



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Το Labview ως εργαλείο συγκέντρωσης και επεξεργασίας  
δεδομένων από αισθητήρες διαφορετικών συσκευών με στόχο τη  
διάχυσή τους στο Διαδίκτυο των πραγμάτων»**

**Παπαχριστοπούλου Ελένη Α.Μ.:44615  
Πιτροπάκης Ιωάννης Α.Μ.:44654**

**Επιβλέπον Καθηγητής:  
Δρόσος Χρήστος**



### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ..... Παναχριστοπούλου Ελένη.....  
του Ευαγγέλου....., με αριθμό μητρώου 44615..... φοιτητής / τρια του  
Τμήματος **Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την  
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

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

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

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα  
του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η  
Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του  
αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα  
καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός  
ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα  
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Παναχριστοπούλου Ελένη



Ημερομηνία

### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / η Πιτσογιάννη Ιωάννη  
του Εββανού, με αριθμό μητρώου 44654 φοιτητής / τριά του  
Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την  
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

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

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

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα  
του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η  
Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του  
αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα  
καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός  
ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα  
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Αθλών

Ημερομηνία

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	7
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	7
1.1. Γενικά για τους αισθητήρες.....	7
1.2. Ταξινόμηση των σφαλμάτων μέτρησης .....	12
1.2.1. Αποκλίσεις αισθητήρων .....	12
1.2.2. Ανάλυση .....	14
1.3. Ενδεικτικοί τύποι αισθητήρων .....	15
1.3.1. Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού.....	16
1.3.2. Αισθητήρες οξυγόνου καυσαερίων .....	17
1.3.3. Χημικοί αισθητήρες.....	18
1.3.4. Βιοαισθητήρες .....	19
1.3.5. Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	23
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΝΕΡΟΥ .....	23
2.1. Η ανάλυση του νερού .....	23
2.1.1. Παραδείγματα κλάδων και διεργασιών, που συχνά απαιτούν αναλύσεις νερού 24	
2.1.2. Που γίνονται οι αναλύσεις νερού .....	25
2.1.3. Η χημική ανάλυση του νερού .....	25
2.2. Αισθητήρες ανάλυσης νερού.....	27
2.2.1. Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού .....	27
2.2.2. Αισθητήρας pH νερού .....	28
2.2.3. Αισθητήρας αγωγιμότητας νερού.....	28
2.2.4. Αισθητήρας διαλυμένου οξυγόνου νερού .....	29
2.2.5. Αισθητήρας οξειδοαναγωγής .....	31
2.3. Γιατί είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων για την ανάλυση του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες .....	31
2.4. Αισθητήρες ανάλυσης νερού προς χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες.....	33
2.4.1. Αισθητήρες μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου για υδροπονικές καλλιέργειες..	33
2.4.2. Αισθητήρες μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα σε υδροπονικές καλλιέργειες	36

2.4.3. Αισθητήρες για την μέτρηση της στάθμης του νερού σε υδροπονική καλλιέργεια.....	37
2.4.4. Αισθητήρες ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου για τον εντοπισμό των θρεπτικών συστατικών στις υδροπονικές καλλιέργειες .....	41
2.4.5. Λόγοι για την επιλογή ιοντοεπιλεκτικών αισθητήρων σε υδροπονική καλλιέργεια.....	44
2.4.6. Οι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας στις υδροπονικές καλλιέργειες .....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	51
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ LABVIEW .....	51
3.1. Εισαγωγή.....	51
3.2. Δομή του περιβάλλοντος προγραμματισμού.....	54
3.3. Εφαρμογές.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	63
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ INTERNET ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ.....	63
4.1. Γενικά στοιχεία.....	63
4.2. Εφαρμογές.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	71
ΤΡΟΠΟΣ ΕΙΣΔΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟ LABVIEW .....	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1. Διάφοροι τύποι αισθητήρων</i>	7
<i>Εικόνα 2. Διάφορες τυπολογίες αισθητήρων</i>	11
<i>Εικόνα 3. Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού</i>	16
<i>Εικόνα 4. Αισθητήρας οξυγόνου καυσαερίων</i>	17
<i>Εικόνα 5. Τρόπος λειτουργίας ενός χημικού αισθητήρα</i>	18
<i>Εικόνα 6. Αρχή λειτουργίας βιοαισθητήρων</i>	19
<i>Εικόνα 7. Βασική διάταξη ηλεκτροχημικού αισθητήρα</i>	21
<i>Εικόνα 8. Τυπικά αποτελέσματα μιας ανάλυσης νερού</i>	23
<i>Εικόνα 9. Τυπική εικόνα αισθητήρα θερμοκρασίας νερού</i>	27
<i>Εικόνα 10. Τυπική εικόνα αισθητήρα pH νερού</i>	28
<i>Εικόνα 11. Τυπική εικόνα αισθητήρα αγωγιμότητας νερού</i>	29
<i>Εικόνα 12. Τυπική εικόνα αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου νερού</i>	29
<i>Εικόνα 13. Τυπική εικόνα οπτικού αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου νερού</i>	30
<i>Εικόνα 14. Τυπική εικόνα αισθητήρα οξειδοαναγωγής νερού</i>	31
<i>Εικόνα 15. Αντιπαραβολή αισθητήρων ηλεκτροδίου - οπτοδίου</i>	33
<i>Εικόνα 16. Σύσταση και διαστάσεις εξαρτημάτων ηλεκτροδίου τύπου Clark</i>	34
<i>Εικόνα 17. Εικόνα τυπικού οπτοδίου οξυγόνου</i>	35
<i>Εικόνα 18. Τρόπος λειτουργίας αισθητήρα NDIR</i>	36
<i>Εικόνα 19. Χημικός αισθητήρας CO<sub>2</sub></i>	37
<i>Εικόνα 20. Σύσταση αισθητήρα στάθμης νερού</i>	38
<i>Εικόνα 21. Εικόνα τυπικού αισθητήρα στάθμης νερού</i>	40
<i>Εικόνα 22. Συνοπτική παρουσίαση λειτουργίας ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου</i>	41
<i>Εικόνα 23. Τυπική εικόνα ιοντοεπιλεκτικού αισθητήρα</i>	44
<i>Εικόνα 24. Τυπικός αισθητήρας θερμοκρασίας</i>	46
<i>Εικόνα 25. Εικόνα τυπικού πυρομέτρου</i>	48
<i>Εικόνα 26. Τρόπος λειτουργίας πυρόμετρου</i>	50
<i>Εικόνα 27. Εικονικός μετρητής μαγνητικού πεδίου</i>	52
<i>Εικόνα 28. Μετρητής συχνοτικής απόκρισης</i>	53
<i>Εικόνα 29. Εμπρόσθιο πλαίσιο (front panel) του LabView. Στα αριστερά φαίνεται η παλέτα εργαλείων (Tools) και η παλέτα ελέγχου (Controls)</i>	55
<i>Εικόνα 30. Δομικό διάγραμμα που αντιστοιχεί στο εμπρόσθιο πλαίσιο</i>	55
<i>Εικόνα 31. Παλέτα λειτουργιών και περιεχόμενα της βιβλιοθήκης Numeric και Trigonometric</i>	56
<i>Εικόνα 32. Βασικά μέρη του αναλογικού ενισχυτή στο εμπρόσθιο πλαίσιο και στο διάγραμμα βαθμίδων</i>	57
<i>Εικόνα 33. Συνδέσεις στο δομικό διάγραμμα</i>	58
<i>Εικόνα 34. Εισαγωγή γραφήματος στο εμπρόσθιο πλαίσιο</i>	58
<i>Εικόνα 35. Δομικό διάγραμμα για την παραγωγή ημιτόνου</i>	59
<i>Εικόνα 36. Εμπρόσθιο πλαίσιο για τον εικονικό μετρητή Hall</i>	60
<i>Εικόνα 37. Δημιουργία φασικού διαγράμματος από δύο αρχεία χρονοσειρών</i>	61
<i>Εικόνα 38. Τα δύο πλαίσια της ακολουθίας (sequence) για τη δημιουργία του φασικού διαγράμματος.</i>	62
<i>Εικόνα 39. Εισαγωγή συνθήκης True/ False</i>	72
<i>Εικόνα 40. Έλεγχος τιμής αισθητήρα</i>	73
<i>Εικόνα 41. Έλεγχος Led</i>	74
<i>Εικόνα 42. Έλεγχος κατάστασης Led</i>	74
<i>Εικόνα 43. VISA Configuration Port</i>	75

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αυτοματισμός είναι η διαδικασία της τεχνολογίας για να παρακολουθεί και να ελέγχει την παραγωγή και την παράδοση των προϊόντων και των υπηρεσιών. Στον τομέα της βιομηχανίας, η αυτοματοποίηση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, δεδομένου ότι αυξάνει την παραγωγικότητα, βελτιώνει την ασφάλεια και μειώνει τη δυνατότητα για λάθη που προκύπτουν από χειροκίνητες διαδικασίες. Οι αυτοματοποιημένες λύσεις χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες όπως στα μηχανήματα, στις εγκαταστάσεις κατασκευής, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στις καλλιέργειες και στις μεταφορές και logistics. Οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί σήμερα έχουν δημιουργήσει πολλές από τις τεχνολογικές εξελίξεις, όπως τους αισθητήρες υπερήχων και τους αισθητήρες λέιζερ, διότι όλα αυτά τα είδη των προϊόντων αυτοματισμού δίνουν ευκολία στους ανθρώπους ανάλογα βέβαια και με τον τύπο εργασίας που έχει αναλάβει ο καθένας.

Οι αισθητήρες υπερήχων κερδίζουν τη δημοτικότητα σε μια σειρά από βιομηχανικές εργασίες, καθώς εντοπίζουν με αξιοπιστία τα ιδιαίτερα αντανακλαστικά και διαφανή αντικείμενα. Στους αισθητήρες υπερήχων, τα υπερηχητικά κύματα χρησιμοποιούνται για να επιτρέπουν τη σταθερή ανίχνευση διαφανών αντικειμένων. Αυτοί έχουν αποδεδειγμένη αξιοπιστία για την ακρίβειά τους σε πολλές βιομηχανίες και εφαρμογές, όπως ξυλεία και έπιπλα, κατασκευή υλικών και εξοπλισμού, γεωργικό εξοπλισμό, εφαρμογές ελέγχου, κ.λπ. Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν καλά για εφαρμογές που απαιτούν ακριβείς μετρήσεις μεταξύ των σταθερών και κινούμενων αντικειμένων. Τα πλεονεκτήματα των αισθητήρων υπερήχων είναι ότι επηρεάζονται λιγότερο από τα υλικά – στόχους και τις επιφάνειες, και δεν επηρεάζονται από το χρώμα.

Οι αισθητήρες λέιζερ είναι λύσεις ακριβείας για τη μεταποιητική βιομηχανία. Οι βιομηχανικές εφαρμογές απαιτούν από τους αισθητήρες λέιζερ τη μέτρηση μιας διάστασης και να μετρήσουν το αντικείμενο ή υλικό σε σχέση με μία επιφάνεια αναφοράς. Οι αισθητήρες λέιζερ χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία για την επαλήθευση του μήκους, πλάτους και πάχους. Οι αισθητήρες λέιζερ μπορεί να είναι ιδανικοί για την αποφυγή σύγκρουσης, ανίχνευση προσέγγισης, μέτρηση στάθμης για υγρά και στερεά, την τοποθέτηση και την παρακολούθηση του εξοπλισμού ή ακόμα



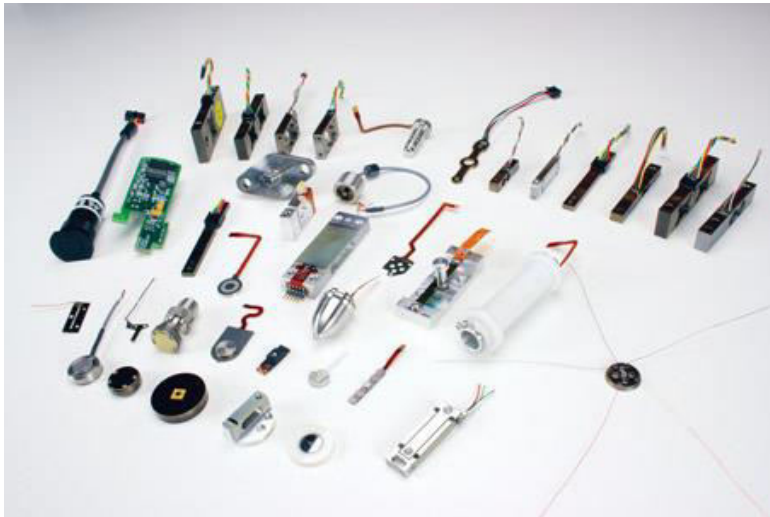
και εφαρμογές υψόμετρου. Αυτοί χρησιμοποιούνται όταν πρόκειται να ανιχνευθούν μικρά αντικείμενα ή ακριβείς θέσεις. Έχουν σχεδιαστεί και για αισθητήρες πορείας, φωτοκύτταρα ανάκλασης ή διάχυτη ανάκλαση.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε την έννοια των αισθητήρων γενικότερα. Τι τύπου αισθητήρες μπορούμε να συναντήσουμε γενικά στο εμπόριο, ποιος είναι ο ρόλος τους σε γενικές γραμμές, ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους και ποια τα μειονεκτήματα. Θα δούμε επίσης τους περισσότερο χρησιμοποιούμενους αισθητήρες και θα καταλήξουμε στα είδη των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στις διάφορων τύπων καλλιέργειες.

### 1.1. Γενικά για τους αισθητήρες



Εικόνα 1. Διάφοροι τύποι αισθητήρων

Οι αισθητήρες είναι εξελιγμένες συσκευές που χρησιμοποιούνται συχνά για να ανιχνεύσουν και να ανταποκριθούν σε ηλεκτρικά ή οπτικά σήματα. Ένας αισθητήρας μετατρέπει τη φυσική παράμετρο (για παράδειγμα: την

θερμοκρασία, την αρτηριακή πίεση, την υγρασία, την ταχύτητα, κ.λπ.) σε ένα σήμα που μπορεί να μετρηθεί ηλεκτρικά. Ας εξηγήσουμε το παράδειγμα της θερμοκρασίας. Ο υδράργυρος στο θερμομέτρο γυαλιού, διαστέλλει και συστέλλει το υγρό για να

μετατρέψει τη μετρημένη θερμοκρασία που μπορεί να διαβαστεί από ένα άτομο στον βαθμονομημένο γυάλινο σωλήνα.

Υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν θα επιλέξει κανείς ένα αισθητήρα. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

1. Η Ακρίβεια
2. Η περιβαλλοντική κατάσταση – συνήθως έχει όρια θερμοκρασίας/ υγρασίας
3. Το φάσμα όριο μέτρησης του αισθητήρα
4. Η βαθμονόμηση – Ουσιαστική για τις περισσότερες από τις συσκευές μέτρησης, καθώς ο τρόπος με τον οποίο διαβάζεται κάτι αλλάζει με τον καιρό
5. Ανάλυση – Μικρότερη προσαύξηση ανιχνεύεται από τον αισθητήρα
6. Κόστος
7. Επαναληψιμότητα – Η ανάγνωση, η οποία ποικίλλει, μετράται επανειλημμένως στο ίδιο περιβάλλον.

Οι αισθητήρες κατατάσσονται στα ακόλουθα κριτήρια:

1. Κύρια ποσότητα εισόδου (μετρητέα)
2. Αρχές μεταγωγής (Χρησιμοποιώντας φυσικές και χημικές επιδράσεις)
3. Υλικό και Τεχνολογία
4. Ιδιότητα
5. Εφαρμογή

Η αρχή μεταγωγής είναι τα βασικά κριτήρια που ακολουθούνται για την αποτελεσματική προσέγγιση. Συνήθως, τα κριτήρια υλικών και τεχνολογίας έχουν επιλεγεί από την ομάδα ανάπτυξης των μηχανικών.

Η κατάταξη με βάση την ιδιότητα γίνεται ως κάτωθι:

1. Θερμοκρασία – θερμίστορες, θερμοστοιχεία και πολλά άλλα.
2. Πίεση – οπτικές ίνες, κενό, μανόμετρα με βάση ελαστικό υγρό, κ.λπ.
3. Ροή – Ηλεκτρομαγνητική, διαφορικής πίεσης, μετατόπισης θέσης, θερμικής μάζας, κ.λπ.
4. Αισθητήρες Επίπεδου – διαφορικής πίεσης, υπερήχων ραδιοσυχνοτήτων, ραντάρ, θερμικής μετατόπισης, κ.λπ.
5. Εγγύτητα και μετατόπιση – φωτοηλεκτρική, χωρητική, μαγνητική, με υπερήχους.
6. Βιοαισθητήρες – αντηχητικό κάτοπτρο, ηλεκτροχημικός, επιφάνεια συντονισμού Plasma, ποτενσιομετρικός προσπελάσιμος από φως.
7. Εικόνας
8. Φυσικού αερίου και χημικών – ημιαγωγός, υπερύθρων, αγωγιμότητας Ηλεκτροχημικός.
9. Επιτάχυνση – Γυροσκόπιο, επιταχυνσιόμετρο.
10. Άλλα – Υγρασία, αισθητήρας υγρασίας, αισθητήρας ταχύτητας, μάζας, αισθητήρας κλίσης, δύναμης, το ιξώδους.

Η κατάταξη με βάση την εφαρμογή είναι όπως δίνεται παρακάτω:

- Ελέγχου βιομηχανικής διαδικασίας, μέτρησης και αυτοματισμού
- Μη-βιομηχανικής χρήσης σε αεροσκάφη, ιατρικά προϊόντα, αυτοκίνητα, ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, και άλλους τύπους αισθητήρων.

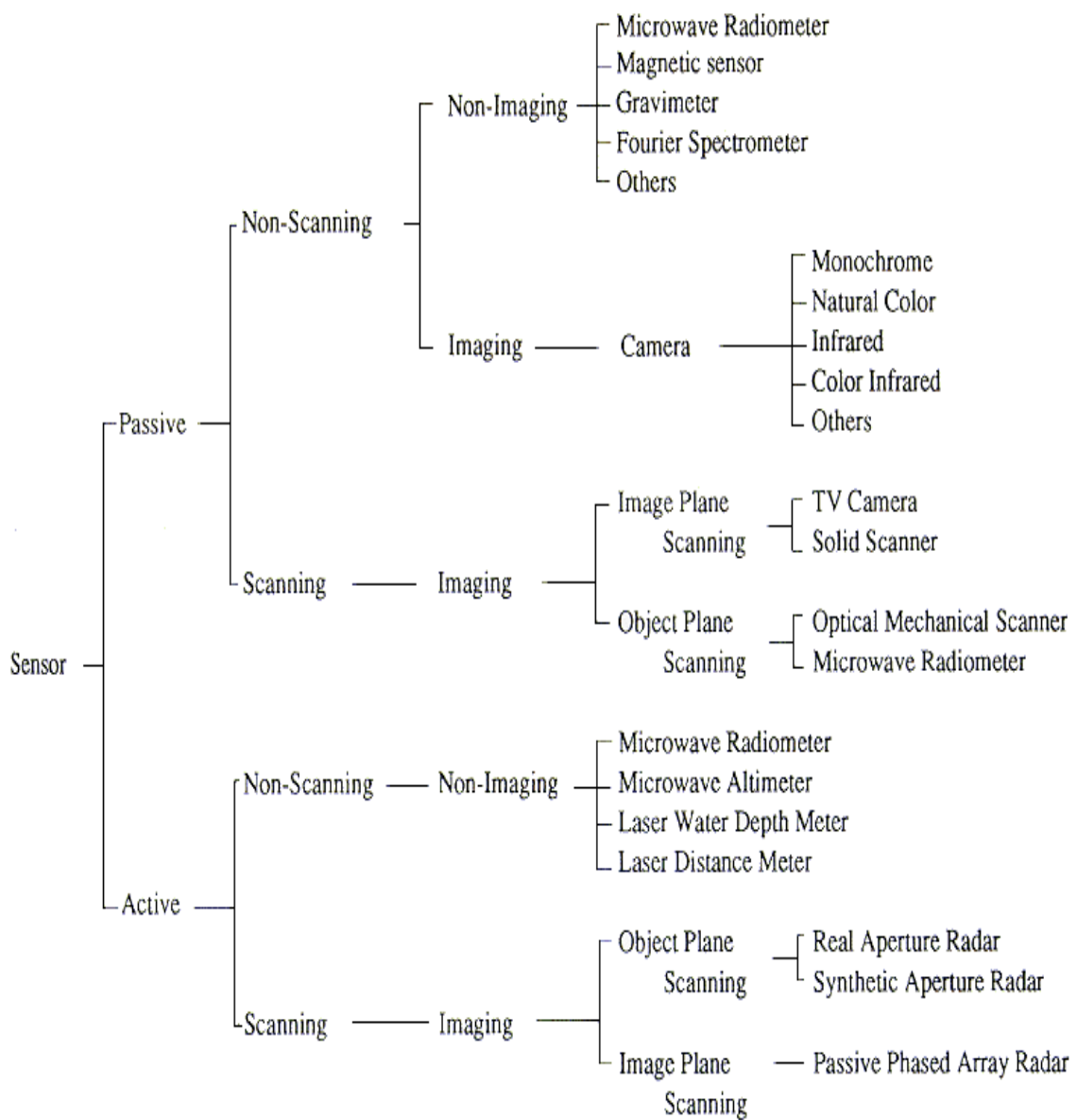
Οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την ισχύ ή την απαίτηση παροχής ενέργειας των αισθητήρων:

- Ενεργός αισθητήρας: Οι αισθητήρες που απαιτούν τροφοδοσία ρεύματος, ονομάζονται ενεργοί αισθητήρες.
- Παθητικός αισθητήρας: Οι αισθητήρες που δεν απαιτούν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζονται παθητικοί αισθητήρες.

