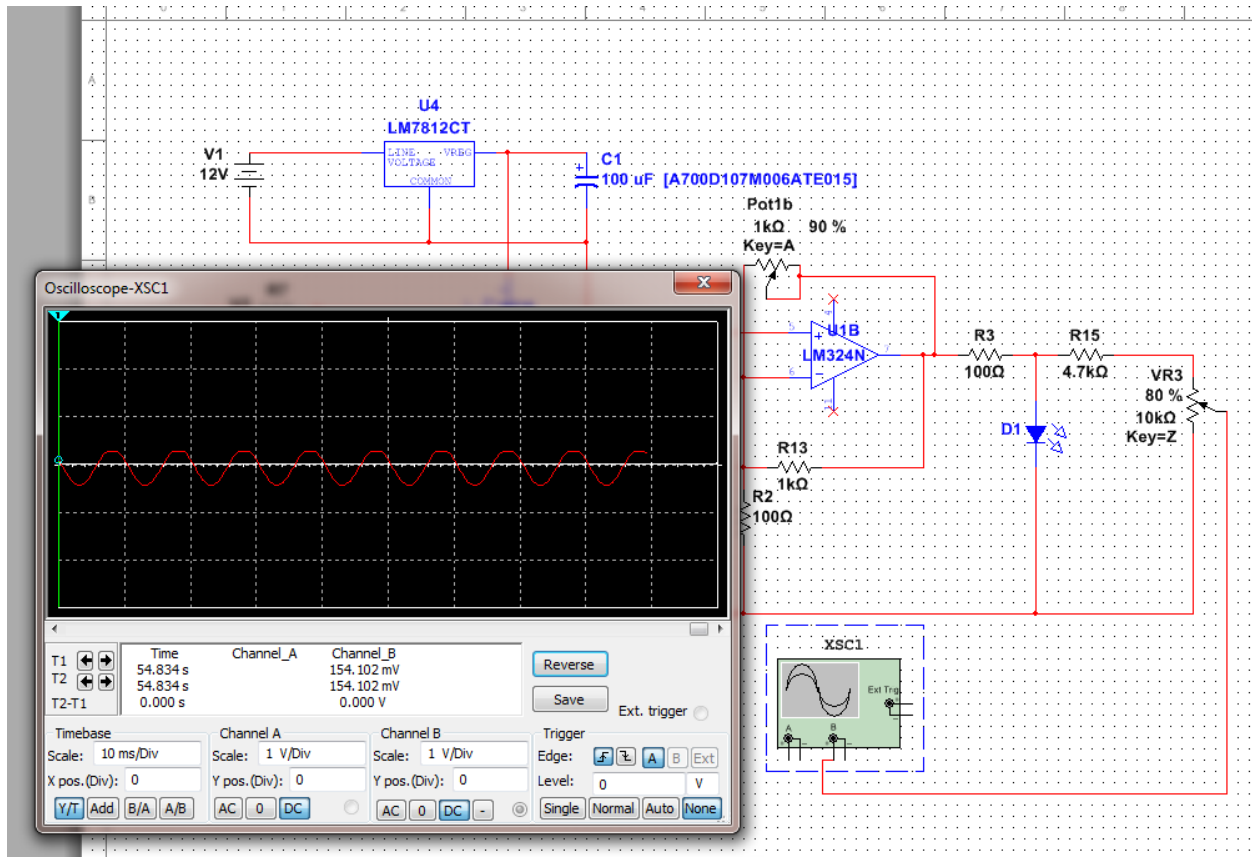


Εικόνα 4.13: Έξοδος κυκλώματος για είσοδο τριγωνική συνάρτηση 5V περιόδου 1ms



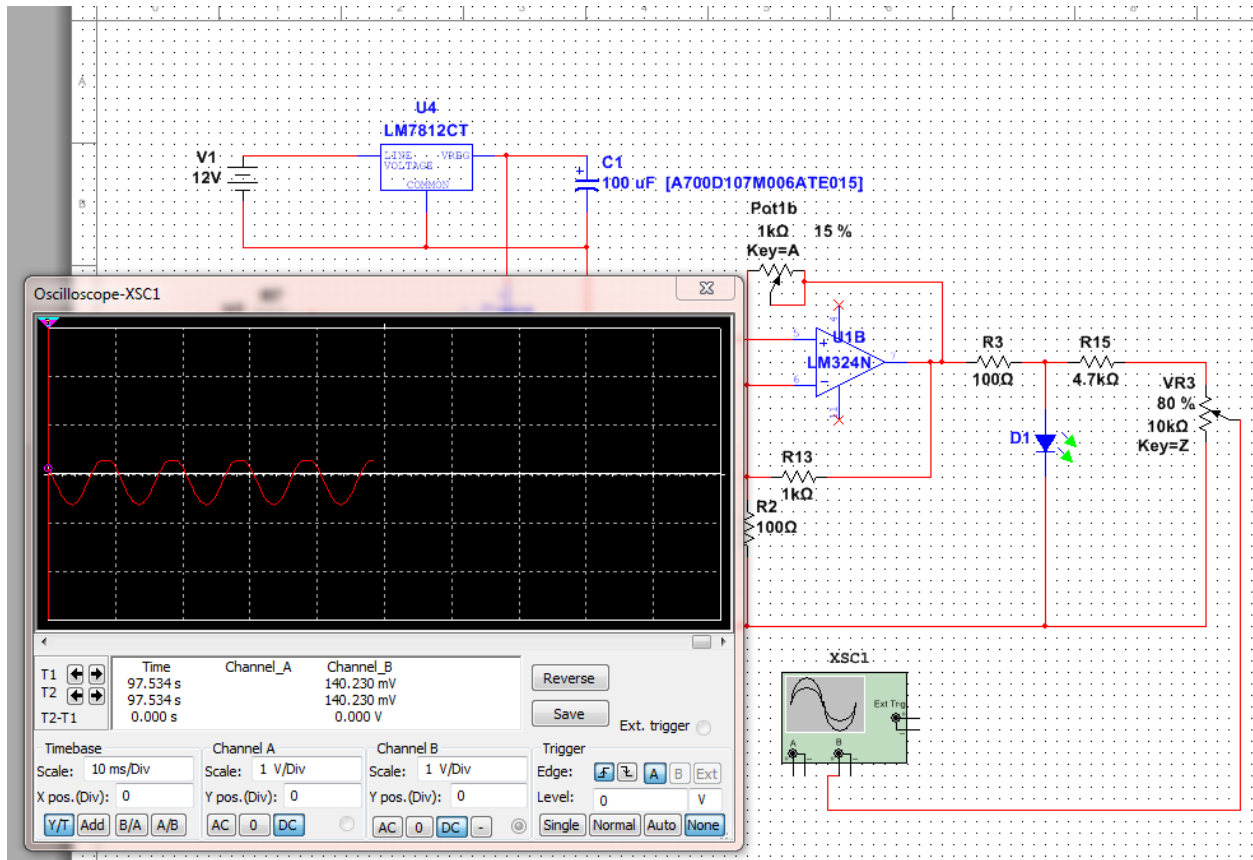
Εικόνα 4.14: Έξοδος κυκλώματος για είσοδο chirped σήματος 1V, συχνότητας 0 έως 500 Hz

Στις εικόνες που ακολουθούν το σήμα από τον αισθητήρα οξυγόνου δίνεται κάτω από 1 V για να δούμε πως συμπεριφέρεται το κύκλωμα ελέγχου σε μικρότερες τιμές εισόδου.