Υπό τις σημερινές και μελλοντικές εφαρμογές, οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε ομάδες ως εξής:

- Επιταχυνσιόμετρα - Αυτά βασίζονται στην τεχνολογία μικροηλεκτρομηχανικού αισθητήρα.
- Βιοαισθητήρες - Αυτοί βασίζονται στην ηλεκτροχημική τεχνολογία.
- Αισθητήρες Εικόνας - Αυτοί βασίζονται στην τεχνολογία CMOS. Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, τη χρήση βιομετρικών στοιχείων, την κυκλοφορία και την εποπτεία της ασφάλειας και της απεικόνισης του υπολογιστή.
- Ανιχνευτές Κίνησης - Αυτοί βασίζονται στην υπέρυθη ακτινοβολία, στους υπερήχους, και την τεχνολογία μικροκυμάτων/ ραντάρ. Χρησιμοποιούνται σε βιντεοπαιχνίδια και προσομοιώσεις, στην ενεργοποίηση φωτός και στην ανίχνευση ασφαλείας (Vetelino&Reghu, 2010, Webster, 1999, Sinclair, 2000).

Στην επόμενη σελίδα μπορούμε να δούμε μια τυπική διάκριση των αισθητήρων.



Εικόνα 2. Διάφορες τυπολογίες αισθητήρων

## 1.2. Ταξινόμηση των σφαλμάτων μέτρησης

Ένας καλός αισθητήρας υπακούει στους ακόλουθους κανόνες:

- Είναι ευαίσθητος στην μετρούμενη ιδιότητα και μόνο
- Δεν είναι ευαίσθητος σε κάθε άλλη ιδιότητα που ενδέχεται να συναντήσει κατά την εφαρμογή του
- Δεν επηρεάζει τη μετρούμενη ιδιότητα

Οι ιδανικοί αισθητήρες έχουν σχεδιαστεί για να είναι γραμμικοί ή γραμμικοί ως προς κάποια απλή μαθηματική συνάρτηση μέτρησης, τυπικά λογαριθμική. Η έξοδος ενός τέτοιου αισθητήρα είναι ένα αναλογικό σήμα και γραμμικά ανάλογο με την αξία ή την απλή συνάρτηση της μετρούμενης ιδιοκτησίας (Καλοβρέκτης&Κατέβας, 2012: 78). Η ευαισθησία στη συνέχεια ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ του σήματος εξόδου και της μετρούμενης ιδιότητας. Για παράδειγμα, εάν ένας αισθητήρας μετρά την θερμοκρασία και έχει έξοδο τάσης, η ευαισθησία είναι μία σταθερά με μονάδα V/K. Ο αισθητήρας αυτός είναι γραμμικός, επειδή η αναλογία είναι σταθερή σε όλα τα σημεία μέτρησης.

Για να τεθεί σε επεξεργασία ή χρήση σε ψηφιακό εξοπλισμό, ένας αισθητήρας αναλογικού σήματος, αυτό θα πρέπει να μετατραπεί σε ένα ψηφιακό σήμα, με τη χρήση ενός μετατροπέα αναλογικού προς ψηφιακό.

### 1.2.1. Αποκλίσεις αισθητήρων

Εάν ο αισθητήρας δεν είναι ιδανικός, μπορούν να παρατηρηθούν διάφοροι τύποι αποκλίσεων όπως:

- Η ευαισθησία μπορεί να διαφέρει στην πράξη από την καθορισμένη τιμή. Αυτό ονομάζεται σφάλμα ευαισθησίας, αλλά ο αισθητήρας είναι ακόμη γραμμικός.
- Δεδομένου ότι το φάσμα του σήματος εξόδου είναι πάντα περιορισμένο, το σήμα εξόδου θα φτάσει τελικά στο ελάχιστο ή στο μέγιστο όταν η μετρούμενη ιδιότητα υπερβαίνει τα όρια. Το εύρος πλήρους κλίμακας καθορίζει τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της μετρούμενης ιδιότητας.
- Εάν το σήμα εξόδου δεν είναι μηδέν, όταν η μετρούμενη ιδιότητα είναι μηδέν, ο αισθητήρας έχει ένα αντιστάθμισμα. Αυτό ορίζεται ως η έξοδος του αισθητήρα σε μηδενική είσοδο.
- Εάν η ευαισθησία δεν είναι σταθερή σε όλο το εύρος του αισθητήρα, αυτό ονομάζεται μη γραμμικότητα. Συνήθως αυτό ορίζεται από το ποσό η έξοδος διαφέρει από την ιδανική συμπεριφορά σε όλο το εύρος του αισθητήρα, που συχνά σημειώνεται ως ποσοστό του πλήρους φάσματος.
- Εάν η απόκλιση προκαλείται από μια ταχεία μεταβολή της μετρούμενης ιδιότητας με την πάροδο του χρόνου, υπάρχει ένα δυναμικό σφάλμα. Συνήθως, αυτή η συμπεριφορά περιγράφεται με ένα προσχέδιο που παρουσιάζει το σφάλμα της ευαισθησίας και την μετατόπιση φάσης ως συνάρτηση της συχνότητας ενός περιοδικού σήματος εισόδου.
- Εάν το σήμα εξόδου αλλάζει αργά ανεξάρτητα από την μετρούμενη ιδιότητα, αυτό ορίζεται ως εκτροπή.
- Η μακροπρόθεσμη μεταβολή συνήθως δείχνει μια αργή υποβάθμιση των ιδιοτήτων του αισθητήρα πάνω σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.



- Ο θόρυβος είναι μια τυχαία απόκλιση του σήματος που μεταβάλλεται στο χρόνο.
- Η υστέρηση είναι ένα σφάλμα που προκαλείται όταν η μετρούμενη ιδιότητα αντιστρέφει την κατεύθυνση, αλλά υπάρχει κάποια πεπερασμένη υστέρηση στο χρόνο για τον αισθητήρα ώστε να ανταποκριθεί, δημιουργώντας μια διαφορετική αντιστάθμιση σφάλματος σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση από ό, τι στην άλλη.
- Αν ο αισθητήρας έχει ψηφιακή έξοδο, η έξοδος είναι ουσιαστικά μια προσέγγιση της μετρούμενης ιδιότητας. Το σφάλμα προσέγγισης επίσης ονομάζεται σφάλμα ψηφιοποίησης.
- Εάν το σήμα παρακολουθείται ψηφιακά, ο περιορισμός της συχνότητας δειγματοληψίας μπορεί επίσης να προκαλέσει δυναμικό λάθος, ή εάν η μεταβλητή ή ο προστιθέμενος θόρυβος αλλάξει περιοδικά σε μία συχνότητα κοντά σε ένα πολλαπλάσιο του ρυθμού δειγματοληψίας μπορεί να προκαλέσει σφάλματα παραποίησης.
- Ο αισθητήρας μπορεί σε κάποιο βαθμό να είναι ευαίσθητος σε ιδιότητες, εκτός από την ιδιότητα που μετράται. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι αισθητήρες επηρεάζονται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος τους.

Όλες αυτές οι αποκλίσεις μπορούν να ταξινομηθούν ως συστηματικά ή τυχαία σφάλματα. Τα συστηματικά σφάλματα μπορούν μερικές φορές να αντισταθμιστούν με τη βοήθεια κάποιου είδους στρατηγικής βαθμονόμησης. Ο θόρυβος είναι ένα τυχαίο σφάλμα που μπορεί να μειωθεί με επεξεργασία του σήματος, όπως το φιλτράρισμα, συνήθως σε βάρος της δυναμικής συμπεριφοράς του αισθητήρα (Yamasaki, 1996, Λουτρίδης, 2008).

### **1.2.2. Ανάλυση**

Η ανάλυση του αισθητήρα είναι η μικρότερη αλλαγή που μπορεί να ανιχνεύσει στην ποσότητα που μετρά. Συχνά σε μια ψηφιακή οθόνη, το λιγότερο σημαντικό ψηφίο θα παρουσιάσει διακυμάνσεις, που δείχνουν ότι οι αλλαγές αυτού του μεγέθους έχουν μόλις αναλυθεί. Η ανάλυση σχετίζεται με την ακρίβεια με την οποία γίνεται η μέτρηση. Για παράδειγμα, ένας ανιχνευτής σάρωσης σήραγγας (μια λεπτή άκρη κοντά σε μια επιφάνεια συλλέγει ένα ρεύμα ηλεκτρονίων σηράγγων) μπορεί να αναλύσει τα άτομα και τα μόρια (Λουτρίδης, 2008: 92).

### **1.3. Ενδεικτικοί τύποι αισθητήρων**

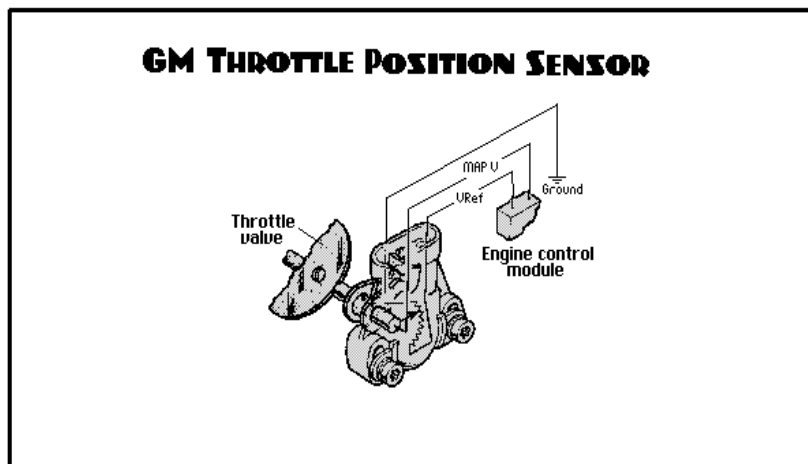
Στην φάση αυτή μπορούμε να αναφέρουμε τις βασικές κατηγορίες αισθητήρων και στην συνέχεια μπορούμε να αναφερθούμε σε ορισμένους ενδεικτικούς τύπους.

Οι βασικές κατηγορίες είναι:

- Επιτάχυνσης/ Δόνησης
- Ακουστικοί/ Υπερήχων
- Χημικοί/ Αερίου
- Ηλεκτρικοί/ Μαγνητικοί
- Ροής
- Δύναμης/ Φορτίου/ Ροπής/ Καταπόνησης
- Υγρασίας
- Διαρροής/ Επίπεδου

- Τεχνητής Όρασης
- Οπτικοί
- Κίνησης/ Ταχύτητας/ Κυβισμού
- Θέσης/ Παρουσίας/ Εγγύτητας
- Πίεσης
- Θερμοκρασίας

### 1.3.1. Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού



Εικόνα 3. Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού

Οι αισθητήρες θέσης πεντάλ γκαζιού γνωστοποιούν στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κάθε φορά πόσο «ανοιχτό» είναι το γκάζι και κατά πόσο σκληρά ο χρήστης το πιέζει. Η ηλεκτρονική μονάδα

ελέγχου χρησιμοποιεί τις γνώσεις της για την θέση του πεντάλ γκαζιού, για τον έλεγχο της τροφοδοσίας καυσίμου και του χρονισμού ανάφλεξης. Για παράδειγμα, κάτω από ένα βαρύ γκάζι, η χρονική στιγμή σπινθήρα συνήθως θα προχωρήσει πέρα από ότι το κάτω ελαφρύ γκάζι.

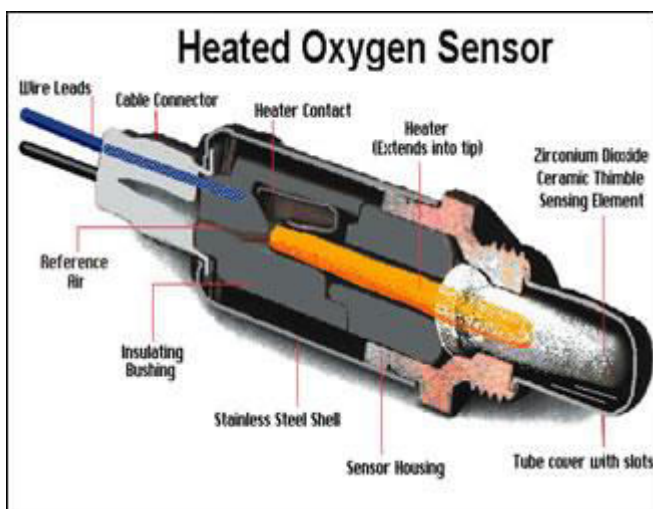
Δύο κοινές τεχνολογίες θέσης πεντάλ γκαζιού είναι η ποτενσιομετρική και η φαινομένου Hall. Η ποτενσιομετρική χρησιμοποιεί ένα ποτενσιόμετρο, που είναι μια μεταβλητή αντίσταση. Ακριβώς όπως ο διακόπτης του ήχου σε ένα ραδιόφωνο, η αντίσταση του ποτενσιόμετρου αλλάζει καθώς ο κεντρικά τοποθετημένος άξονας

περιστρέφεται. Όταν ρεύμα περνάει διαμέσου του ποτενσιομετρικού αισθητήρα, αυτή η μεταβολή στην αντίσταση μετατρέπεται σε μια μεταβολή στην τάση η οποία είναι ανάλογη με τη θέση του πεντάλ γκαζιού. Αυτή είναι αναλογική τάση (Gardner, 2000: 59).

Ένας αισθητήρας θέσης γκαζιού θέσης φαινομένου Hall, μερικές φορές αποκαλείται ανέπαφος αισθητήρας θέσης περιστροφής, επειδή, σε αντίθεση με τον ποτενσιομετρικό αισθητήρα, δεν χρησιμοποιεί σκληρές επαφές. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερα γραμμικά ολοκληρωμένα κυκλώματα φαινομένου Hall (IC) για να ανιχνεύει την περιστροφή των πολλαπλών μαγνητών. Στην απλούστερη μορφή της, δύο μαγνήτες αντίθετης πολικότητας μπορούν να τοποθετηθούν στις απέναντι πλευρές ενός περιστρεφόμενου μαγνητικού περιβλήματος, με το γραμμικό ολοκληρωμένο κύκλωμα φαινομένου Hall στη μέση. Όταν οι μαγνήτες περιστρέφονται γύρω από τον αισθητήρα, το πεδίο που βλέπει ο αισθητήρας είναι μια ημιτονοειδής συνάρτηση της γωνίας περιστροφής, και ο αισθητήρας παρέχει μια λογομετρική έξοδο τάσης ως συνάρτηση αυτής της γωνίας (Gardner, 2000: 61).

Επειδή ένας αισθητήρας θέσης γκαζιού φαινομένου Hall δεν έχει σκληρές επαφές για να φθαρεί, συνήθως παρουσιάζει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από ότι ένας ποτενσιομετρικός αισθητήρας θέσης γκαζιού. Σε πολλές περιπτώσεις, η διάρκεια ζωής ενός αισθητήρα θέσης γκαζιού φαινομένου Hall μπορεί να μετρηθεί σε πάρα πολλές ενέργειες.

### 1.3.2. Αισθητήρες οξυγόνου καυσαερίων



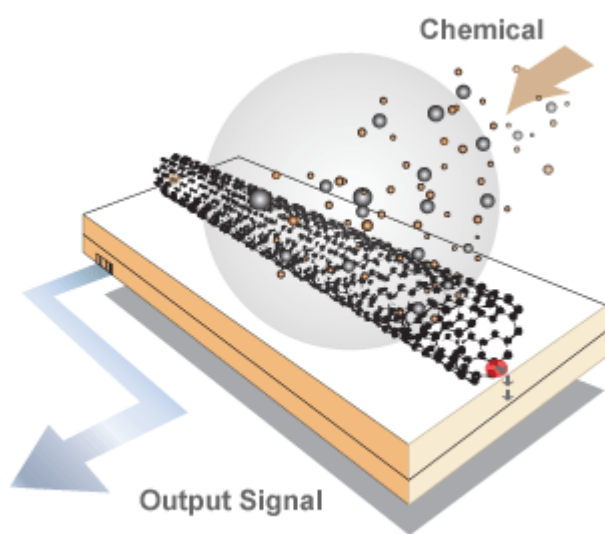
Εικόνα 4. Αισθητήρας οξυγόνου καυσαερίων

Οι αισθητήρες οξυγόνου καυσαερίων τοποθετούνται μέσα στο σύστημα εξάτμισης του κινητήρα. Η ποσότητα του οξυγόνου στο καυσαέριο δείχνει εάν ή όχι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κατεύθυνε το σύστημα παροχής καυσίμου για να παρέχει τη σωστή αναλογία αέρα προς καύσιμο. Εάν η σχετική ποσότητα του αέρα είναι

υπερβολικά υψηλή ή υπερβολικά χαμηλή, η ισχύς του κινητήρα, η ομαλότητα, η αποδοτικότητα των καυσίμων και των εκπομπών, θα αντιμετωπίσουν προβλήματα.

Ο πιο κοινός τύπος του αισθητήρα οξυγόνου καυσαερίων είναι «τύπου φυσιγγίου». Εδώ, ένα εσωτερικό ηλεκτρόδιο περιβάλλεται από ατμοσφαιρικό αέρα, με ένα εξωτερικό ηλεκτρόδιο που περιβάλλεται από το αέριο της εξάτμισης. Το εξωτερικό ηλεκτρόδιο κατασκευάζεται από ζirkόνια ή τιτάνια και θερμαίνεται από ένα κεραμικό θερμαντήρα. Αυτό το είδος του αισθητήρα δημιουργεί μία τάση η οποία είναι ανάλογη προς τη διαφορά στη συγκέντρωση του οξυγόνου μεταξύ του καυσαερίου και του ατμοσφαιρικού αέρα. Η ποσότητα του οξυγόνου στο καυσαέριο μπορεί επομένως να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας αυτή την αναλογική τάση (Καλαϊτζάκης, Κουτρούλης, 2010: 105).

### 1.3.3. Χημικοί αισθητήρες



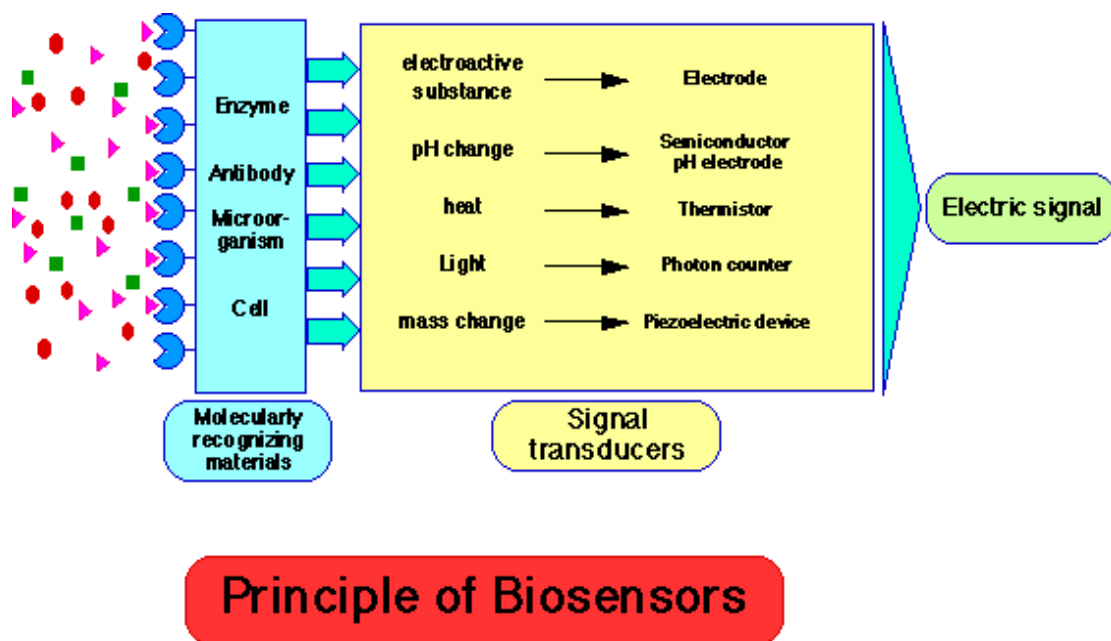
Εικόνα 5. Τρόπος λειτουργίας ενός χημικού αισθητήρα

Ένας χημικός αισθητήρας είναι μια αυτοτελής συσκευή ανάλυσης που μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη χημική σύνθεση του περιβάλλοντός της, δηλαδή, μια υγρή ή μια αέρια φάση. Οι πληροφορίες παρέχονται υπό τη μορφή ενός μετρήσιμου φυσικού σήματος που συσχετίζεται με τη συγκέντρωση ορισμένων χημικών ειδών (και συχνά ονομάζεται ως αναλύτης). Δύο κύρια στάδια εμπλέκονται στη λειτουργία ενός χημικού αισθητήρα, δηλαδή, η

αναγνώριση και η μεταγωγή. Στο στάδιο αναγνώρισης, ο αναλύτης μορίων αλληλεπιδρά εκλεκτικά με μόρια υποδοχέα ή περιοχές που περιλαμβάνονται στη δομή του στοιχείου αναγνώρισης του αισθητήρα. Κατά συνέπεια, μια χαρακτηριστική φυσική παράμετρος ποικίλει και αυτή η παραλλαγή αναφέρεται μέσω ενός ολοκληρωμένου μετατροπέα που παράγει το σήμα εξόδου. Ένας χημικός αισθητήρας που βασίζεται στο υλικό αναγνώρισης της βιολογικής φύσης είναι ένας βιοαισθητήρας. Ωστόσο, δεδομένου ότι τα συνθετικά βιομιμητικά υλικά πρόκειται να αντικαταστήσουν, ως ένα σημείο, τα βιοϋλικά αναγνώρισης, μια σαφής διάκριση μεταξύ ενός βιοαισθητήρα και ενός πρότυπου χημικού αισθητήρα είναι περιττή. Τα τυπικά βιομιμητικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη των αισθητήρων είναι τα μοριακά αποτυπωμένα πολυμερή και απταμερή (Eggins, 2008: 73).

### 1.3.4. Βιοαισθητήρες

Στη βιοϊατρική και τη βιοτεχνολογία, οι αισθητήρες που ανιχνεύουν αναλύτες χάρη σε ένα βιολογικό συστατικό, όπως κύτταρα, πρωτεΐνες, νουκλεϊκό οξύ ή βιομμητικά πολυμερή, ονομάζονται βιοαισθητήρες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας μη-βιολογικός αισθητήρας, ακόμη και οργανικός, για τους βιολογικούς αναλύτες αναφέρεται ως αισθητήρας ή νανοαισθητήρας. Αυτή η ορολογία εφαρμόζεται τόσο για *in vitro* όσο και για *in vivo* εφαρμογές. Η ενθυλάκωση του βιολογικού συστατικού σε βιοαισθητήρες παρουσιάζει ένα ελαφρώς διαφορετικό πρόβλημα από εκείνα στους συνήθεις αισθητήρες. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με τη βοήθεια ενός ημιπερατού φράγματος, όπως μία μεμβράνη διαπίδυσης ή υδρογέλης, ή μια 3D μήτρα πολυμερούς, που είτε φυσικά περιορίζουν το μακρομόριο αίσθησης ή χημικώς περιορίζει το μακρομόριο συνδέοντάς το με το ικρίωμα.



Εικόνα 6. Αρχή λειτουργίας βιοαισθητήρων

Κάθε βιοαισθητήρας περιλαμβάνει:

- Ένα βιολογικό συστατικό που δρα ως αισθητήρας
- Ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα που ανιχνεύει και μεταδίδει το σήμα

*Τα σπουδαιότερα στοιχεία του βιοαισθητήρα.*

Μία ποικιλία ουσιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοστοιχεία σε έναν βιοαισθητήρα. Παραδείγματα αυτών περιλαμβάνουν :

- Νουκλεϊκά οξέα
- Πρωτεΐνες συμπεριλαμβανομένων ενζύμων και αντισωμάτων. Τα αντισώματα που βασίζονται οι βιοαισθητήρες ονομάζεται επίσης ανοσοαισθητήρες.
- Οι φυτικές πρωτεΐνες ή λεκτίνες
- Σύνθετα υλικά, όπως φέτες ιστού, μικροοργανισμοί και οργανίδια.

Το σήμα που παράγεται όταν ο αισθητήρας αλληλεπιδρά με τον αναλύτη μπορεί να είναι ηλεκτρικό, οπτικό ή θερμικό. Στη συνέχεια μετατρέπεται με τη βοήθεια ενός κατάλληλου μορφοτροπέα σε μια μετρήσιμη ηλεκτρική παράμετρο – συνήθως ένα ρεύμα ή η τάση.

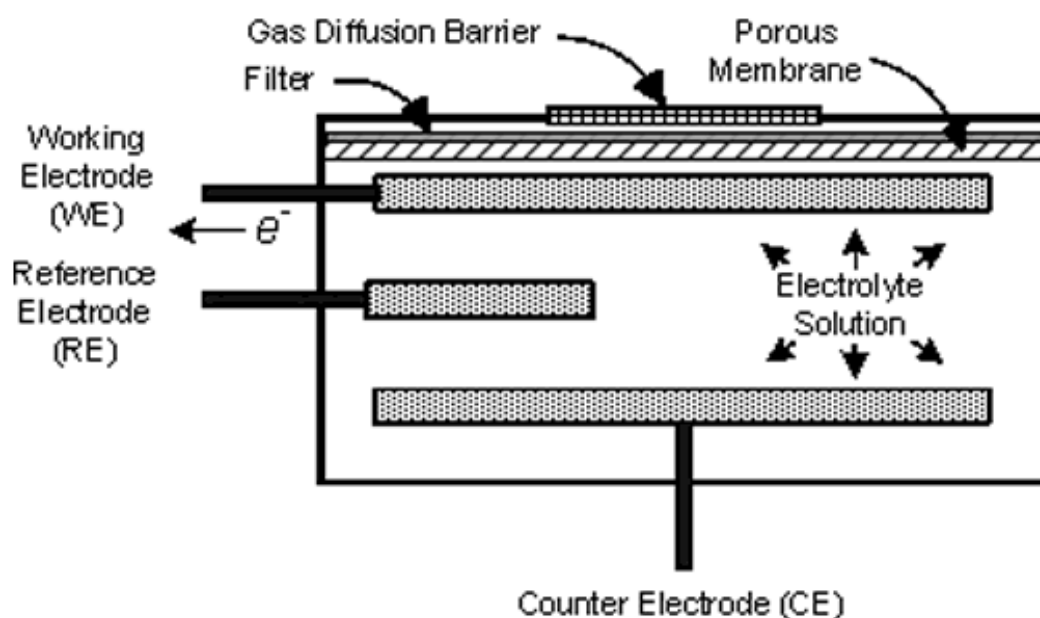
*Εφαρμογές*

Οι ανιχνευτές βιοαισθητήρα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκοι, κυρίως λόγω του συνδυασμού δυο τεχνολογικών τομέων τομέων: της μικροηλεκτρονικής και της βιοτεχνολογίας. Οι βιοαισθητήρες είναι εξαιρετικά πολύτιμες συσκευές για τη μέτρηση ενός ευρέως φάσματος αναλυτών συμπεριλαμβανομένων οργανικών ενώσεων, αερίων, ιόντων και τα βακτηρίων (Eggins, 2008: 132).



### 1.3.5. Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες

Ο σκοπός ενός χημικού αισθητήρα είναι να παρέχει σε πραγματικό χρόνο αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη χημική σύνθεση του περιβάλλοντός του. Ιδανικά, μία τέτοια συσκευή είναι ικανή να ανταποκρίνεται συνεχώς και αντιστρεπτά και δεν διαταράσσει το δείγμα. Τέτοιες συσκευές αποτελούνται από ένα στοιχείο μορφοτροπής που καλύπτεται με ένα βιολογικό ή χημικό στρώμα αναγνώρισης. Στην περίπτωση των ηλεκτροχημικών αισθητήρων, η αναλυτική πληροφόρηση λαμβάνεται από το ηλεκτρικό σήμα που προκύπτει από την αλληλεπίδραση του αναλύτη στόχου και του στρώματος αναγνώρισης.



Εικόνα 7. Βασική διάταξη ηλεκτροχημικού αισθητήρα

Διαφορετικές ηλεκτροχημικές συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το έργο της παρακολούθησης του περιβάλλοντος (ανάλογα με τη φύση του αναλύτη, το χαρακτήρα του υλικού του δείγματος, και τις απαιτήσεις ευαισθησίας ή της επιλεκτικότητας). Οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές εμπίπτουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (σύμφωνα με τη φύση του ηλεκτρικού σήματος): τους αμπερομετρικούς αισθητήρες και τους ποτενσιομετρικούς αισθητήρες.

Ο αμπερομετρικός αισθητήρας βασίζεται στην ανίχνευση ηλεκτροδραστικών ειδών που εμπλέκονται στη διαδικασία χημικής ή βιολογικής αναγνώρισης. Η διαδικασία μεταγωγής σήματος επιτυγχάνεται με τον έλεγχο του δυναμικού του ηλεκτροδίου εργασίας σε μία σταθερή τιμή (σε σχέση με ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς) και στην παρακολούθηση του ρεύματος ως μία συνάρτηση του χρόνου. Το εφαρμοζόμενο δυναμικό χρησιμεύει ως κινητήρια δύναμη για την αντίδραση μεταφοράς ηλεκτρονίων των ηλεκτροενεργών ειδών. Το προκύπτον ρεύμα είναι ένα άμεσο μέτρο του ρυθμού της αντίδρασης μεταφοράς ηλεκτρονίων. Αντανακλά έτσι το ρυθμό αναγνώρισης, και είναι ανάλογο προς τη συγκέντρωση του αναλύτη-στόχου.

Στον ποτενσιομετρικό αισθητήρα, η αναλυτική πληροφορία λαμβάνεται από τη μετατροπή της διαδικασίας αναγνώρισης σε ένα δυναμικό σήμα, το οποίο είναι ανάλογο (με λογαριθμικό τρόπο) προς τη συγκέντρωση (δραστικότητα) των ειδών που παράγονται ή καταναλώνονται σε περίπτωση αναγνώρισης. Τέτοιες συσκευές βασίζονται στη χρήση των εκλεκτικών ηλεκτροδίων ιόντων για την παραγωγή δυναμικού σήματος. Μια επιλεκτικής διαπερατότητας αγωγίμου ιόντος (τοποθετείται στο άκρο του ηλεκτροδίου) έχει σχεδιαστεί για να δώσει ένα δυναμικό σήμα που οφείλεται κατά κύριο λόγο στα ιόντα στόχους. Τέτοια απόκριση μετράται υπό συνθήκες ουσιαστικά μηδενικού ρεύματος. Οι ποτενσιομετρικοί αισθητήρες είναι πολύ ελκυστικοί για τις εργασίες πεδίου λόγω της υψηλής επιλεκτικότητας τους, της απλότητας και του χαμηλού κόστους. Είναι, ωστόσο, λιγότερο ευαίσθητοι και συχνά πιο αργοί από τους αμπερομετρικούς. Στο παρελθόν, οι ποτενσιομετρικές συσκευές έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτερα, αλλά και η αυξανόμενη ποσότητα της έρευνας σχετικά με τους αμπερομετρικούς ανιχνευτές θα πρέπει να αλλάξει σταδιακά την ισορροπία αυτή (Janata, 2010, Regtien, 2012, Fraden, 2010).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΝΕΡΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθούμε στο ουσιαστικό περιεχόμενο της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, δηλαδή στους αισθητήρες ανάλυσης νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες. Θα δούμε ποια είναι η χρησιμότητα τους, ποια η λειτουργία τους, την εσωτερική τους διάταξη και όλα τα υπόλοιπα δεδομένα που τους καθιστούν τόσο σημαντικούς.

#### 2.1. Η ανάλυση του νερού

PARAMETER	UNITS	RESULTS
Conductivity	uS/cm	442
PH	-	7.5
Nitrate	mg NO <sub>3</sub> /L	17
Sulphate	mg SO <sub>4</sub> /L	<5
Chloride	mg Cl/L	14
Sodium	mg Na/L	7
Potassium	mg K/L	0.3
Calcium	mg Ca/L	92
Iron	mg Fe/L	<0.02
Copper	mg Cu/L	<0.01
Zinc	mg Zn/L	<0.01

Εικόνα 8. Τυπικά αποτελέσματα μιας ανάλυσης νερού

Ένας αριθμός παραμέτρων μπορεί να προσδιοριστεί στο χώρο με συμβατικά μέτρα. Παραδείγματα τέτοιων παραμέτρων είναι η οξύτητα (pH), η αγωγιμότητα, η θερμοκρασία (βαθμοί Κελσίου), το δυναμικό οξειδοαναγωγής, οι συγκεντρώσεις οξυγόνου και ροής (m<sup>3</sup>/h). Ωστόσο, οι επιλεκτικές μετρήσεις των ειδικών ιόντων, των μετάλλων και των αλάτων, δεν μπορούν να εκτελεστούν επί τόπου. Προκειμένου να είναι κανείς σε θέση να μετρήσει αυτές τις

παραμέτρους, τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται στο εργαστήριο, που πρόκειται να αναλυθούν. Για τις παραμέτρους που πρέπει να καθοριστούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λυμάτων, όπως το BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο), το COD (χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο), το Nkj (άζωτο Kjeldahl), τα αιωρούμενα στερεά, ή τα βαρέα μέταλλα, τα δείγματα πρέπει επίσης να αναλυθούν. Για μικροβιακές

διεργασίες που μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση, ο αριθμός των μονάδων σχηματισμού αποικιών (CFU) πρέπει να προσδιοριστεί. Σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει κανείς να μετράει και να καταγράφει την μικροβιακή δραστηριότητα. Οι μύκητες, τα βακτήρια και οι ιοί πρέπει να μετρώνται χωριστά, αν και ο συνολικός αριθμός CFU δεν αρκεί. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου προσδιορισμού είναι οι αναλύσεις της λεγιονέλλας (Nollet & De Gelder, 2007: 55).

### **2.1.1. Παραδείγματα κλάδων και διεργασιών, που συχνά απαιτούν αναλύσεις νερού**

Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Λυμάτων – ώστε να καθοριστεί και να επαληθευτεί η τιμή εναπόθεσης και οι εισφορές εναπόθεσης και για τον έλεγχο της εναπόθεσης των επικίνδυνων ουσιών.
- Υδροδότησης λέβητα – για τον προσδιορισμό της καθαρότητας, των συγκεντρώσεων οξυγόνου και διοξειδίου του πυριτίου του νερού τροφοδοσίας.
- Υδάτων τροφοδοσίας γεωργικών καλλιεργειών – προσδιορισμός των θρεπτικών ουσιών και της μικροβιακής δραστηριότητας. Επαναχρησιμοποίηση και έλεγχος αποτελεσματικότητα των οξονιστηρών και των μονάδων απολύμανσης υπερϊώδους. Προσδιορισμός των υπολοίπων ιόντων.
- Νερού ψύξης – προσδιορισμός της σκληρότητας, για να είναι σε θέση να καθορίσει αν πρέπει να εφαρμοστεί κλιμάκωση της πρόληψης. Προσδιορισμός της λεγιονέλλας.

- Εμφιαλωμένου νερού – προσδιορισμός της σύνθεσης των μετάλλων και του αριθμού των CFU μετά την εμφιάλωση του νερού που έχει υποστεί επεξεργασία με όζον.
- Νερού πισίνας – προσδιορισμός του ελεύθερου, δεσμευμένου και δοσονεμημένου χλωρίου και χλωραμινών, και της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων μονάδων υπερϊώδους απολύμανσης και οζονιστηρών (Nollet& De Gelder, 2007: 64).

### **2.1.2. Που γίνονται οι αναλύσεις νερού**

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι των εργαστηρίων: τα εσωτερικά και τα εμπορικά εργαστήρια. Ας τα δούμε παρακάτω.

#### *Τα εσωτερικά εργαστήρια*

Στα εσωτερικά εργαστήρια βρίσκονται συνήθως σε δημοτικές εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, ζυθοποιεία και εργοστάσια παραγωγής φαρμάκων. Αντιπροσωπεύουν περίπου το ήμισυ του συνόλου των δοκιμών που πραγματοποιούνται κάθε χρόνο.

#### *Τα εμπορικά εργαστήρια*

Τα περισσότερα από τα εμπορικά εργαστήρια είναι επιχειρήσεις που παρέχουν υπηρεσίες σε ιδρύματα μιας και μόνο γεωγραφικής. Ο αριθμός των εργαζομένων για κάθε εργαστήριο είναι συνήθως λιγότερα από πέντε άτομα. Τα εργαστήρια αυτά αντιπροσωπεύουν το ένα τέταρτο του συνόλου των δοκιμών (Nollet& De Gelder, 2007: 28).

### 2.1.3. Η χημική ανάλυση του νερού

Η χημική ανάλυση του νερού διεξάγεται για να προσδιορίσει και να ποσοτικοποιήσει τα χημικά συστατικά και τις ιδιότητες ενός συγκεκριμένου νερού. Αυτό περιλαμβάνει το pH, τα μεγάλα κατιόντα και ανιόντα, τα ιχνοστοιχεία και τα ισότοπα. Η χημική ανάλυση του νερού χρησιμοποιείται ευρέως για να καθοριστεί η πιθανή χρήση που μπορεί να έχει το νερό ή να μελετήσει την αλληλεπίδραση που έχει με το περιβάλλον του. Η χημική ανάλυση του νερού αποτελεί συχνά τα θεμέλια των μελετών της ποιότητας των υδάτων, της ρύπανσης, της υδρολογίας και των γεωθερμικών νερών.

Τα συστατικά που συνήθως αναλύονται είναι το pH, τα κατιόντα Na, K, Ca, Mg, Ba, τα ανιόντα Cl, F, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, τα μέταλλα και τα μεταλλοειδή ιχνοστοιχεία Rb, Ti, Fe, Mn, κλπ., τα ασταθή πτητικά (διαλυμένα αέρια) όπως CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S και O<sub>2</sub>, αναλογίες ισωτόπων <sup>18</sup>O και <sup>2</sup>H, τα οργανικά υλικά και τα θρεπτικά συστατικά.

Ανάλογα με τα συστατικά, διαφορετικές μέθοδοι εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό των ποσοτήτων ή των αναλογιών των συστατικών. Ενώ ορισμένες μέθοδοι μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον συνήθη εργαστηριακό εξοπλισμό, άλλες απαιτούν προηγμένες συσκευές, όπως επαγωγικά συζευγμένη φασματομετρία μάζας πλάσματος (ICP-MS).

- Οξυγόνο και H<sub>2</sub>S μετρώνται πιο συχνά με τιτλοδότηση.
- Η ιοντική χρωματογραφία είναι μια ευαίσθητη και σταθερή τεχνική που μπορεί να μετρήσει τις ποσότητες Li, NH<sub>4</sub>, Na, K, Ca και Mg, μεταξύ άλλων συστατικών.
- Για τα δείγματα ατμού, η χρωματογραφία αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και οι ποσότητες αζώτου.
- Ένας προσδιορισμός των μπλε δραστικών ουσιών μεθυλενίου υποδεικνύει ανιονικές επιφανειοδραστικές ουσίες στο νερό με μια αντίδραση κυανισμού.

- Η φασματοφωτομετρία χρησιμοποιείται πιο συχνά για να μετρήσει το περιεχόμενο σιδήρου και νιτρικού σε δείγματα νερού.
- Το κορεσμένο ηλεκτρόδιο καλομέλανα και το ηλεκτρόδιο υάλου χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό για τον προσδιορισμό του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού (Nollet& De Gelder, 2007: 134).

## 2.2. Αισθητήρες ανάλυσης νερού

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων ανάλυσης νερού που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Σε γενικές γραμμές βέβαια, μπορούμε να πούμε ότι στο σύνολό τους, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του νερού είναι ισχυροί βιομηχανικοί αισθητήρες ποιότητας σχεδιασμένοι για την άμεση βύθιση ή την εισαγωγή σε ρεύματα νερού. Οι περισσότεροι αισθητήρες ποιότητας του νερού που τροφοδοτείται από 10-36 VDC και όλοι οι αισθητήρες της ανάλυσης του νερού έχουν μια γραμμική έξοδο 4-20mA. Το τυπικό μήκος του καλωδίου είναι περίπου στα 7,5 μέτρα ενώ υπάρχει και η δυνατότητα για καλώδια έως και 154 μέτρα.

Ας δούμε όμως τις κατηγορίες με τα χαρακτηριστικά τους μια μια.

### 2.2.1. Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού



Έξοδος: 4-20 mA

Εύρος: -50 °C έως +50 °C

Ακρίβεια:  $\pm 0.2$  °F ή  $\pm 0,1$  °C

Μέγιστη πίεση: 40 PSI

Εικόνα 9. Τυπική εικόνα αισθητήρα θερμοκρασίας νερού

Τάση λειτουργίας: 10-36 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: Ίδια με την έξοδο του αισθητήρα

Χρόνος προθέρμανσης: 5 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -50 ° C έως +100 ° C

### 2.2.2. Αισθητήρας pH νερού



Έξοδος: 4-20 mA

Εύρος: 0-14 pH

Ακρίβεια: 2% της πλήρους κλίμακας

Μέγιστη πίεση: 40 PSI

Εικόνα 10. Τυπική εικόνα αισθητήρα pH νερού

Τάση λειτουργίας: 10-30 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: 5,5 mA συν της εξόδου του αισθητήρα

Χρόνος προθέρμανσης: 3 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -5 °C έως +55 °C



### 2.2.3. Αισθητήρας αγωγιμότητας νερού

Έξοδος: Διπλή 4-20 mA (αγωγιμότητας και θερμοκρασίας)



Εικόνα 11. Τυπική εικόνα αισθητήρα αγωγιμότητας νερού

Εύρος αγωγιμότητας: 0-200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,  
200-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 2-20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 20-200  
 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , και 200-2000  $\text{mS}/\text{cm}$

Ακρίβεια αγωγιμότητας: +0,5% της  
ένδειξης

Αντιστάθμιση θερμοκρασίας:  
αυτόματη (2%/  $^{\circ}\text{C}$  κανονικοποιημένη  
έως 25  $^{\circ}\text{C}$ )

Μέγιστη πίεση: 35 psi (82 ft (25m))

Τάση λειτουργίας: 10-36 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: 20 mA συν το άθροισμα των δύο εξόδων των αισθητήρων

Χρόνος προθέρμανσης: 3 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -5 έως 70  $^{\circ}\text{C}$

## 2.2.4. Αισθητήρας διαλυμένου οξυγόνου νερού



Εικόνα 12. Τυπική εικόνα αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου νερού

Έξοδος: 4-20 mA

Εύρος: 0-100% κορεσμού, 0-8 ppm,  
αντιστάθμιση θερμοκρασίας στους 25  
°C

Ακρίβεια:  $\pm 0,5\%$  της πλήρους  
κλίμακας

Μέγιστη πίεση: 40 PSI

Τάση λειτουργίας: 10-36 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: 15,5 mA συν του αισθητήρα εξόδου

Χρόνος προθέρμανσης: 10 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 °C έως +55 °C

Μεμβράνη: 0.001 FEP Teflon

Συνδυασμένο Σφάλμα: 2% FS

Στην περίπτωση αυτή ας αναφέρουμε ότι έχουμε και την περίπτωση του οπτικού αισθητήρα εντοπισμού διαλυμένου οξυγόνου. Αυτός έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

Έξοδος: Διπλή 4-20 mA (μερικής πίεσης και θερμοκρασίας)

Μερικό εύρος πίεσης: 0-400 mbar

Ακρίβεια:  $\pm 0,5\%$  της τιμής

Μέγιστη πίεση: 35 PSI (βάθος 25m στο νερό)



Εικόνα 13. Τυπική εικόνα οπτικού αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου νερού

Τάση λειτουργίας: 10-30 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: 24 mA συν αυτή των δύο εξόδων του αισθητήρα

Χρόνος προθέρμανσης: 6 δευτερόλεπτα τουλάχιστον ενώ τα 8 συνιστώνται

Θερμοκρασία λειτουργίας: 0 έως +50 °C

Συνήθης κατασκευή αισθητήρα: Ακετυλίου, από ανοξείδωτο χάλυβα, χυτό εποξειδικό.