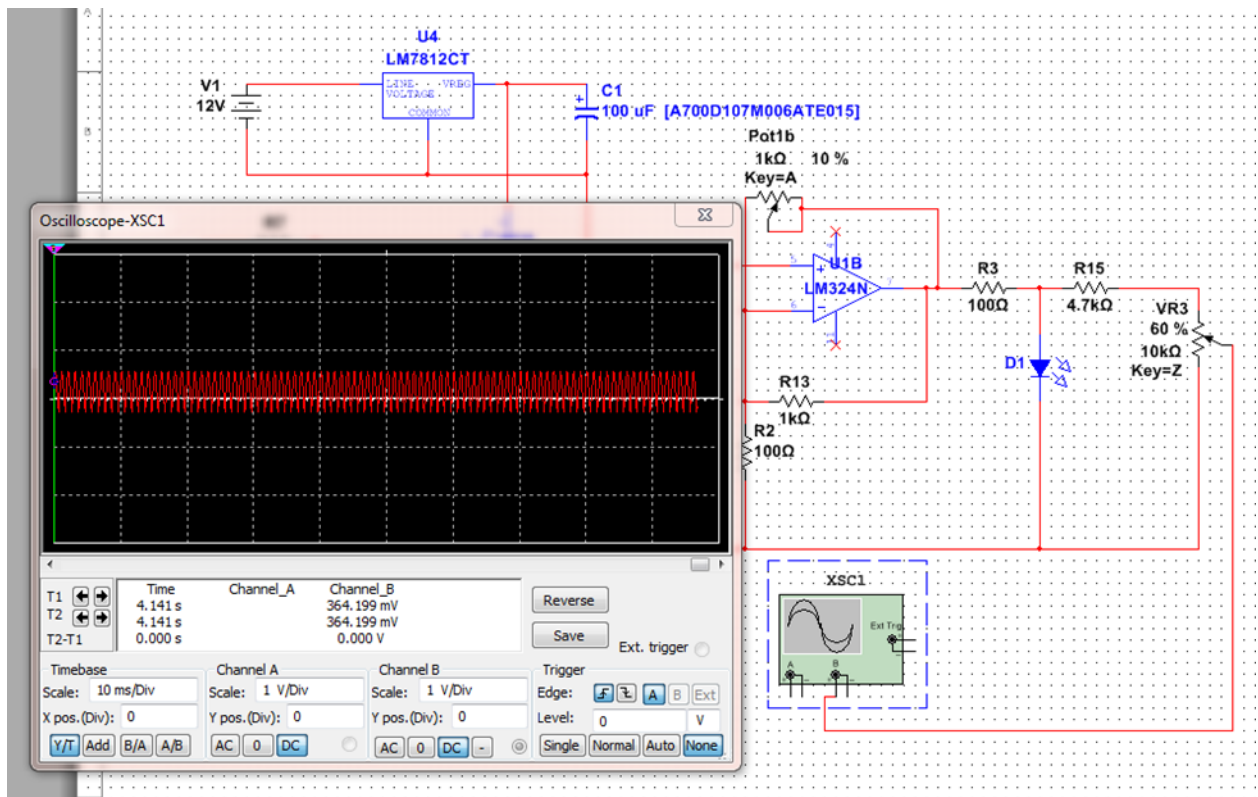
Εικόνα 4.15: Έξοδος κυκλώματος για ημιτονοειδή είσοδο 0.7V pk, 100Hz

Στην παραπάνω περίπτωση το LED δεν αναβοσβήνει και αυτό συμβαίνει διότι η έξοδος προς την ECU δεν φτάνει κοντά στο 1 V.



Εικόνα 4.16: Έξοδος κυκλώματος για ημιτονοειδή είσοδο 0.3V pk, 100Hz

Στην εικόνα 4.16 έχει γίνει η καλύτερη δυνατή ρύθμιση προκειμένου ένα μικρό σήμα της τάξης των 0,2 – 0,3 V να μας δίνει ένα ενισχυμένο σήμα στα 0.7 – 0.8 V με το LED να αναβοσβήνει.



Εικόνα 4.17: Έξοδος κυκλώματος για τριγωνική είσοδο 0.3V περιόδου 1ms

Βλέπουμε στην εικόνα 4.17 ότι για είσοδο τριγωνική συνάρτηση η ρύθμιση είναι αρκετά διαφορετική καθώς πρέπει να αλλάξουμε την τιμή της αντίστασης και στα δύο ποτενσιόμετρα του κυκλώματος ώστε να πάρουμε την επιθυμητή έξοδο.

Μπορούμε λοιπόν εύκολα να διαπιστώσουμε ότι το σύστημα που σχεδιάστηκε δεν μπορεί να συμπεριφερθεί με την ίδια συνέπεια σε οποιαδήποτε είσοδο του δοθεί με μία συγκεκριμένη ρύθμιση των αντιστάσεων του. Αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για ένα κύκλωμα το οποίο να μην λειτουργεί με τις κατάλληλες χειροκίνητες ρυθμίσεις αλλά σίγουρα επιδέχεται βελτίωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