#### 2.2.5. Αισθητήρας οξειδοαναγωγής



Εικόνα 14. Τυπική εικόνα αισθητήρα οξειδοαναγωγής νερού

Έξοδος: 4-20 mA

Εύρος: -500 - 500 mV

Ακρίβεια: 2% της πλήρους κλίμακας

Μέγιστη πίεση: 40 PSI

Τάση λειτουργίας: 10-36VDC

Κατανάλωση ρεύματος: 0,2 mA συν του αισθητήρα εξόδου

Χρόνος προθέρμανσης: 3 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 °C έως +55 °C

(Homola, 2006, Webster, 1999, Eggins, 2008, Fraden, 2010).

### **2.3. Γιατί είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων για την ανάλυση του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες**

Όπως είδαμε και στο πρώτο κεφάλαιο, οι υδροπονικές καλλιέργειες, λόγω του ότι δεν χρησιμοποιούν χώμα προκειμένου να αναπτυχθούν τα φυτά, δεν έχουν μεγάλες δυνατότητες στο να παρέχουν θρεπτικά συστατικά σε αυτά και έτσι για την δημιουργία τέτοιου τύπου καλλιεργειών απαιτείται η κατασκευή ολοκληρωμένων συστημάτων στα οποία προστίθενται διαλύματα με θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών.

Ενώ σε γενικές γραμμές στις υδροπονικές καλλιέργειες απαιτούνται ποικίλων τύπων αισθητήρες προκειμένου να μπορεί να ελεγχθεί η λειτουργία τους αλλά να είναι και περισσότερο επιτυχημένη, όπως ο έλεγχος της στάθμης του νερού ειδικά σε αεροπονικές καλλιέργειες, μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην σπουδαιότητα και στην αναγκαιότητα του ελέγχου της ποιότητας του νερού και κατά πόσο παρέχονται θρεπτικά συστατικά στα φυτά σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να αναπτύσσονται με σωστούς ρυθμούς.

Επίσης σημαντική είναι η αναγνώριση των επιπέδων του οξυγόνου στο διάλυμα, δεδομένου ότι τα φυτά για την ανάπτυξη τους απαιτούν μεγάλα επίπεδα οξυγόνου. Στην περίπτωση αυτή άμεσα απαιτητός είναι ένας αισθητήρας εντοπισμού διαλυμένου οξυγόνου στο νερό που παρέχεται για την υδροπονική καλλιέργεια.

Σε άμεση σύνδεση με την προηγούμενη απαίτηση, είναι η ανάγκη που δημιουργείται για εντοπισμό των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς είναι δεδομένο ότι σε χώρους που υπάρχουν πολλά φυτά, είναι ιδιαίτερα υψηλό, σε επίπεδο να κατακλύζει την ατμόσφαιρα, και το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα. Φυσικά, υπάρχουν δεδομένες αναλογίες οξυγόνου προς διοξείδιο του άνθρακα και είναι απαραίτητο να υπάρχει έλεγχος στις υδροπονικές καλλιέργειες προκειμένου να εντοπίζεται το ποσό αυτού του λόγου και να διατηρείται σταθερό και πάντα στα πλαίσια του αποδεκτού για αυτού του τύπου τις καλλιέργειες.

Εξίσου σημαντική, τέλος, είναι και η μέτρηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της καλλιέργειας, καθώς οι υπερβολικές συνθήκες θερμοκρασίας, επηρεάζουν σημαντικά

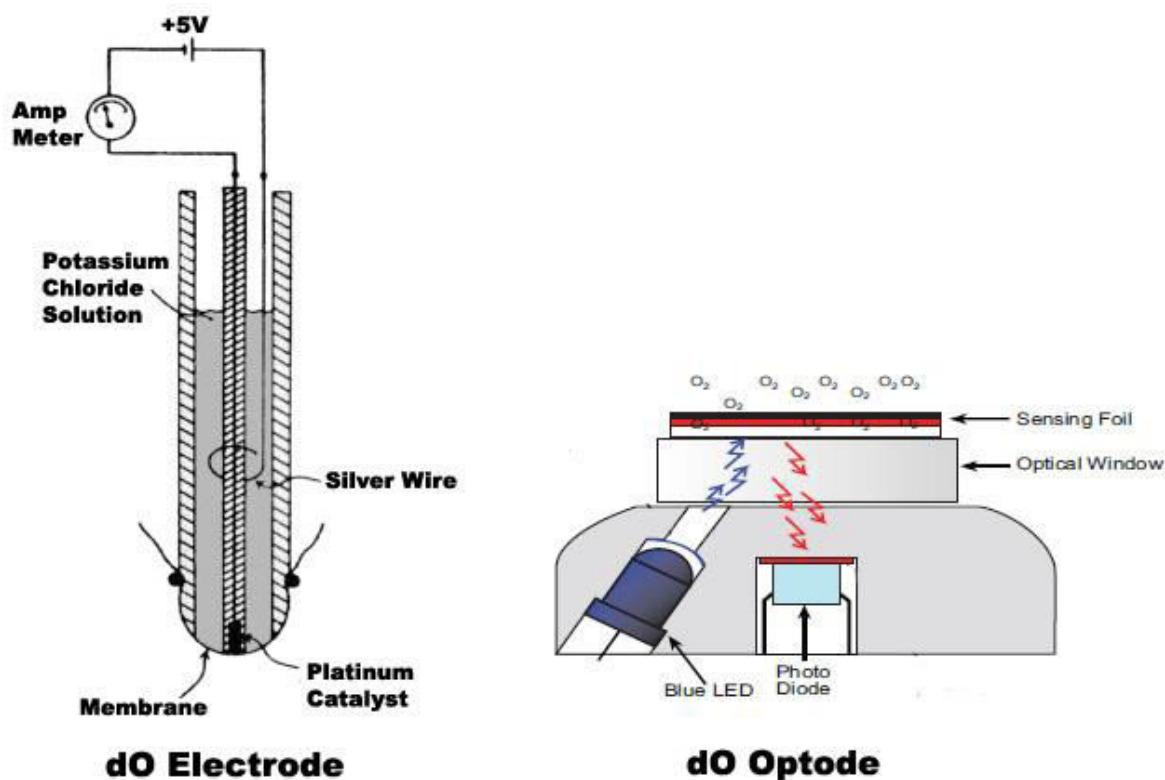
τις καλλιέργειες και είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν σοβαρές βλάβες στα φυτά με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Λόγω των καταστροφών που μπορεί να προκαλέσει η θερμοκρασία εκτός των επιτρεπτών ορίων, δημιουργείται ζημία και για τον καλλιεργητή και επομένως η χρήση αισθητήρων για αυτή την περίπτωση καθίσταται ως επιτακτικής ανάγκης.

## 2.4. Αισθητήρες ανάλυσης νερού προς χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά στους αισθητήρες που αναφέραμε συνοπτικά παραπάνω, για τον έλεγχο και τον υπολογισμό των απαραίτητων συστατικών για τη σωστή λειτουργία των υδροπονικών καλλιεργειών.

### 2.4.1. Αισθητήρες μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου για υδροπονικές καλλιέργειες

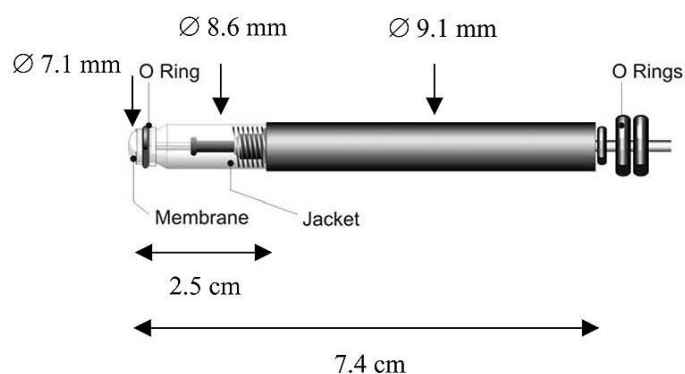
Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να εμφανιστούν σε δύο τυπολογίες. Η πρώτη είναι οι αισθητήρες ηλεκτροδίου και η δεύτερη οι αισθητήρες οπτοδίου.



Εικόνα 15. Αντιπαραβολή αισθητήρων ηλεκτροδίου - οπτοδίου

## Αισθητήρες ηλεκτροδίων

Το ηλεκτρόδιο τύπου Clark είναι ο πλέον χρησιμοποιούμενος αισθητήρας οξυγόνου για τη μέτρηση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο σε ένα υγρό. Η βασική αρχή είναι



Εικόνα 16. Σύσταση και διαστάσεις εξαρτημάτων ηλεκτροδίου τύπου Clark

ότι υπάρχει μία κάθοδος και μία άνοδος που βυθίζονται σε έναν ηλεκτρολύτη. Το οξυγόνο εισέρχεται στον αισθητήρα μέσω μιας διαπερατής μεμβράνης με διάχυση, και ανάγεται στην κάθοδο, δημιουργώντας ένα μετρήσιμο ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του οξυγόνου και του ηλεκτρικού ρεύματος. Με μια βαθμονόμηση δύο σημείων (0% και 100% κορεσμού αέρα), είναι δυνατόν να μετρηθεί το οξυγόνο στο δείγμα.

Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι το οξυγόνο καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της μέτρησης, με ρυθμό ίσο με τη διάχυση στον αισθητήρα. Αυτό σημαίνει ότι ο αισθητήρας θα πρέπει να αναδεύεται προκειμένου να πάρει τη σωστή μέτρηση και την αποφυγή στάσιμων υδάτων. Με την αύξηση του μεγέθους του αισθητήρα, αυξάνεται και η κατανάλωση οξυγόνου και το ίδιο συμβαίνει και με την ευαισθησία. Σε μεγάλους αισθητήρες τείνει επίσης να υπάρχει εκτροπή στο σήμα με την πάροδο του χρόνου λόγω της κατανάλωσης του ηλεκτρολύτη. Ωστόσο, οι αισθητήρες τύπου Clark μπορούν να είναι πολύ μικρού μεγέθους με το ένα άκρο να είναι στα 10 μm. Η κατανάλωση οξυγόνου ενός τέτοιου μικροαισθητήρα είναι τόσο μικρή ώστε να είναι πρακτικά μη ευαίσθητος σε ανάδευση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στάσιμα μέσα, όπως τα ιζήματα ή στο εσωτερικό του ιστού του φυτού (Λουτρίδης, 2008: 99).

## Αισθητήρες οπτοδίων



Εικόνα 17. Εικόνα τυπικού οπτοδίου οξυγόνου

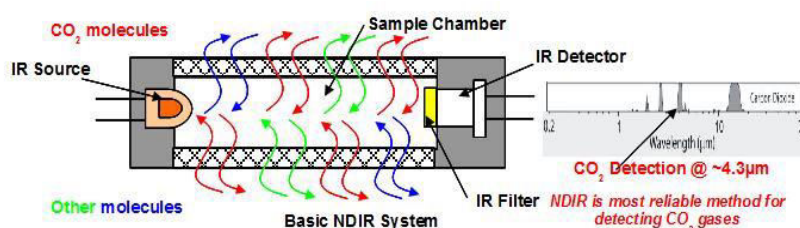
Ένα οπτόδιο οξυγόνου, είναι ένας αισθητήρας που βασίζεται σε οπτική μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου. Μια χημική μεμβράνη είναι κολλημένη στην άκρη ενός οπτικού καλωδίου και οι ιδιότητες φθορισμού αυτής της μεμβράνης εξαρτώνται από τη συγκέντρωση του οξυγόνου. Ο φθορισμός είναι στο μέγιστο, όταν δεν υπάρχει οξυγόνο. Όταν ένα μόριο  $O_2$  εμφανίζεται συγκρούεται με την μεμβράνη και αυτό καταστέλλει την φωτοφωταύγεια. Σε μια δεδομένη συγκέντρωση οξυγόνου θα υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός μορίων  $O_2$  που συγκρούονται με την

μεμβράνη σε κάθε δεδομένη στιγμή, και οι ιδιότητες φθορισμού θα είναι σταθερές.

Η αναλογία σήματος (φθορισμός) και οξυγόνου δεν είναι γραμμική, και ένα οπτόδιο είναι πιο ευαίσθητο σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Δηλαδή, η ευαισθησία μειώνεται καθώς αυξάνει η συγκέντρωση του οξυγόνου σύμφωνα με την σχέση Stern – Volmer. Οι αισθητήρες οπτοδίου μπορούν, ωστόσο, να λειτουργούν σε ολόκληρη την περιοχή κορεσμού οξυγόνου στο νερό από 0% έως 100%, και η βαθμονόμηση γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως με τον αισθητήρα τύπου Clark. Δεν καταναλώνεται οξυγόνο και ως εκ τούτου ο αισθητήρας είναι δεν ευαίσθητος σε ανάδευση, αλλά το σήμα θα σταθεροποιηθεί πιο γρήγορα αν ο αισθητήρας αναδεύεται αφού τοποθετηθεί στο δείγμα. Το εν λόγω είδος των αισθητήρων ηλεκτροδίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επί τόπου και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση της παραγωγής οξυγόνου στις αντιδράσεις διάσπασης του νερού. Τα ηλεκτρόδια λευκόχρυσου μπορούν να ολοκληρώσουν την παρακολούθηση, σε πραγματικό χρόνο της παραγωγής υδρογόνου σε συσκευή διάσπασης του νερού (Sinclair, 2000: 89).

## 2.4.2. Αισθητήρες μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα σε υδροπονικές καλλιέργειες

Ένας αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα είναι ένα μέσο για τη μέτρηση του αερίου διοξειδίου του άνθρακα. Οι πιο κοινές αρχές για τους αισθητήρες CO<sub>2</sub> είναι οι υπέρυθροι αισθητήρες αερίου (NDIR) και οι χημικοί αισθητήρες αερίου. Η μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα είναι σημαντική για την παρακολούθηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.



Εικόνα 18. Τρόπος λειτουργίας αισθητήρα NDIR

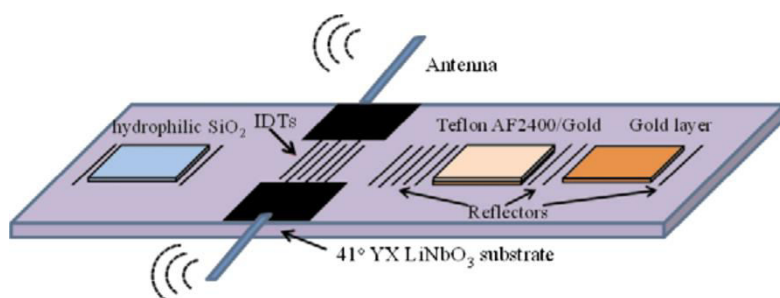
### Υπέρυθροι αισθητήρες CO<sub>2</sub> χωρίς διασπορά

Οι αισθητήρες NDIR είναι φασματοσκοπικοί αισθητήρες για την ανίχνευση του CO<sub>2</sub> σε ένα αέριο περιβάλλον με χαρακτηριστική απορρόφηση του. Τα βασικά στοιχεία είναι μια υπέρυθρη πηγή, ένας σωλήνας φωτός, ένα φίλτρο παρεμβολής (μήκος κύματος), και ένας υπέρυθρος ανιχνευτής. Το αέριο αντλείται ή διαχέεται στο σωλήνα φωτός, και τα ηλεκτρονικά μέσα μετρούν την απορρόφηση του χαρακτηριστικού μήκους κύματος του φωτός. Οι αισθητήρες NDIR πιο συχνά χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα. Οι καλύτερο από αυτούς έχουν ευαισθησία 20-50 PPM. Οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία περιλαμβάνουν τη χρήση μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων για να μειωθεί το κόστος αυτού του αισθητήρα και να δημιουργηθούν μικρότερες συσκευές. Οι NDIR αισθητήρες CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιείται επίσης για το διαλυμένο CO<sub>2</sub> που μπορεί να εντοπιστεί στο νερό σε μια υδροπονική καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση συνδυάζεται με έναν οπτικό αισθητήρα ATR (αποσβενύμενης ολικής ανακλάσεως) και μετρά την ποσότητα του αερίου επί τόπου. Μια άλλη μέθοδος, είναι η μέτρηση με



την χρήση του νόμου του Henry για τη μέτρηση της ποσότητας του διαλυμένου CO<sub>2</sub> στο νερό, εάν η ποσότητα των ξένων αερίων είναι ασήμαντη.

### Χημικοί αισθητήρες CO<sub>2</sub>



Εικόνα 19. Χημικός αισθητήρας CO<sub>2</sub>

Οι χημικοί αισθητήρες CO<sub>2</sub> με ευαίσθητα στρώματα και με βάση πολυμερή ή ετεροπολυσιλοξάνιο έχουν το κύριο πλεονέκτημα της πολύ

χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και μπορούν να μειωθούν σε μέγεθος ώστε να χωρούν σε μικροηλεκτρονικά βασιζόμενα συστήματα. Από την άλλη, οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις μετατοπίσεων, καθώς και ένα μάλλον χαμηλό «προσδόκιμο ζωής» αποτελούν σημαντικά εμπόδια σε σχέση με την αρχή της μέτρησης NDIR.

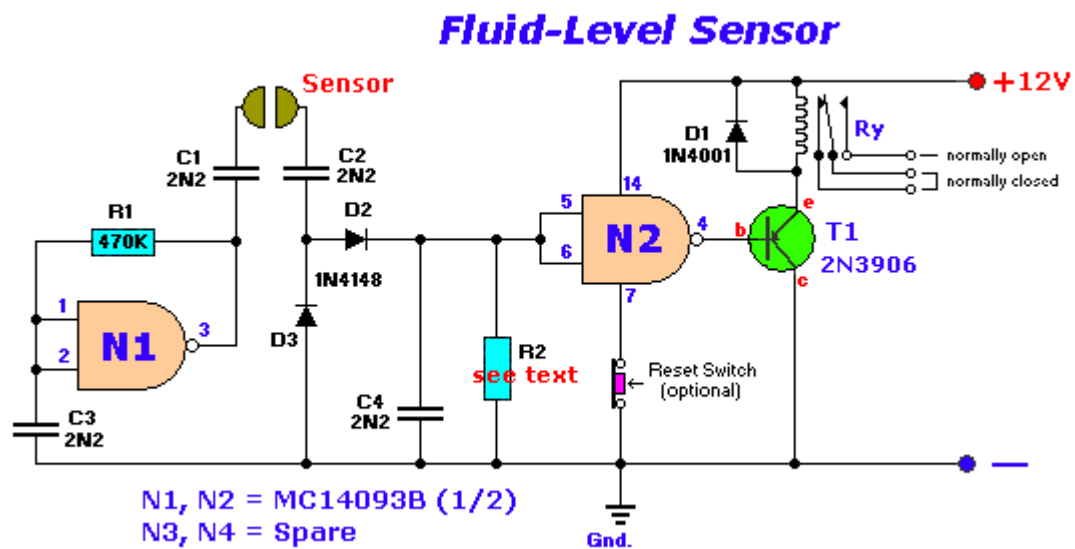
### 2.4.3. Αισθητήρες για την μέτρηση της στάθμης του νερού σε υδροπονική καλλιέργεια

Ας αναφέρουμε καταρχάς ότι η μέτρηση της στάθμης του νερού γίνεται με βάση την πίεση που δέχεται κάθε φορά ο αισθητήρας.

Οι υποβρύχιοι αισθητήρες πίεσης έχουν ένα δυναμικό σύστημα αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, που επιτρέπει τις μετρήσεις υψηλής ακρίβειας σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας στάθμης του νερού προσαρμόζεται εύκολα σε όλους τους εξοπλισμούς καταγραφικών, τηλεμετρίας και παρακολούθησης.

Καθένας από τους αισθητήρες στάθμης του νερού αποτελείται από ένα στερεάς κατάστασης υποβρύχιο μορφοτροπέα πίεσεως εγκιβωτισμένο σε μια μονάδα από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο αισθητήρας στάθμης του νερού έχει ένα χυτευμένο αδιάβροχο

καλώδιο και δύο σύρματα υψηλού επιπέδου εξόδου 4-20 mA για τη σύνδεση με μια συσκευή παρακολούθησης.



Εικόνα 20. Σύσταση αισθητήρα στάθμης νερού

Ο υποβρύχιος μετατροπέας πίεσης του αισθητήρα στάθμης νερού είναι πλήρως έγκλειστος με εποξειδική βαθμίδα νερού ώστε η υγρασία να μην μπορεί να διαρρεύσει ή να φτάσει στον σωλήνα εξαερισμού και να προκαλέσει αποκλίσεις ή αστοχία επιπέδων του αισθητήρα (όπως συμβαίνει με άλλους αισθητήρες πίεσης). Ο αισθητήρας στάθμης νερού χρησιμοποιεί ένα μοναδικό, εξαιρετικά εύκαμπτο διάφραγμα πυριτίου για τη διεπαφή μεταξύ του νερού και του στοιχείου ανίχνευσης. Το διάφραγμα σιλικόνης προστατεύει τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα στάθμης νερού από την υγρασία και παρέχει σε κάθε αισθητήρα εξαιρετική γραμμικότητα και πολύ χαμηλή υστέρηση. Ο σχεδιασμός των υποβρύχιων μετατροπέων πίεσης εξαλείφει τα ζητήματα που συνδέονται με τα διαφράγματα των μεταλλικών ελασμάτων, που έχουν την τάση να τσαλακώνουν και να απλώνουν με την πάροδο του χρόνου και προκαλούν προβλήματα αποκλίσεων, γραμμικότητας και υστέρησης. Ο αισθητήρας στάθμης νερού, επίσης, έχει αυτόματα βαρομετρική αποτίμηση λόγω του συνημμένου καλωδίου εξαερισμού και προστατεύεται από καπάκι μικρο - οθόνης από ανοξείδωτο χάλυβα, η οποία καθιστά την εγκατάσταση λάσπης ή ιλύος σχεδόν αδύνατη.