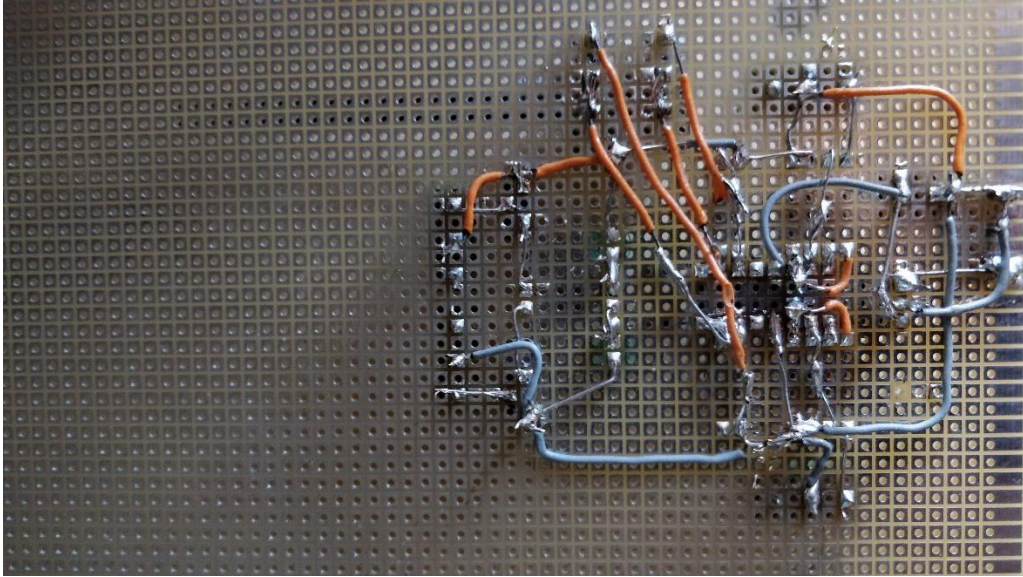
Σε αυτό το κεφάλαιο συζητείται η τελική υλοποίηση του συστήματος ελέγχου της παροχής οξυγόνου, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφαλαίο. Η κατασκευή αν και λειτουργική επιδέχεται πολλές βελτιώσεις και αλλαγές, κυρίως όσον αφορά τη μείωση του κόστους (Πίνακας 5.3), που δεν ήταν εφικτό να πραγματοποιηθούν στο πειραματικό επίπεδο όπου κινείται αυτή η διπλωματική εργασία.

Σύμφωνα με αυτά που είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, φαίνεται ότι η ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο θα ελέγχει την παροχή οξυγόνου ανιχνεύοντας, μέσω κατάλληλων αισθητήρων, την ροή του οξυγόνου για τον περιορισμό ατυχημάτων, είναι δυνατή.

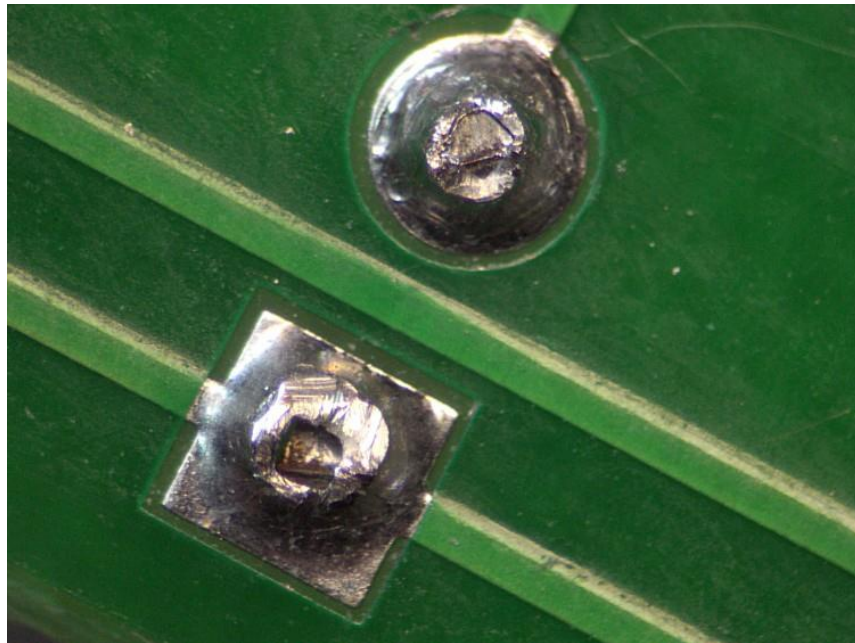
Ωστόσο το σύστημα της παρούσας διπλωματικής, αναπτύχθηκε προφανώς σε επίπεδο περισσότερο ερευνητικό και πειραματικό. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να δεχθεί βελτιώσεις προτού θεωρηθεί ότι πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο προϊόν.

Κάποιες από τις βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα ελέγχου είναι οι εξής:

- Σχεδίαση του κυκλώματος σε κατάλληλο πρόγραμμα και εν συνεχεία εφαρμογή του σε pcb (printed circuit board) για την αποφυγή σφαλμάτων και δυσκολιών στις συνδέσεις των εξαρτημάτων όπως ψυχρές κολλήσεις, γέφυρες (εικόνες 5.1 και 5.2) κ.α.
- Επιλογή αισθητήρων οξυγόνου με το μικρότερο δυνατό κόστος. Κάτι τέτοιο, τη χρονική στιγμή που γράφεται αυτή το κείμενο, δυστυχώς μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη σχεδίαση και την κατασκευή από την αρχή ενός τέτοιου αισθητήρα εφόσον υπάρχει η απαραίτητη τεχνογνωσία λόγω του υψηλού κόστους των αισθητήρων που κυκλοφορούν στο εμπόριο.