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πολλές σειρές αισθητήρων πίεσης σε επίπεδα 0-3, 0-15, 0-30, 0-60, 0-120, 0-250, 0-500 πόδια. Ο τύπος 0-3 ft χαμηλού επιπέδου είναι ιδανικός για τη μέτρηση ρηχών ροών ή μικρών μεταβολών της στάθμης του νερού, όπως για παράδειγμα και στην δική μας περίπτωση αν και θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε και μεγαλύτερων επιπέδων τυπολογίες ανάλογα με την περίπτωση. Αυτός ο αισθητήρας παρακολούθησης μετρά με ακρίβεια μικρές αλλαγές στο νερό, ακόμα και όταν το βάθος του νερού είναι μόνο μερικές ίντσες βαθύ. Άλλοι αισθητήρες στάθμης νερού τύπου ελάσματος, έχουν συνήθως σοβαρά προβλήματα σε περιοχές με χαμηλό επίπεδο, λόγω σμίκρυνσης, τεντώματος, και μετατοπίσεων του αισθητήρα.

Κάθε υποβρύχιος μετατροπέας πίεσης έχει σήμα εξόδου δύο καλωδίων 4-20 mA που είναι γραμμικό με το βάθος του νερού. Συνολικά απαιτούνται 10 – 36 VDC για τη λειτουργία του αισθητήρα στάθμης του νερού, έτσι ώστε οι αισθητήρες στάθμης να μπορούν να λειτουργούν από κοινού από τα 12 συστήματα μπαταριών VDC. Το σήμα 4-20 mA μπορεί να τρέξει μέχρι 3.000 πόδια από τον υποβρύχιο μετατροπέα πίεσης στη συσκευή καταγραφής. Ένα κοινό συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου ή ηλεκτρικό καλώδιο επέκτασης μπορεί να ματιστεί στο εξαιρεζόμενο καλώδιο μόλις το καλώδιο είναι έξω από το νερό. Το σήμα 4-20 mA μπορεί να μετατραπεί σε 0,5 έως 2,5 VDC με την πτώση του σήματος ρεύματος σε μια αντιστάτη 125 ohm.

Τα κύρια στοιχεία του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι:

Στοιχείο Αισθητήρα: Διάφραγμα σιλικόνης, Αισθητήρας υγρού/υγρού

Εύρος πίεσης: 0-3, 0-15, 0-30, 0-60, 0-120, 0-250, 0-500 ft

Γραμμικότητα και υστέρηση:  $\pm 0.1\%$  FS

Ακρίβεια:  $\pm 0,1\%$  της πλήρους κλίμακας σε σταθερή θερμοκρασία,  $\pm 0,2\%$  πάνω από 1,37 °C έως 21,1 °C

Υπερπίεση: να μην υπερβαίνει τα 2 x φάσμα της πλήρους κλίμακας

Ανάλυση: Πειροστική (αναλογική)

Έξοδοι: 4-20 mA ή 0,5 έως 2,5 VDC στα 125 ohms

Τάση τροφοδοσίας: 8 - 36 VDC

Κατανάλωση ρεύματος: Ίδια με την έξοδο του αισθητήρα

Χρόνος προθέρμανσης: 3 δευτερόλεπτα τουλάχιστον

Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 ° C έως +85 ° C

Αποτίμηση: Χρησιμοποιεί δυναμική αντιστάθμιση θερμοκρασίας -1,1 έως 21,1 ° C.

Αυτόματη αντιστάθμιση της βαρομετρικής πίεσης



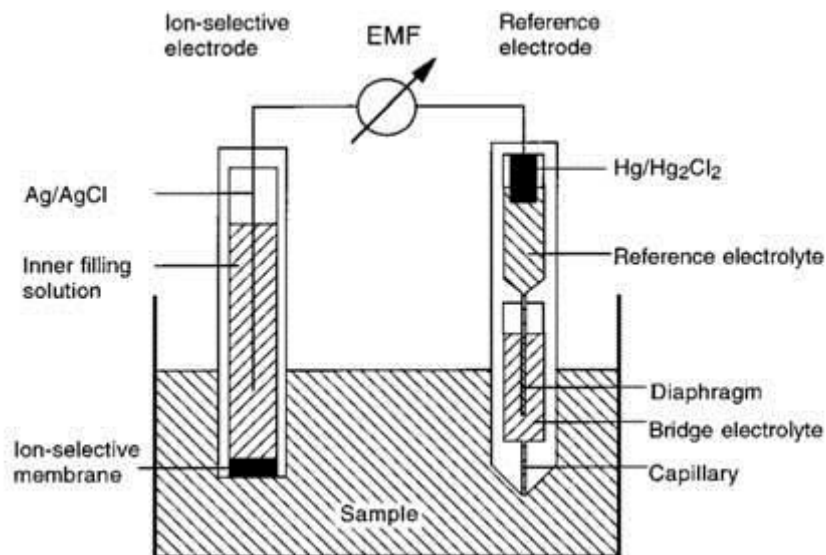
**Εικόνα 21.** Εικόνα τυπικού αισθητήρα στάθμης νερού

Επίσης όσον αφορά το κιβώτιο για στερεάς κατάστασης υποβρύχιο μορφοτροπέα πίεσεως έχει την εξής σύνθεση:

Υλικό: 304L ανοξείδωτο χάλυβα, μικρο-οθόνη SS (εκατοντάδες τρύπες για την πρόληψη της βρωμίας), τα ηλεκτρονικά είναι πλήρως έγκλειστα με την εγγύηση να μην διαρρεύσουν.

Μέγεθος: 2 εκατοστά διάμετρος x 14 εκατοστά αρκετά μικρό για μια 1 τρύπα διαμέτρου 2,54 cm. Η επιλογή τιτανίου έχει διάμετρο 2,54 cm (Sinclair, 2000: 123)

#### 2.4.4. Αισθητήρες ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου για τον εντοπισμό των θρεπτικών συστατικών στις υδροπονικές καλλιέργειες



Εικόνα 22. Συνοπτική παρουσίαση λειτουργίας ιοντοεκλεκτικού ηλεκτροδίου

δραστικότητα ενός συγκεκριμένου ιόντος που διαλύεται σε ένα διάλυμα σε ένα ηλεκτρικό δυναμικό, το οποίο μπορεί να μετρηθεί με ένα βολτόμετρο ή πεχάμετρο. Η τάση θεωρητικά εξαρτάται από το λογάριθμο της ιοντικής δραστηριότητας, σύμφωνα με την εξίσωση Nernst. Το αισθητήριο τμήμα του ηλεκτροδίου γίνεται συνήθως ως μεμβράνη ιόντων ειδικά, μαζί με ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς. Τα ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται σε βιοχημικές και βιοφυσικές έρευνες, όπου απαιτούνται μετρήσεις ιοντικής συγκέντρωσης σε ένα υδατικό διάλυμα, συνήθως σε βάση πραγματικού χρόνου.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι ιοντοεπιλεκτικής μεμβράνης που χρησιμοποιείται στα ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια (ISEs): γυαλιού, στερεάς κατάστασης, υγρής βάσης, και σύνθετου ηλεκτροδίου.

Ένα ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο (ISE), που είναι επίσης γνωστό ως συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο ιόντων (SIE), είναι ένας αισθητήρας που μετατρέπει την

### *Γυάλινες μεμβράνες*

Οι γυάλινες μεμβράνες κατασκευάζονται από ένα είδος ανταλλαγής ιόντων από γυαλί (πυριτικό άλας ή χαλκογενίδιο). Αυτό το είδος ιοντοεπιλεκτικού ηλεκτροδίου έχει καλή εκλεκτικότητα, αλλά μόνο για ορισμένα μεμονωμένα φορτισμένα κατιόντα, κυρίως τα  $H^+$ ,  $Na^+$  και  $Ag^+$ . Ο υαλός χαλκογενιδίου έχει επίσης εκλεκτικότητα για ιόντα διπλά φορτισμένου μετάλλου, όπως τα  $Pb^{2+}$ , και  $Cd^{2+}$ . Η μεμβράνη γυαλιού έχει εξαιρετική χημική αντοχή και μπορεί να λειτουργήσει σε πολύ επιθετικά μέσα. Ένα πολύ κοινό παράδειγμα αυτού του τύπου του ηλεκτροδίου είναι το ηλεκτρόδιο υάλου pH.

### *Κρυσταλλικές μεμβράνες*

Οι κρυσταλλικές μεμβράνες είναι κατασκευασμένες από μονο ή πολυκρυσταλλίτες μίας ουσίας. Έχουν καλή επιλεκτικότητα, επειδή μόνο ιόντα τα οποία μπορούν να εισαχθούν στην κρυσταλλική δομή μπορούν και να επηρεάσουν την απόκριση του ηλεκτροδίου. Η επιλεκτικότητα των κρυσταλλικών μεμβρανών μπορεί να είναι τόσο για κατιόντα όσο και για ανιόντα της ουσίας σχηματισμού μεμβράνης. Ένα παράδειγμα είναι το φθοριούχα εκλεκτικό ηλεκτρόδια που βασίζεται στους κρυστάλλους  $LaF_3$ .

### *Ιοντοανταλλακτικές μεμβράνες ρητίνης*

Οι ρητίνες ανταλλαγής ιόντων βασίζονται σε ειδικές οργανικές μεμβράνες πολυμερών που περιέχουν μια συγκεκριμένη ουσία ανταλλαγής ρητίνης. Αυτό είναι το πιο διαδεδομένο είδος ιόντος συγκεκριμένου ηλεκτροδίου. Η χρήση ειδικών ρητινών επιτρέπει την παρασκευή εκλεκτικών ηλεκτροδίων για δεκάδες διαφορετικά ιόντα, τόσο μονοατομικών όσο και πολυατομικών. Επίσης, είναι τα πιο διαδεδομένα ηλεκτρόδια με ανιονική επιλεκτικότητα. Ωστόσο, τέτοια ηλεκτρόδια έχουν χαμηλή χημική και φυσική αντοχή, καθώς και «χρόνο επιβίωσης». Ένα παράδειγμα είναι το επιλεκτικό ηλεκτρόδιο καλίου, με βάση την βαλινομυκίνη ως παράγοντα ιοντοανταλλαγής.

## *Ενζυμικά ηλεκτρόδια*

Τα ηλεκτρόδια ενζύμων σίγουρα δεν είναι πραγματικά ιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια αλλά συνήθως θεωρούνται εντός του θέματος των ιοντοσχετικών ηλεκτροδίων. Ένα τέτοιο ηλεκτρόδιο έχει μηχανισμό «διπλή αντίδραση» μηχανισμός: ένα ένζυμο που αντιδρά με μια συγκεκριμένη ουσία, και το προϊόν αυτής της αντίδρασης (συνήθως  $H^+$  ή  $OH^-$ ) ανιχνεύεται από ένα αληθινό ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο, όπως pH-εκλεκτικά ηλεκτρόδια. Όλες αυτές οι αντιδράσεις συμβαίνουν μέσα σε μια ειδική μεμβράνη που καλύπτει το πραγματικό ιοντοεπιλεκτικό ηλεκτρόδιο, το οποίο είναι ο λόγος που τα ηλεκτρόδια ενζύμου ενίοτε θεωρούνται ως ιοντοεπιλεκτικά. Ένα παράδειγμα είναι τα εκλεκτικά ηλεκτρόδια γλυκόζης.

Το πιο σοβαρό πρόβλημα που περιορίζει τη χρήση των ιοντοεπιλεκτικών ηλεκτροδίων είναι οι παρεμβολές από άλλα, ανεπιθύμητα, ιόντα. Κανένα από ταιοντοεπιλεκτικά ηλεκτρόδια ιόντων δεν είναι εντελώς ιοντοειδικά. Όλα είναι ευαίσθητα σε άλλα ιόντα που έχουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες, σε βαθμό που εξαρτάται από το βαθμό ομοιότητας. Οι περισσότερες από αυτές τις παρεμποδίσεις είναι αρκετά αδύναμες για να αγνοηθούν, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, το ηλεκτρόδιο μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πολύ πιο ευαίσθητο σε σχέση με το παρεμβαλλόμενο ιόν παρά με το επιθυμητό ιόν, προϋποθέτοντας ότι το παρεμβαλλόμενο ιόν είναι παρόν μόνο σε σχετικά πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, ή απουσιάζει εντελώς. Στην πράξη, οι σχετικές ευαισθησίες του κάθε τύπου ιόντων συγκεκριμένου ηλεκτροδίου σε διάφορα ιόντα παρεμβολής είναι γενικά γνωστή και θα πρέπει να ελεγχθεί για κάθε περίπτωση. Ωστόσο, ο ακριβής βαθμός παρεμβολής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, εμποδίζοντας την ακριβή διόρθωση των αναγνώσεων. Αντ' αυτού, ο υπολογισμός του σχετικού βαθμού της παρεμβολής από τη συγκέντρωση των ιόντων παρεμβολής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως οδηγός για να καθοριστεί αν η προσέγγιση έκτασης της παρεμβολής θα επιτρέψει αξιόπιστες μετρήσεις, ή αν το πείραμα θα πρέπει να επανασχεδιαστεί έτσι ώστε να μειωθεί η επίδραση της παρεμβολής ιόντων. Το ηλεκτρόδιο νιτρικών έχει διάφορες ιονικές παρεμβολές, δηλαδή υπερχλωρική, ιωδιούχα, χλωριούχα και θειική. Αυτές οι παρεμβολές διαφέρουν σημαντικά ως προς τον βαθμό στον οποίο επηρεάζουν. Έτσι, η υπερχλωρική δίνει μια απόκριση η οποία είναι περίπου 50.000 φορές μεγαλύτερη από ότι από μια ίση ποσότητα νιτρικής (Eggins, 2008: 111).

## 2.4.5. Λόγοι για την επιλογή ιοντοεπιλεκτικών αισθητήρων σε υδροπονική καλλιέργεια



Εικόνα 23. Τυπική εικόνα ιοντοεπιλεκτικού αισθητήρα

καλλιιεργειών

- Μειωμένη χρήση λιπασμάτων
- Μείωση της χρήσης νερού
- Μείωση του νερού και των θρεπτικών συστατικών (περιβαλλοντική συμμόρφωση)
- Αξιοπιστία του συστήματος ελέγχου
- Βελτιωμένα θρεπτικά συστατικά
- Μειωμένη ευαισθησία στη διακύμανση της πηγής του νερού

Η αξιόπιστη, on-line παρακολούθηση της καλλιέργειας με ιοντοεπιλεκτικό αισθητήρα θα μπορούσε να παρέχει στους καλλιεργητές υδροπονικής καλλιέργειας τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Αυξημένες αποδόσεις ανάπτυξης των καλλιεργειών
- Βελτιωμένη ποιότητα των καλλιεργειών
- Βελτιωμένη αξιοπιστία της ανάπτυξης των



- Μέθοδος για τον έλεγχο των μέσων της ανάπτυξης των φυτών
- Μειωμένες ανάγκες σε εργατικό δυναμικό
- Ενισχυμένη επιστημονική γνώση της βιολογίας των φυτών και του περιβάλλοντος

Αυτά τα οφέλη μπορούν να διαχωριστούν σε συγκεκριμένες καλλιέργειες και τα οφέλη σε επίπεδο συστήματος για τον καλλιεργητή και περιγράφονται ενταύθα.

Οι ιοντοεπιλεκτικοί αισθητήρες μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης των θρεπτικών ουσιών μέσα σε ένα σύστημα ανάπτυξης φυτών. Μία πληρέστερη κατανόηση της δυναμικής του θρεπτικού διαλύματος διασφαλίζει ότι οι θρεπτικές ουσίες αναπληρώνονται σε ένα ρυθμό με πιο στενό εντοπισμό της πρόσληψης από το φυτό. Σε παραδοσιακά συστήματα ανιχνεύσεως, όπου δεν είναι διαθέσιμο το ιοντοεπιλεκτικό σύστημα ανιχνεύσεως, μια χαμηλή μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας, τυπικά θα έχει ως αποτέλεσμα την προσθήκη μιας σειράς θρεπτικών ουσιών, όπου στην πραγματικότητα μια μόνο θρεπτική δραστηριότητα μπορεί να είναι κάτω της ονομαστικής. Επομένως, αυτή η προσθήκη λιπασμάτων θα οδηγήσει σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά που προστίθενται χωρίς να απαιτούνται και έτσι πάνε χαμένα. Καθώς τα οξέα και οι βάσεις που συνήθως χρησιμοποιούνται από τους καλλιεργητές για να διατηρηθεί το pH εντός των επιθυμητών ορίων είναι άλατα που περιλαμβάνουν ιόντα θρεπτικών ουσιών (π.χ. HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH), για την προσαρμογή των αποτελεσμάτων του pH στη δραστηριότητα του άλλου θρεπτικού ιόντος αυξάνεται, τα οποία, αν δεν γίνουν αντιληπτά μπορούν να επηρεάσουν το συνολικό σύστημα.

Ο ιοντοεπιλεκτικός αισθητήρας θα εξασφαλίσει επίσης την αποτελεσματική χρήση του νερού και πιο αυστηρούς ελέγχους εφαρμογής του για την ανάπτυξη των φυτών και θα βελτιωθεί περισσότερο η ικανότητα για το θρεπτικό διάλυμα να ανακυκλοφορήσει για μεγαλύτερες περιόδους.

Επί του παρόντος, πολλοί καλλιεργητές πετούν το θρεπτικό διάλυμα, όταν δεν έχουν πλήρη εμπιστοσύνη στην ποιότητα του, που συνήθως βασίζεται σε ένα προκαθορισμένο κριτήριο απαλλαγής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η βελτίωση της

πρόσβασης σε δεδομένα διατροφικής κατάστασης, θα μειώσει την ανάγκη για την έκπλυση των λυμάτων και θα μειώσει έτσι τα αποτελέσματα των θρεπτικών συστατικών και υγρών αποβλήτων. Οι μελέτες που συγκρίνουν άμεσα τα ανοικτά με τα κλειστά συστήματα για διάφορους τύπους καλλιεργειών έχουν δείξει εξοικονόμηση στο νερό και στα θρεπτικά συστατικά για ισοδύναμες αποδόσεις των φυτών σε κλειστά συστήματα.

Πρόσθετες μελέτες έχουν δείξει ότι οι κλειστά Ολλανδικά θερμοκήπια έχουν εξοικονομήσει μέχρι 30% νερό και 40% λιπάσματα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ανοικτά συστήματα (Καλοβρέκτης & Κατέβας, 2012).

#### 2.4.6. Οι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας στις υδροπονικές καλλιέργειες



Εικόνα 24. Τυπικός αισθητήρας θερμοκρασίας

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι ζωτικής σημασίας σε μια ποικιλία προϊόντων καθημερινής χρήσης. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας έχει επίσης εφαρμογές στη χημική μηχανική. Παραδείγματα αυτού περιλαμβάνουν η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χημικού αντιδραστήρα στο ιδανικό σύνολο σημείων, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας μιας πιθανής διαφεύγουσας αντίδρασης για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των εργαζομένων,

και η διατήρηση της θερμοκρασίας των ρευμάτων που ελευθερώνονται στο περιβάλλον για την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Από τη σκοπιά της θερμοδυναμικής, η θερμοκρασία μεταβάλλεται ως συνάρτηση της μέσης ενέργειας της μοριακής κίνησης. Καθώς η θερμότητα προστίθεται σε ένα σύστημα, αυξάνει η μοριακή κίνηση και το σύστημα βιώνει μια αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι δύσκολο, εντούτοις, να μετρηθεί άμεσα η ενέργεια της μοριακής κίνησης, έτσι οι αισθητήρες θερμοκρασίας γενικά είναι σχεδιασμένοι για να μετρούν

μια ιδιότητα η οποία αλλάζει σε απόκριση στη θερμοκρασία. Οι συσκευές στη συνέχεια βαθμονομούνται με τις παραδοσιακές κλίμακες θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός μέσου. Υπάρχουν δύο είδη αισθητήρων θερμοκρασίας: οι αισθητήρες επαφής και οι ανέπαφοι αισθητήρες. Ωστόσο, οι 3 βασικοί τύποι είναι θερμόμετρα, ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης και θερμοζεύγη. Και οι τρεις από αυτούς τους αισθητήρες μετρούν μια φυσική ιδιότητα (δηλ. όγκος ενός υγρού, ρεύμα μέσω ενός καλωδίου), η οποία αλλάζει ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Εκτός από τους 3 κύριους τύπους αισθητήρων θερμοκρασίας, υπάρχουν πολλοί άλλοι αισθητήρες θερμοκρασίας διαθέσιμοι για χρήση.

#### *Αισθητήρες επαφής*

Αισθητήρες επαφής θερμοκρασίας μετρούν την θερμοκρασία του αντικειμένου με το οποίο ο αισθητήρας είναι σε επαφή με την παραδοχή ή να γνωρίζει ότι και τα δύο (αισθητήρας και αντικείμενο) είναι σε θερμική ισορροπία, με άλλα λόγια, δεν υπάρχει καμία ροή θερμότητας μεταξύ τους.

Παραδείγματα των αισθητήρων αυτών είναι

- Θερμοστοιχεία
- Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης (RTD)
- Πλήρες σύστημα θερμόμετρων
- Διμεταλλικά θερμόμετρα

## Ανέπαφοι αισθητήρες



Εικόνα 25. Εικόνα τυπικού πυρομέτρου

Οι περισσότεροι εμπορικοί και επιστημονικοί ανέπαφοι αισθητήρες θερμοκρασίας μετρούν τη θερμική ενέργεια ακτινοβολίας της υπέρυθρης ή οπτικής ακτινοβολίας που παραλαμβάνεται από γνωστή ή υπολογιζόμενη περιοχή στην επιφάνεια ή τον όγκο του μέσα σε αυτό.

Στην περίπτωση της υδροπονικής καλλιέργειας θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ανέπαφους αισθητήρες καθώς μας ενδιαφέρει να μετρήσουμε την θερμότητα που ακτινοβολείται και που υπάρχει γενικά στην ατμόσφαιρα και όχι τόσο την θερμότητα που παράγεται ως αποτέλεσμα, με την επαφή του αισθητήρα με κάποιο αντικείμενο.

Ιδανικό για την περίπτωσή μας είναι το πυρόμετρο. Σε αντίθεση με το θερμόμετρο, και το θερμοστοιχείο, τα πυρόμετρα (αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή) μετρά την ποσότητα της θερμότητας που εκπέμπεται, και όχι την ποσότητα της θερμότητας που επάγονται και μεταφέρονται ως ρεύμα στον αισθητήρα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πυρομέτρων, όπως τα ολικής ακτινοβολίας και τα φωτοηλεκτρικά πυρόμετρα.

Τα πυρόμετρα γενικά διαφέρουν ως προς το είδος της ακτινοβολίας που μετρούν. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας που ανιχνεύεται, και έτσι υπάρχουν πολλές υποθέσεις που πρέπει να γίνουν σχετικά με την ικανότητα ακτινοβολίας, ή το μέτρο του τρόπου με τον οποίο ακτινοβολείται η θερμότητα του αντικειμένου. Αυτές οι υποθέσεις βασίζονται στον τρόπο με τον οποίο ακτινοβολείται η θερμότητα, καθώς και στη γεωμετρία του αντικειμένου. Επειδή η θερμοκρασία εξαρτάται από την ικανότητα εκπομπής ενός σώματος, αυτές οι υποθέσεις σχετικά με την εκπομπή εισάγουν αβεβαιότητες και ανακρίβειες στις μετρήσεις της θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου, λόγω του σφάλματος που σχετίζεται με αυτά, τα πυρόμετρα δεν χρησιμοποιούνται συχνά στη βιομηχανία,

αλλά σε καλλιέργειες που έχουν σαφώς μικρότερες απαιτήσεις από την βιομηχανία, είναι ιδανικά.

Υπάρχουν λοιπόν τα οπτικά πυρόμετρα και τα πυρόμετρα ακτινοβολίας.

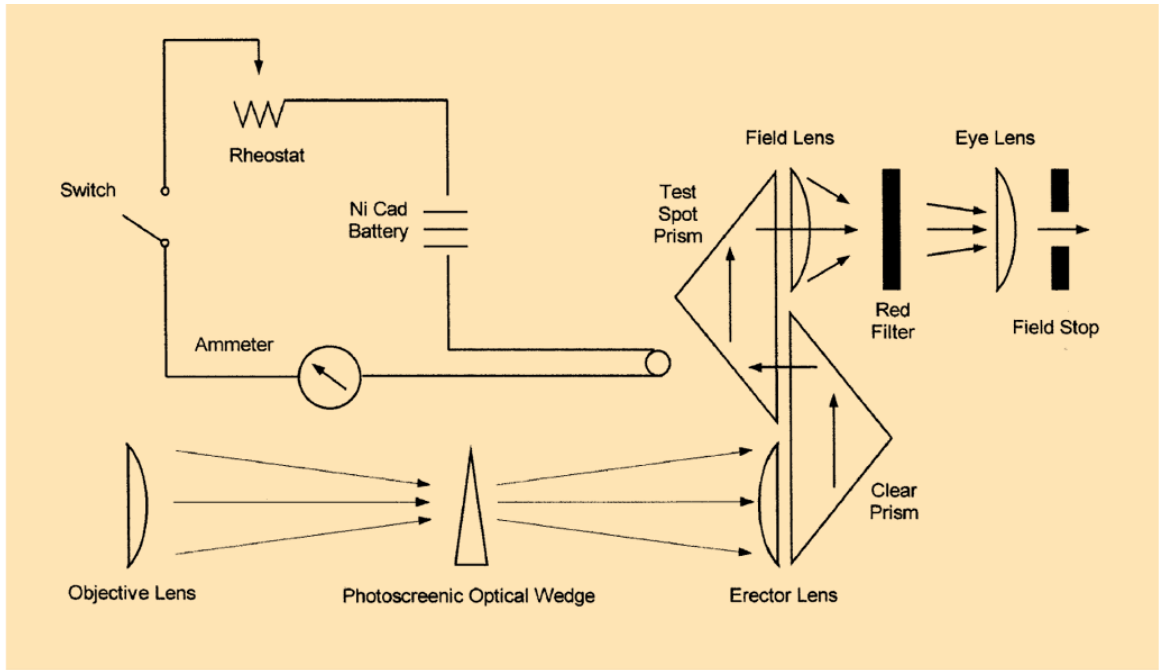
Πώς λειτουργούν τα οπτικά πυρόμετρα:

- Συγκρίνουν το χρώμα του ορατού φωτός που εκπέμπεται από το αντικείμενο με εκείνο ενός ηλεκτρικά θερμαινόμενου σύρματος
- Το σύρμα μπορεί να προκαθορίζεται σε μια ορισμένη θερμοκρασία
- Το καλώδιο μπορεί να ρυθμιστεί με το χέρι ώστε να συγκριθούν τα δύο αντικείμενα

Πώς λειτουργούν τα πυρόμετρα ακτινοβολίας:

- Ο αισθητήρας λειτουργεί με τη μέτρηση της ακτινοβολίας (υπέρυθρο ή ορατό φως) που εκλύει ένα αντικείμενο
- Η ακτινοβολία θερμαίνει ένα θερμοστοιχείο στο πυρόμετρο το οποίο με τη σειρά του επάγει ρεύμα
- Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα που επάγεται, τόσο υψηλότερη είναι και η θερμοκρασία

Τα πυρόμετρα συνήθως χρησιμοποιούνται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ψυχρότερες θερμοκρασίες (Fraden, 2010: 129).



Εικόνα 26. Τρόπος λειτουργίας πυρόμετρου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ LABVIEW

#### 3.1. Εισαγωγή

Το LabView είναι η πιο κομψή και δυνατή γλώσσα προγραμματισμού για τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση δεδομένων, την προσομοίωση και τον έλεγχο οργάνων και μετρήσεων μέσω υπολογιστή. Στηρίζεται στον γραφικό προγραμματισμό μέσω αντικειμένων και αποτελεί ένα καλό παράδειγμα του «αντικειμενοστραφή προγραμματισμού» (object oriented programming). Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται στην πληροφορική σε αντιδιαστολή με τον λεγόμενο «προγραμματισμό διαδικασιών», όπου ο προγραμματιστής γράφει κώδικα εντολών που εκτελούνται με γραμμική διαδοχή. Στο γραφικό περιβάλλον του LabView ο προγραμματιστής δεν χειρίζεται κώδικα, αλλά γραφικά αντικείμενα, όπως κουμπιά, ενδείκτες, οθόνες ή τετραγωνίδια που παριστάνουν συναρτήσεις ή εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες με τη μορφή υπορουτινών. Αυτά τα εικονίδια έχουν εισόδους και εξόδους και επιδέχονται προγραμματισμό των ιδιοτήτων τους.

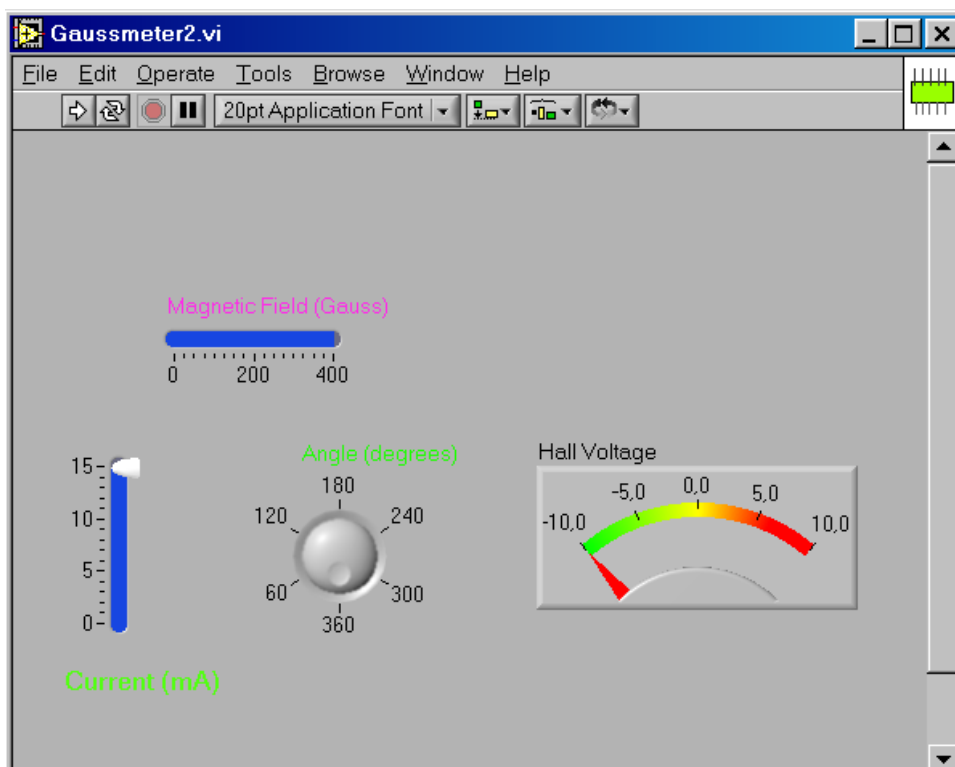
Το όνομα LabView είναι το ακρωνύμιο των λέξεων «Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench» (Σχεδιαστήριο για την Κατασκευή Εργαστηριακών Εικονικών Οργάνων) και αναπτύχθηκε κατά το τέλος της δεκαετίας του 80 από την εταιρία National Instruments (βλέπε [www.ni.com](http://www.ni.com)). Η εταιρία αυτή ειδικεύεται σε συστήματα συλλογής δεδομένων, σε αισθητήρες, αυτοματισμούς και λογισμικό μετρήσεων και ελέγχου.

Προγραμματίζοντας με τα αντικείμενα που μας δίνει το περιβάλλον του LabView δημιουργούμε τα λεγόμενα «εικονικά όργανα» (Virtual Instruments ή απλώς VIs). Η γραφική γλώσσα που χρησιμοποιεί το LabView για τον προγραμματισμό και τη δημιουργία εικονικών οργάνων ονομάζεται γλώσσα G. Είναι πάντως δυνατό να χρησιμοποιήσει κανείς το LabView σε απλό επίπεδο, χρησιμοποιώντας έτοιμα εικονικά όργανα, χωρίς να μπαίνει σε λεπτομέρειες με τη γλώσσα G.

Στα σχήματα της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται δύο απλά εικονικά όργανα που κατασκευάστηκαν με το γραφικό περιβάλλον LabView. Βλέπουμε ότι περιλαμβάνουν διάφορους μεταβολείς, ενδείκτες, οθόνες καταγραφής, κουμπιά επιλογής τιμών κλπ.

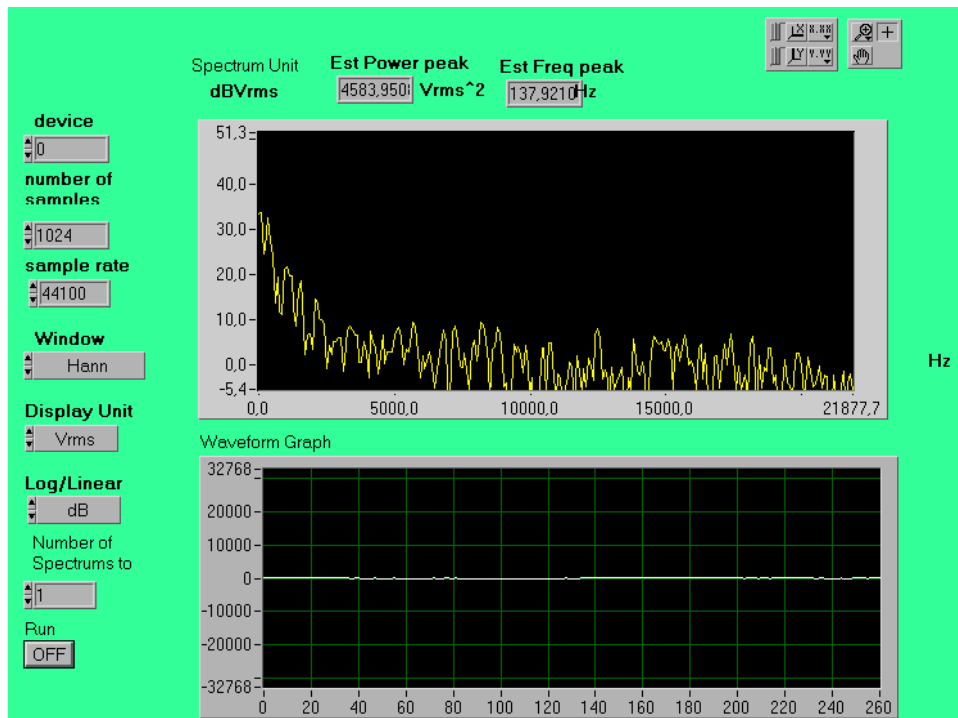
Ένα εικονικό όργανο μπορεί να προσομοιώνει απλώς μια λειτουργία και να την παρουσιάζει στην οθόνη του υπολογιστή, για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Όμως, είναι δυνατό να συνδέεται με τις θύρες εισόδου/εξόδου του υπολογιστή ή με επιπρόσθετες κάρτες επέκτασης, προκειμένου να κάνει πραγματική εισαγωγή ή εξαγωγή δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ο υπολογιστής με τη βοήθεια των εισόδων και των εξόδων μετατρέπεται σε ένα ισχυρό εργαλείο μετρήσεων, με πολλές δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων.

Το LabView διαθέτει έναν αριθμό από έτοιμα VIs και ορισμένα εικονίδια συναρτήσεων που επιτρέπουν την επικοινωνία με όλα τα γνωστά πρωτόκολλα μετάδοσης δεδομένων. Έτσι, υπάρχουν έτοιμες λειτουργίες που επιτρέπουν τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων μέσω της σειριακής θύρας του υπολογιστή, καθώς και μέσω της παράλληλης θύρας.



Εικόνα 27. Εικονικός μετρητής μαγνητικού πεδίου





Εικόνα 28. Μετρητής συχνοτικής απόκρισης

Επίσης, υπάρχουν λειτουργίες για την ανταλλαγή δεδομένων με την κάρτα ήχου, καθώς και με κάρτες επέκτασης που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο GPIB ή IEEE 488. Εξάλλου, όλες οι κάρτες συλλογής δεδομένων της εταιρίας National Instruments είναι συμβατές με το LabView με τη βοήθεια ειδικών οδηγών που ενσωματώνονται στο λογισμικό. Το ίδιο συμβαίνει και με σημαντικό αριθμό άλλων οργάνων, για τα οποία κυκλοφορούν οδηγοί συμβατοί με το LabView.

Έτσι, μέσω των πρωτοκόλλων επικοινωνίας (RS232, Centronics, IEEE488 ή TCP/IP) η πληροφορία που δημιουργείται στην οθόνη του υπολογιστή συνδέεται με πραγματικά όργανα, μέσω του λογισμικού. Όταν πατούμε ένα εικονικό κουμπί στην οθόνη, ενεργοποιείται ένας πραγματικός διακόπτης σε ένα εργαστηριακό όργανο. Σ' αυτήν ακριβώς τη δυνατότητα, που επεκτείνει την απλή προσομοίωση ώστε να γίνεται εφικτός ο έλεγχος αληθινών οργάνων, βρίσκεται και η δύναμη του LabView ως λογισμικού μετρήσεων και ελέγχου.

### 3.2. Δομή του περιβάλλοντος προγραμματισμού

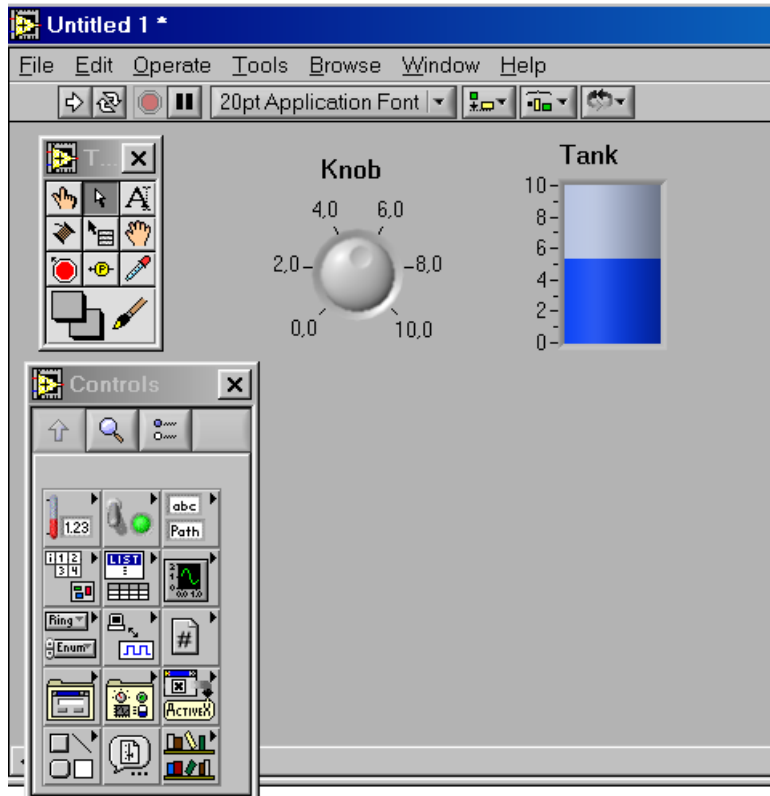
Το LabView έχει τα εξής τρία βασικά μέρη: Το εμπρόσθιο πλαίσιο (front panel), το δομικό διάγραμμα, και τις παλέτες εργαλείων και ελέγχου/λειτουργιών.

Το εμπρόσθιο πλαίσιο μοιάζει με το μπροστινό μέρος ενός οργάνου. Μπορεί να περιέχει κουμπιά, διακόπτες, οθόνες γραφικών κ.ά. Τα στοιχεία του εμπρόσθιου πλαισίου παίρνουν τιμές με τη βοήθεια του ποντικιού ή του πληκτρολογίου. Για παράδειγμα, με το ποντίκι μπορούμε να πατήσουμε έναν διακόπτη και με το πληκτρολόγιο να ορίσουμε τιμή για μια τάση ή για μια θερμοκρασία. Το εμπρόσθιο πλαίσιο είναι αυτό που κυρίως χειρίζεται ο χρήστης. Το παρακάτω σχήμα, όπως και τα παραπάνω είναι παραδείγματα εμπρόσθιου πλαισίου εικονικών οργάνων. Στο παρακάτω σχήμα έχουμε τοποθετήσει στο εμπρόσθιο πλαίσιο ένα περιστροφικό επιλογή και μια κάθετη μπάρα απεικόνισης.

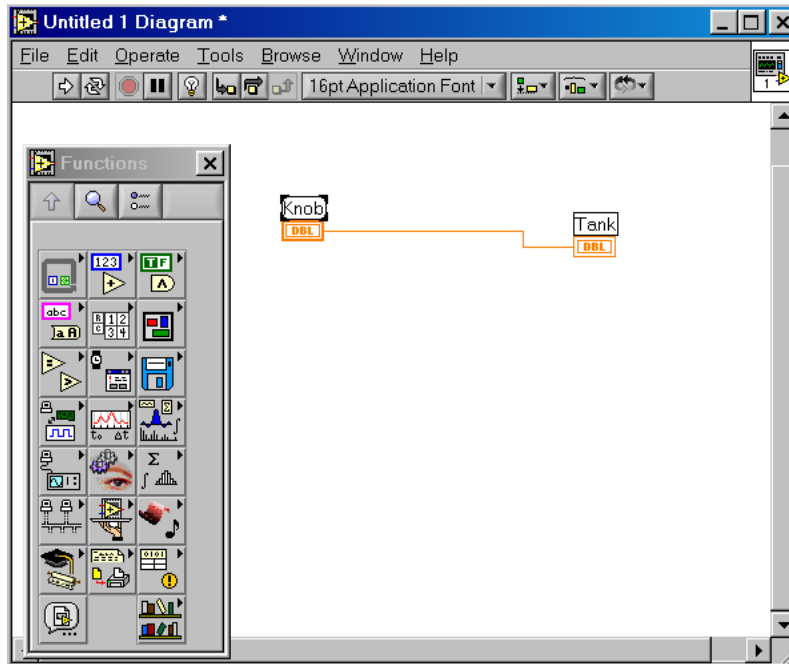
Παρατηρούμε ότι στα αριστερά του εμπρόσθιου πλαισίου στο παρακάτω σχήμα υπάρχουν οι παλέτες Εργαλείων και Ελέγχου. Ανάμεσα στα εργαλεία έχουμε τον δείκτη για τη μετακίνηση και την αλλαγή μεγέθους αντικειμένων, το εργαλείο λειτουργίας για την εισαγωγή δεδομένων και τη μεταβολή των τιμών των μεταβλητών (operate value), το εργαλείο για την εισαγωγή κειμένου και το εργαλείο για τη σύνδεση των στοιχείων του δομικού διαγράμματος (connect wire).

Η παλέτα Ελέγχου περιέχει τα εικονίδια που χρησιμοποιούμε στο εμπρόσθιο πλαίσιο. Εκεί μπορούμε να βρούμε οθόνες απεικόνισης, περιστροφείς, κουμπιά, ενδεικτικές λυχνίες, διακόπτες, οθόνες γραφικών κ. ά.

Το δομικό διάγραμμα υπάρχει πάντα μαζί με το εμπρόσθιο πλαίσιο και ισοδυναμεί με τον κώδικα προγράμματος στη γραφική γλώσσα G. Κάθε στοιχείο του δομικού διαγράμματος παριστάνεται από ένα εικονίδιο. Ένα κουμπί μπορεί να είναι μια μεταβλητή που να παίρνει τιμές True/False ή μια μεταβλητή διπλής ακρίβειας για εισαγωγή δεδομένων, οπότε φαίνεται στο δομικό διάγραμμα με το αντίστοιχο εικονίδιο που συμβολίζει τη μεταβλητή. Μια συνάρτηση έχει το δικό της εικονίδιο, το ίδιο και κάθε ολοκληρωμένη λειτουργία. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται το δομικό διάγραμμα που αντιστοιχεί στο εμπρόσθιο πλαίσιο του παρακάτω σχήμα.