Εικόνα 5.1: Γέφυρες στο παρόν κύκλωμα ελέγχου



Εικόνα 5.2: Ψυχρή κόλληση [35]

- Βελτίωση του κυκλώματος ελέγχου όσον αφορά την επιθυμητή έξοδο για οποιαδήποτε είσοδο, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Λόγω περιορισμού στον χρόνο διεκπεραίωσης δεν ήταν δυνατό να ξεπεραστεί η παραπάνω αδυναμία του κυκλώματος. Θα μπορούσε ωστόσο να αποτελέσει θέμα επόμενης διπλωματικής εργασίας.

Περιγραφή	Κόστος
LM324	0.16€
LM7812	0.13€
14 Pin Socket	0.03€
Αντιστάσεις, ποτενσιόμετρα, LED, καλώδια, διάτρητη πλακέτα, κασσιτεροκόλληση κτλ.	~ 3€
Πυκνωτής	0.06€
Κολλητήριο, αντλία αφαίρεσης κόλλησης	9€
Σύνολο	~ 12,4€

Πίνακας 5.3: Κόστος υλικών κατασκευής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) <https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen>
- 2) A.Fishman, J.Elias, J.Fishman, M.Grippi, R.Senior, and A. Pack, Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders, 4th ed. McGrawHill Medical, 2008.
- 3) <https://aeroflowinc.com/oxygen-therapy-congestive-heart-failure/>
- 4) <https://www.staysafemedicalclothing.com/news/oxygen-therapy/>
- 5) https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_therapy#/media/File:Home_oxygen_concentrator.jpg
- 6) <https://en.wikipedia.org/wiki/Anesthesia>
- 7) https://en.wikipedia.org/wiki/Anesthesia#/media/File:Operating_room_anesthetic_station.jpg
- 8) https://en.wikipedia.org/wiki/Anesthesia#/media/File:Maquet_Flow-l_anesthesia_machine.jpg
- 9) https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperbaric_medicine
- 10) <http://www.iatropedia.gr/wp-content/uploads/2017/09/1-1.jpg>

- 11) https://lelesortho.gr/wp-content/uploads/2016/06/shutterstock_196917287-1100x400.jpg
- 12) <https://hyperbaric-chamber.com/wp-content/uploads/monoplace-hyperbaric-chamber-hybrid-3200.jpg>
- 13) <http://www.venizeleio.gr/wp-content/uploads/2016/12/NEOFNA-848x518.jpg>
- 14) O. Baruchin, B. Yoffe, and A. M. Baruchin, "Burns in inpatients by simultaneous use of cigarettes and oxygen therapy," *Burns*, vol. 30, no. 8, pp. 836–838, 2004
- 15) <https://i1.prth.gr/images/963x541/files/2018/01/26/korea-fotia-1.jpg>
- 16) https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_sensor
- 17) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Lambda_sond_till_volvo240_etc.jpg
- 18) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Diving_oxygen_analyser.JPG
- 19) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/06/Dissolved_oxygen_meter.jpg

- 20) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Clark_Oxygen_Electrode.png
- 21) <https://www.mpi-bremen.de/Binaries/Binary2672/po-in-situ-module-medium.jpg>
- 22) https://www.noisebridge.net/images/1/12/DO_Electrodes.jpg
- 23) <https://www.noisebridge.net/wiki/BioBoard/Documentation/Oxygen>
- 24) http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-mg/78321-11587990.jpg
- 25) https://www.envitec.com/en/products/portfolio/medical-products/sauerstoffsensor_oom202_2_ART__01-00-0068.html
- 26) http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-mg/100101-12020703.jpg
- 27) http://www.gassensor.com.cn/product_detail_en/Medical_Equipments/Gasboard7500C
- 28) http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-mg/112813-11926838.jpg
- 29) http://www.sentronic.eu/www/sentronic.nsf/ID/Optical%20Sensors_Sentronic%20SemiProc_EN.html
- 30) http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-mg/84321-10087869.jpg

- 31) <https://uk.hach.com/dissolved-oxygen-sensors/orbisphere-a1100-oxygen-sensors/family?productCategoryId=25114174842>
- 32) <http://hydrogengarage.com/DIY/DIYinstructions.html>
- 33) https://en.wikipedia.org/wiki/Engine_control_unit
- 34) <http://www.ti.com/lit/ds/snosc16d/snosc16d.pdf>
- 35) <https://softsolder.files.wordpress.com/2009/07/cimg2401-tinytrak3-cold-solder-joints.jpg>