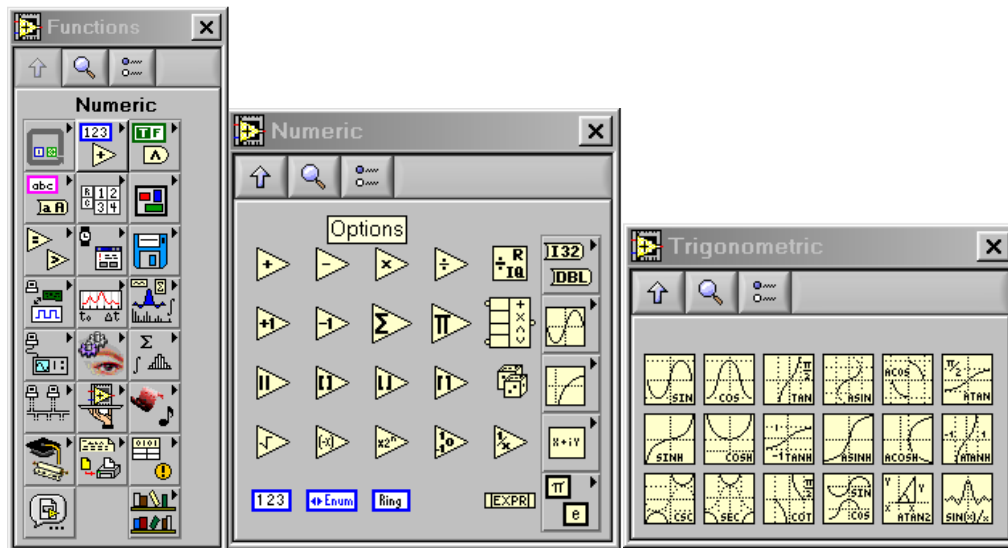


Εικόνα 29. Εμπρόσθιο πλαίσιο (frontpanel) του LabView. Στα αριστερά φαίνεται η παλέτα εργαλείων (Tools) και η παλέτα ελέγχου (Controls)



Εικόνα 30. Λογικό διάγραμμα που αντιστοιχεί στο εμπρόσθιο πλαίσιο

Όταν μεταβαίνουμε από το παράθυρο του εμπρόσθιου πλαισίου στο παράθυρο του δομικού διαγράμματος, η παλέτα ελέγχου (controls) μετατρέπεται αυτόματα στην παλέτα Λειτουργιών (Functions). Εκεί μπορούμε να βρούμε εικονίδια για απλές αριθμητικές λειτουργίες, όπως πρόσθεση αφαίρεση κλπ., εικονίδια μεταβλητών, πινάκων, συγκρίσεων, μετατροπών, εικονίδια για τη δημιουργία αρχείων, εικονίδια συναρτήσεων (ημίτονο, μετασχηματισμούς Fourier κλπ.) εικονίδια προγραμματιστικών δομών, όπως FOR Loop, While Loop, Sequence κλπ. Και τέλος υπάρχουν εικονίδια για χρήση διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας ή συγκεκριμένων έτοιμων οργάνων. Πρόκειται για τη βιβλιοθήκη προγραμματισμού της γλώσσας G.



Εικόνα 31. Παλέτα λειτουργιών και περιεχόμενα της βιβλιοθήκης Numeric και Trigonometric

Σαν παράδειγμα δείχνουμε στο παραπάνω σχήμα το περιεχόμενο των λειτουργιών Numeric, όπου ανάμεσα σε απλές μαθηματικές λειτουργίες περιλαμβάνονται τριγωνομετρικές συναρτήσεις.

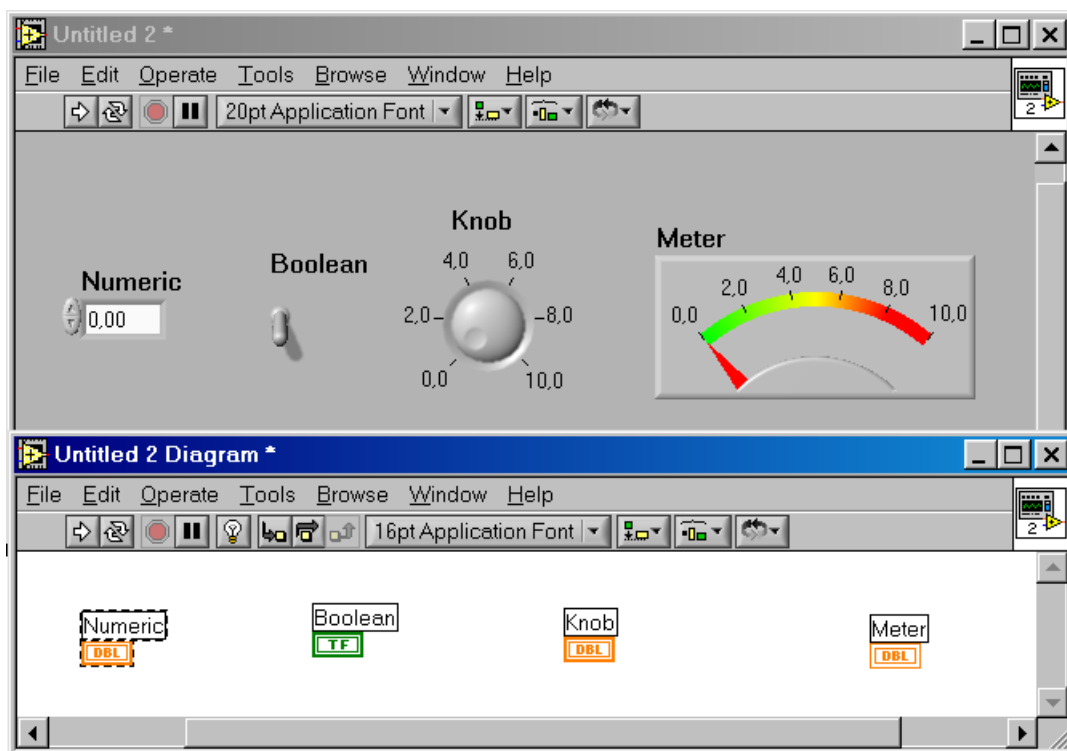
### 3.3. Εφαρμογές

Στα παρακάτω δίνονται ορισμένα τυπικά παραδείγματα απλής χρήσης του λογισμικού LabView για τον σχεδιασμό εικονικών οργάνων, που επιτελούν στοιχειώδη μαθηματική επεξεργασία. Ο αναγνώστης μπορεί να ακολουθήσει τις οδηγίες που δίνονται με τη μορφή σύντομων φύλλων έργου.

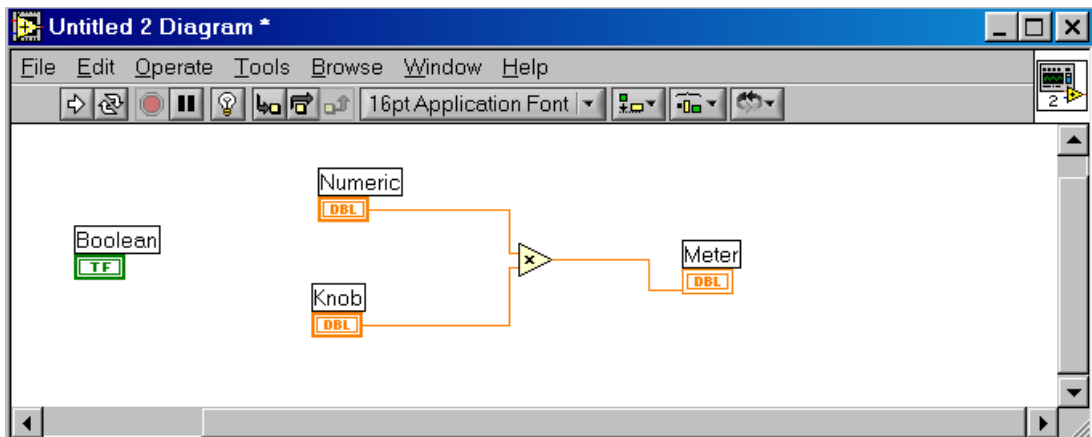
#### α. Εικονικός αναλογικός ενισχυτής

Κατασκευάζεται μια προσομοίωση ενός απλού αναλογικού ενισχυτή. Μια στάθμη εισόδου θα ενισχύεται με ένα κέρδος από μηδέν μέχρι 10 και η στάθμη της εξόδου θα εμφανίζεται σε έναν μετρητή.

Κάθε λειτουργία εισόδου ή εξόδου δεδομένων έχει μια γραφική αναπαράσταση. Ένας διακόπτης κυλιόμενων ενδείξεων χρησιμεύει για την ρύθμιση της στάθμης εισόδου, ένα ποτενσιόμετρο ρυθμίζει την ενίσχυση και ένας αναλογικός μετρητής εμφανίζει το αποτέλεσμα. Τέλος, ένας διακόπτης ON/OFF ανοίγει και κλείνει τον ενισχυτή.



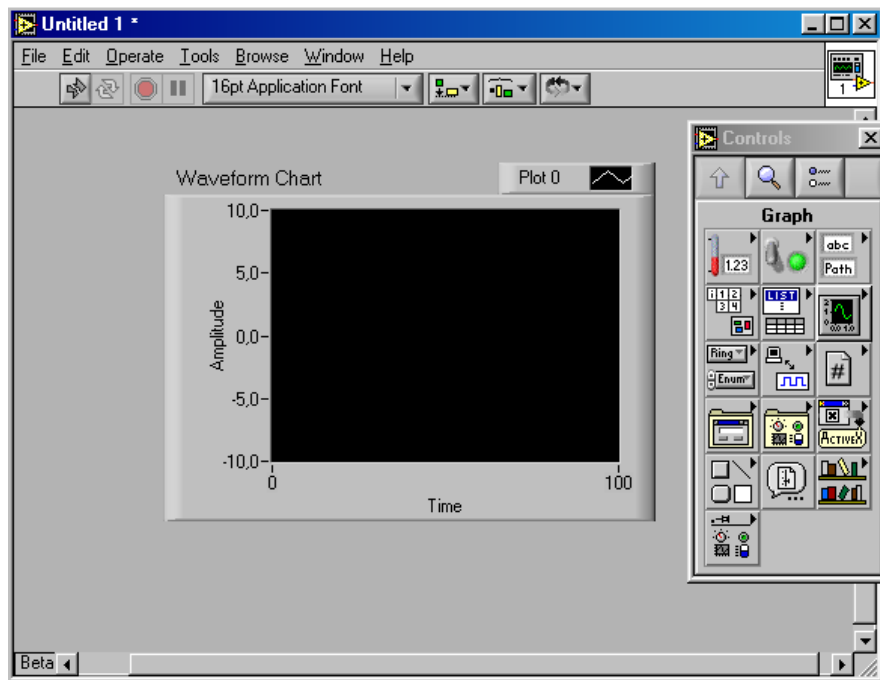
Εικόνα 32. Βασικά μέρη του αναλογικού ενισχυτή στο εμπρόσθιο πλαίσιο και στο διάγραμμα βαθμίδων



Εικόνα 33. Συνδέσεις στο δομικό διάγραμμα

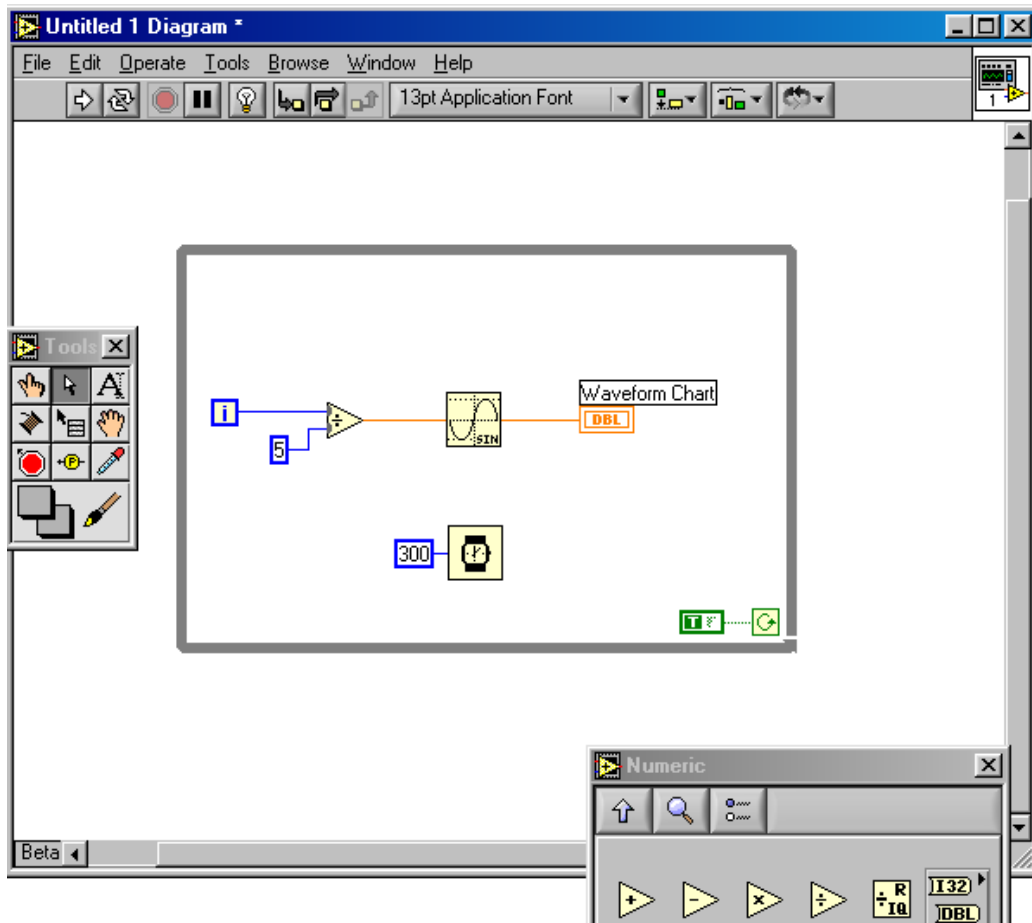
### β. Παραγωγή ημιτόνου

Στην εφαρμογή αυτή χρησιμοποιούμε μια βασική δομή προγραμματισμού που διαθέτει το πρόγραμμα LabView, τη δομή WHILE LOOP. Πρόκειται για ένα βρόχο επανάληψης, ο οποίος επαναλαμβάνει διαρκώς το πρόγραμμα που είναι γραμμένο στο εσωτερικό του, όσο είναι αληθής η συνθήκη που ελέγχει το βρόχο. Κάθε φορά που επαναλαμβάνεται ο βρόγχος, ο δείκτης επανάληψης  $i$  αυξάνει κατά 1.



Εικόνα 34. Εισαγωγή γραφήματος στο εμπρόσθιο πλαίσιο

Με τη βοήθεια του WHILE LOOP και των τριγωνομετρικών συναρτήσεων θα δημιουργήσουμε ένα εικονικό όργανο που παράγει μια ημιτονική κυματομορφή και την καταγράφει σε διάγραμμα.



Εικόνα 35. Δομικό διάγραμμα για την παραγωγή ημιτόνου

### γ. Εικονικός μετρητής Hall

Οι αισθητήρες Hall (Χωλ) χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη μέτρηση μαγνητικών πεδίων. Στηρίζονται στο λεγόμενο φαινόμενο Hall: Ένα ορθογώνιο δείγμα μετάλλου ή ημιαγωγού που διαρρέεται από ρεύμα  $I$ , αν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο εμφανίζει στις πλευρές του μια τάση  $V_H$  που ονομάζεται τάση Hall. Η τάση αυτή οφείλεται στο φαινόμενο Lorentz, κατά το οποίο οι φορείς αποκλίνουν από την ευθεία, όταν κινούνται μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Η τάση Hall είναι ανάλογη του ρεύματος που περνά από το δείγμα, ανάλογη προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου και εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση του ρεύματος με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.

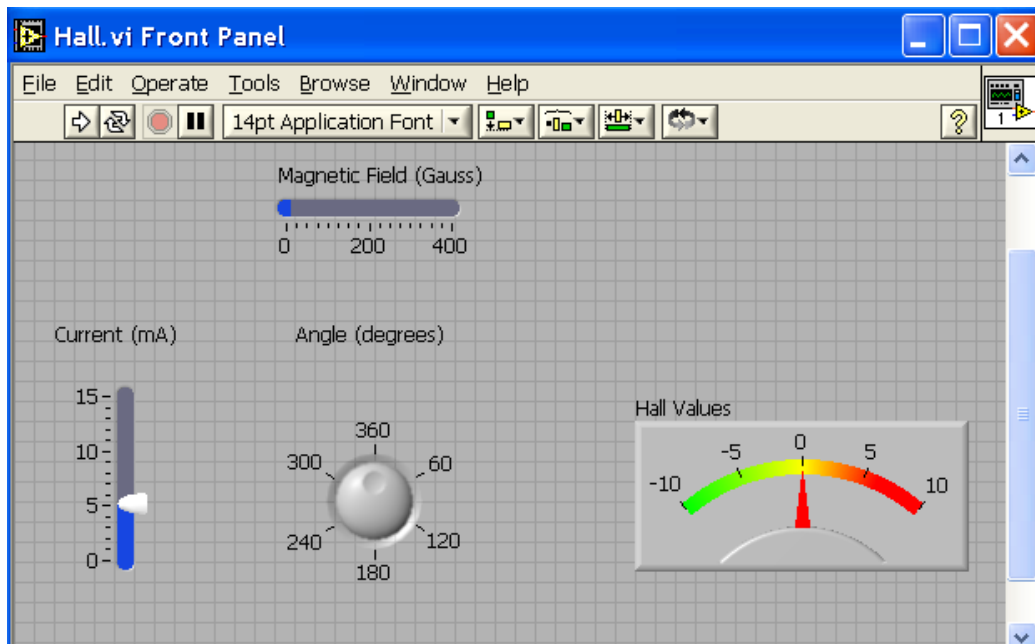


Η σχέση που μας δίνει την τάση Hall είναι:

$$V_H = \gamma IB \sin\theta,$$

όπου  $I$  το ρεύμα,  $B$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου,  $\theta$  η γωνία και  $\gamma$  ένας συντελεστής που εξαρτάται από το υλικό.

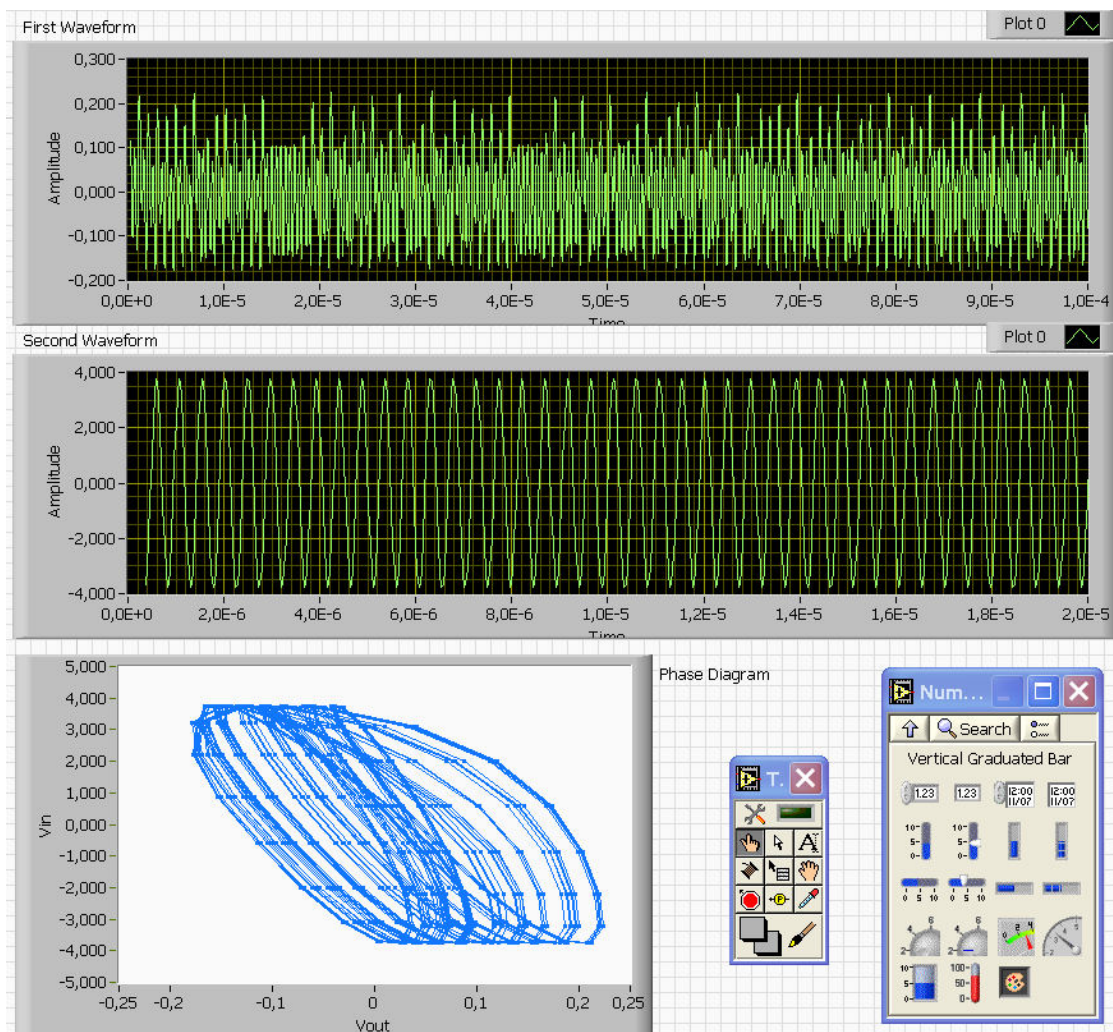
Ο αναγνώστης μπορεί να προσομοιώσει έναν μετρητή μαγνητικού πεδίου, ο οποίος θα δέχεται σαν είσοδο τις παραμέτρους  $I$ ,  $B$ ,  $\theta$  και θα παράγει σε μια αναλογική απεικόνιση την τάση Hall. Μπορεί να χρησιμοποιήσει ενδεικτικά το παραπάνω πλαίσιο και το δομικό διάγραμμα.



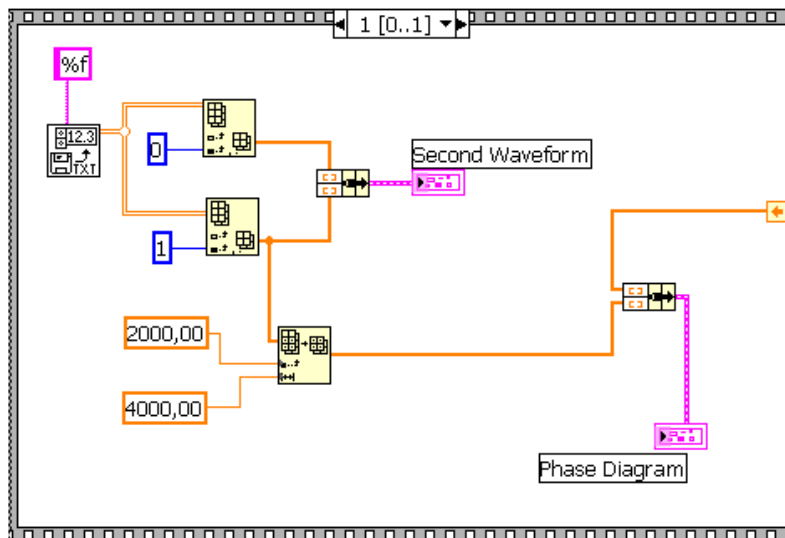
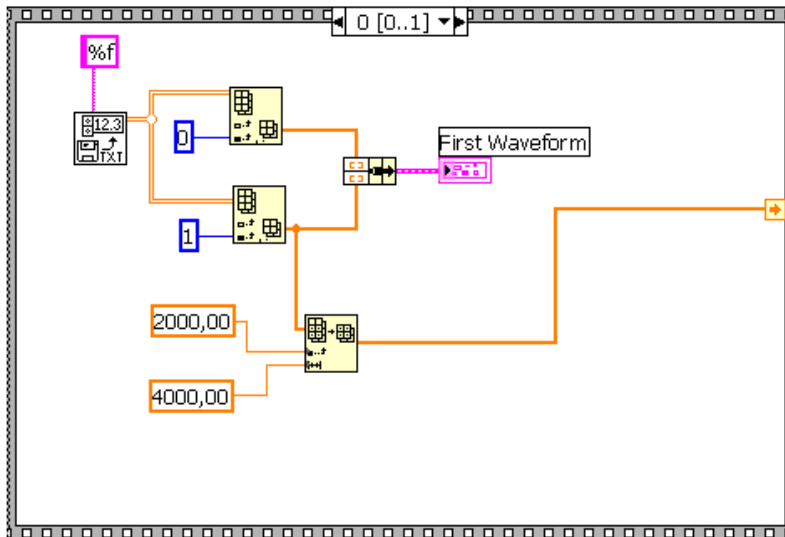
Εικόνα 36. Εμπρόσθιο πλαίσιο για τον εικονικό μετρητή Hall

#### δ. Χρήση αρχείων και πινάκων

Η εφαρμογή αυτή είναι ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα που μας εισάγει σε μερικές ακόμη δυνατότητες προγραμματισμού με τη βοήθεια του λογισμικού LabView. Έστω, λοιπόν, ότι έχουμε δύο αρχεία μετρήσεων σε μορφή .txt, που το καθένα περιέχει ζεύγη τιμών χρόνου και τάσης για διάφορες τιμές του χρόνου  $t$ . Αλλιώς, έχουμε δύο αρχεία  $(t, V1)$  και  $(t, V2)$ . Η μία χρονοσειρά έστω ότι παριστάνει την εξέλιξη της τάσης εισόδου με τον χρόνο, ενώ η άλλη παριστάνει την εξέλιξη της τάσης εξόδου ενός κυκλώματος. Ο σκοπός μας είναι να παράγουμε με τη βοήθεια των δύο αυτών χρονοσειρών τάσης ένα διάγραμμα που στον οριζόντιο άξονα έχει τις τιμές  $V1$  και στον κατακόρυφο έχει τις τιμές  $V2$ . Πρόκειται για μια ασθενή εκδοχή ενός φασικού διαγράμματος.



Εικόνα 37. Δημιουργία φασικού διαγράμματος από δύο αρχεία χρονοσειρών



Εικόνα 38. Τα δύο πλαίσια της ακολουθίας (sequence) για τη δημιουργία του φασικού διαγράμματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ INTERNET ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

#### 4.1. Γενικά στοιχεία

Το Internet of Things αποτελεί το επόμενο μεγάλο βήμα στον χώρο της τεχνολογίας, με τη μεγάλη όμως διαφορά ότι φέρνει τεράστιες αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων.

Πολλά έχουν γραφτεί για τις δυνατότητες που προσφέρει το Internet of Things. Άλλωστε ποιος δεν έχει ακούσει ή διαβάσει για το «έξυπνο» ψυγείο που είναι σε θέση να σου υπενθυμίσει ότι πρέπει να αγοράσεις περισσότερο γάλα. Ωστόσο, στην πραγματικότητα το IoT είναι πολλά περισσότερα.

Ενδεικτικά θα πρέπει να αναφέρουμε πρόσφατη μελέτη της εταιρείας ερευνών Gartner η οποία προβλέπει ότι το Internet of Things θα επιφέρει μία συνολική οικονομική πρόσθετη αξία της τάξης των 1,9 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, μέχρι το έτος 2020. Παράλληλα, υπολογίζεται ότι ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα φτάσει τον αριθμό των 26 δισεκατομμυρίων, ενώ οι πληροφορίες που διαχειρίζονται οι επιχειρήσεις θα αυξηθεί έως και 14 φορές.

Σύμφωνα με την Gartner, στο IoT θα περιλαμβάνονται συσκευές που δεν θα είναι απαραίτητα συνδεδεμένες απευθείας με το Διαδίκτυο, αλλά θα μπορούν να είναι συνδεδεμένες σε τοπικά δίκτυα. Επιπρόσθετα, το Internet of Things επεκτείνεται πέρα από τις ανθρωποκεντρικές συσκευές (δηλαδή αυτές με περιβάλλον χρήσης και επικοινωνίας), σε συσκευές όπως οι θερμοστάτες του μελλοντικού «έξυπνου» σπιτιού, οι βιομηχανικοί αισθητήρες και οι δικτυωμένες κάμερες ασφαλείας.

Παράλληλα όμως με την ανάπτυξη του IoT αυξάνεται και η ανάγκη για δυνατότητα διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο αυξημένων απαιτήσεων κίνησης δεδομένων. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό καθώς θα πρέπει να παρέχεται επαρκές εύρος ζώνης για να καλύπτει από έναν αισθητήρα τοποθετημένο σε μία πόρτα μέχρι υψηλής ευκρίνειας

βίντεο που θα προέρχεται από μία κάμερα ασφαλείας. Ανάλογες θα είναι φυσικά και οι απαιτήσεις σε επίπεδο κρυπτογράφησης και ασφάλειας των δεδομένων.

Συνολικά, τα επόμενα χρόνια αναμένεται μία έξαρση του αριθμού των συνδεδεμένων συσκευών, των τοποθεσιών που αυτές βρίσκονται και φυσικά των λειτουργιών που αυτές θα εκτελούν. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τα μελλοντικά νοσοκομεία: πέρα από τις standalone συνδεδεμένες συσκευές θα υπάρχουν πληθώρα συσκευών οι οποίες θα βρίσκονται συνδεδεμένες με τους σταθμούς παρακολούθησης ασθενών του νοσηλευτικού προσωπικού.

Σύντομα, ελπίζουμε και στην Ελλάδα κάποια στιγμή, θα δούμε server-based εφαρμογές που θα είναι συνδεδεμένες σε ασφαλή δίκτυα και θα μπορούν να παρακολουθούν την κατάσταση του ασθενή, παρέχοντας το σύνολο των δεδομένων της κλινικής του κατάστασης ώστε το νοσηλευτικό προσωπικό να έχει άμεσα συνολική εικόνα της κατάστασής του. Με τον τρόπο αυτό θα μπορεί να παρέχεται καλύτερη φροντίδα στους ασθενείς σε σαφώς μικρότερο χρόνο.

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπου απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση της ροής των χρησιμοποιούμενων υλικών ώστε να αυξάνεται η παραγωγικότητα. Αισθητήρες προσδιορισμού θέσης θα είναι τοποθετημένοι στα υλικά που κινούνται πάνω σε μία γραμμή παραγωγής και που στη συνέχεια αποθηκεύονται. Οι ίδιοι αισθητήρες μπορούν να βρίσκονται σε περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, σε παλέτες και σε εργαζόμενους ώστε μέσω ενός κεντρικά διαχειριζόμενου λογισμικού να δίνονται οδηγίες σε πραγματικό χρόνο.

Σε σπίτια, γραφεία και λοιπούς χώρους εργασίας, αισθητήρες θα μπορούν να παρακολουθούν τα δίκτυα κοινής ωφέλειας και να προσφέρουν έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση πτώσης τους ηλεκτρικού ρεύματος, διαρροής νερού και υπερφόρτωσης του ηλεκτρικού δικτύου. Τα δεδομένα που θα συγκεντρώνονται θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης, να εντοπίζουν ανάγκες και να προβλέπουν ειδικές απαιτήσεις. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Όσλο, όπου με τέτοιου είδους έξυπνες λύσεις επιτεύχθηκε μείωση στο κόστος ενέργειας κατά 62%.

Στο ίδιο μήκος κύματος κινούνται και οι χρήσεις των γνωστών σε όλους μας wearables. Αισθητήρες παρακολούθησης των καρδιακών παλμών σε συνδυασμό με εφαρμογές κινητών που μετρούν βήματα και αποστάσεις που έχουμε διανύσει είναι από τις πιο κοινές εφαρμογές του «καταναλωτικού» Internet of Things.

Συσκευές που μπορούμε να φοράμε, όπως ένα smartwatch, ένα band, ένα ζευγάρι «έξυπνα» γυαλιά ή ακόμη και ένα smartphone θα μπορεί, μέσω ειδικής υπηρεσίας, να συγκεντρώνει δεδομένα τα οποία θα διαμοιράζει σε socialmedia, στον προσωπικό μας γυμναστή ή πολύ περισσότερο στον γιατρό μας. Τέλος, υπηρεσίες cloud-based θα μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες μουσικής ή location-basedservices.

## **4.2. Εφαρμογές**

Το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» είναι ένα εγχείρημα, μία ιδέα, που έχει την βάση του στην σύνδεση διάφορων μικρών και μεγάλων συσκευών ή και οχημάτων με ενσωματωμένους αισθητήρες και εξοπλισμό διασύνδεσης τόσο μεταξύ τους όσο και με τον κατασκευαστή, για να λαμβάνουν και να μεταδίδουν σχετικά δεδομένα, με στόχο να προσφέρουν περισσότερες υπηρεσίες.

Οι δυνατότητες του IoT στο χώρο της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας εκτείνονται από τη δημιουργία, τη μετάδοση και την εξατομίκευση περιεχομένου για νέες τεχνολογικές πλατφόρμες, έως και τη μέτρηση της χρήσης των μέσων επικοινωνίας μέσω τεχνικών ανάλυσης δεδομένων.

Σύμφωνα με την έκθεση, ο κλάδος της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας ήδη χρησιμοποιεί ορισμένες κατηγορίες αισθητήρων, όπως αυτές που ανιχνεύουν την κίνηση, καθώς και αισθητήρες εικόνας που χρησιμοποιούνται σε κινούμενα σχέδια, παιχνίδια, βίντεο, στον αθλητισμό και τις εφαρμογές 3D, δημιουργώντας νέες, πιο φιλικές προς το χρήστη εμπειρίες ψυχαγωγίας.

Όμως, οι διαρκώς αυξανόμενες δυνατότητες των αισθητήρων του IoT επιτρέπουν στις συνδεδεμένες συσκευές να διαβάζουν, να μετρούν και να κατανοούν τους καταναλωτές σε πρωτόγνωρα επίπεδα.

Οπλισμένες με ουσιαστική γνώση σχετικά με τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις του καταναλωτή, οι επιχειρήσεις ενημέρωσης και ψυχαγωγίας θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τα ψηφιακά δεδομένα, προκειμένου να παρέχουν εξατομικευμένες εμπειρίες ψυχαγωγίας, που θα λαμβάνουν υπόψη τη θέση και το περιβάλλον του χρήστη, διευρύνοντας τις δυνατότητες των συσκευών που οι χρήστες ήδη κατέχουν.

Για να εκμεταλλευτούν πλήρως τις ευκαιρίες που δημιουργεί το IoT, υπάρχει επίσης η δυνατότητα να επεκταθούν σε τεχνολογικές πλατφόρμες που σήμερα δε θεωρούνται μέρος του ψυχαγωγικού οικοσυστήματος, ή που δεν έχουν εφευρεθεί ακόμα.

Στο μέλλον, δε θα είναι διόλου απίθανο να έχει ο καταναλωτής τη δυνατότητα να λαμβάνει ειδήσεις και πληροφορίες μέσω οικιακών συσκευών, ή να κατεβάζει σε πραγματικό χρόνο βίντεο σε αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα. Είναι σαφές ότι οι επερχόμενες τεχνολογικές εξελίξεις θα επαναπροσδιορίσουν δραματικά τις προσδοκίες των καταναλωτών στο κοντινό μέλλον.

Ένα από τα σημαντικότερα αναμενόμενα οφέλη του IoT για τους ανθρώπους του marketing, σύμφωνα με την έρευνα, είναι η δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης πληροφοριών σχετικών με τις συνήθειες και τις προτιμήσεις του καταναλωτή και, το σημαντικότερο, το εκάστοτε πλαίσιο στο οποίο καταναλώνεται η ενημέρωση ή η ψυχαγωγία.

Οι καλύτερες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων (dataanalytics) θα συμβάλλουν στη βελτίωση του σημερινού ελλιπούς συστήματος μέτρησης της κατανάλωσης περιεχομένου και υπηρεσιών ενημέρωσης και ψυχαγωγίας, όπως η αναγνώριση και αντιστοίχιση μοναδικών χρηστών που χρησιμοποιούν διαφορετικές πλατφόρμες, ενισχύοντας την κατανόηση των στελεχών marketing για το κοινό τους.

Για παράδειγμα, η διάδοση του IoT θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις των μέσων ψυχαγωγίας όχι μόνο να κατανοήσουν τι παρακολουθεί ένας καταναλωτής, αλλά και να μετρήσουν πώς, πού, γιατί και με ποιους το βλέπει.

Αυτό το νέο επίπεδο πληροφόρησης και κατανόησης του εκάστοτε πλαισίου χρήσης που εξασφαλίζουν οι έξυπνες συσκευές, θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις ενημέρωσης και ψυχαγωγίας να προσφέρουν στοχευμένες διαφημίσεις, οι οποίες ανταποκρίνονται στη διάθεση, τη σωματική δραστηριότητα ή τη θέση ενός ατόμου σε πραγματικό χρόνο. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο θα ωθήσει τη διαφημιστική βιομηχανία να επαναπροσδιορίσει εντελώς το μέτρο της επιτυχίας της.

Εάν οι έξυπνες συσκευές παρέχουν χρήσιμα δεδομένα στους παρόχους περιεχομένου, χωρίς να αισθάνεται ο χρήστης ότι παραβιάζεται η ιδιωτικότητα των προσωπικών του δεδομένων, και το περιεχόμενο προσαρμόζεται άμεσα στην εκάστοτε στιγμή, ερμηνεύοντας τη διάθεση, τις ανάγκες και τις προθέσεις των χρηστών και εκπέμποντας, παράλληλα, στοχευμένες διαφημίσεις και επικοινωνία, τότε οι δυνατότητες για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών προς τις διαφημιζόμενες εταιρείες που θα κάνουν χρήση αυτών των τεχνολογιών, έναντι αυτών που θα παραμείνουν στο παραδοσιακό διαφημιστικό μοντέλο, θα είναι τεράστιες.

Για να μπορέσουν οι επιχειρήσεις ενημέρωσης και ψυχαγωγίας να εκμεταλλευτούν πλήρως τις δυνατότητες του IoT, πρέπει να εξετάσουν επίσης τους σχετικούς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένων των εμποδίων του ρυθμιστικού πλαισίου, των νομικών και κανονιστικών θεμάτων, των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, της έλλειψης προτύπων διασύνδεσης και της παρούσας περιορισμένης κλίμακας διάδοσης του IoT.

Οι μεγαλύτερες προκλήσεις σχετίζονται με τη διασφάλιση της ιδιωτικότητας και την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Η προστασία των προσωπικών δεδομένων είναι ένα θέμα με εκθετικά αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας, καθώς το IoT συγκεντρώνει τεράστιες ποσότητες δεδομένων και συνδέει όλο και περισσότερες συσκευές, λογισμικό, μηχανήματα και ανθρώπους.



Η γρήγορη διάδοση του IoT οφείλεται στο ότι όλο και περισσότερες συσκευές διαθέτουν σύστημα Wi-Fi ή Bluetooth καθώς και προηγμένους αισθητήρες. Για παράδειγμα, σε ένα σπίτι με “έξυπνες” συσκευές όπως το ψυγείο, η καφετιέρα, η κουζίνα και ο θερμοστάτης μέσω της σύνδεσης τους στο διαδίκτυο μπορούν να ελεγχθούν από απόσταση μέσω ίντερνετ χρησιμοποιώντας το smartphone ή τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το Internet of Things θα φέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο διοίκησης και λειτουργίας των επιχειρήσεων και οργανισμών. Ενδεικτικά, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την εταιρία ερευνών Gartner προβλέπεται ότι το IoT θα φέρει κέρδη αξίας 2 δισεκατομμυρίων δολαρίων μέχρι το 2020 και ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα φτάσει τον αριθμό των 26 δισεκατομμυρίων. Ο όγκος των πληροφοριών που θα προκύψουν εκτιμάται πως θα είναι 14 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο των δεδομένων που παράγονται σε ετήσια βάση.

Το IoT αποτελεί μια τεχνολογία που θα αλλάξει τις ισορροπίες στο μέλλον, θα φέρει δραματικές αλλαγές στις αγορές, τις υπηρεσίες υγείας και στη βιομηχανία. Τα δεδομένα που θα συγκεντρώνονται θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης, τον εντοπισμό και την πρόβλεψη των αναγκών των ανθρώπων και των οργανισμών πριν αυτές εκδηλωθούν. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της πόλης του Όσλο, όπου με τέτοιου είδους έξυπνες λύσεις επιτεύχθηκε η μείωση του ενεργειακού κόστους κατά 62%.

Το Internet of Things αποτελεί κάτι περισσότερο από μια διευκόλυνση για τους καταναλωτές, δεδομένου ότι δημιουργεί νέες πηγές πληροφοριών, νέα επιχειρηματικά μοντέλα, νέες υπηρεσίες και νέα καινοτόμα προϊόντα σε πολλούς κλάδους. Ενδεικτικά κάποιοι κλάδοι που θα επηρεαστούν άμεσα είναι :

### ***Υγειονομική περίθαλψη & υπηρεσίες υγείας***

Πολλοί άνθρωποι παγκοσμίως ήδη χρησιμοποιούν smartwatches ή άλλες έξυπνες συσκευές για να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας τους. Εκτιμάται πως στο άμεσο μέλλον στα νοσοκομεία η παρακολούθηση των ασθενών θα γίνεται μέσω μόνιτορ τα οποία θα είναι συνδεδεμένα σε ένα δίκτυο IoT. Με αυτόν τον τρόπο θα

βελτιωθούν οι υπηρεσίες υγείας και υγειονομικής περίθαλψης, θα να εξοικονομηθεί χρόνος και θα μειωθεί δραματικά το κόστος περίθαλψης των ασθενών.

### ***Μεταφορές***

Κάποτε τα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα φάνταζαν σενάριο επιστημονικής φαντασίας, τα τελευταία χρόνια εταιρίες όπως η TeslaMotors, η BMW και η Volvo έχουν δημιουργήσει αυτοκίνητα τα οποία κινούνται αυτόνομα ή με την επίβλεψη του ανθρώπου. Αξιοποιώντας την τεχνολογία αυτή τα αυτοκίνητα είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο συλλέγοντας πληροφορίες για τη διαδρομή, την κίνηση στους δρόμους, τις κλιματολογικές συνθήκες και τη κατάσταση του οδοστρώματος μετέπειτα αναλύουν και επεξεργάζονται τις πληροφορίες έτσι μπορούν να αποφασίσουν ποια είναι η κατάλληλη ταχύτητα και βέλτιστη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί. Το 2016 η εταιρία μεταφορών Uber πρόσθεσε στο αυτοκινητιστικό της στόλο τα πρώτα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα τα οποία θα προσφέρουν υπηρεσίες μεταφορών οι οποίες θα κοστίζουν λιγότερο.

### ***Λιανικό Εμπόριο***

Τόσο οι καταναλωτές όσο και τα καταστήματα μπορούν να επωφεληθούν από τις λειτουργίες IoT στο εμπόριο. Οι επιχειρήσεις θα μπορούν να παρακολουθούν τα αποθέματα τους αυτοματοποιημένα και θα ειδοποιούνται σε πραγματικό χρόνο για την πορεία λειτουργιών ή επιχειρησιακών διαδικασιών. Θα αυξηθεί η ροή πληροφοριών που θα έχει στη διάθεση της η επιχείρηση με τις εφαρμογές mobilewallet να έρχονται και να προστίθονται με την σειρά τους στα εργαλεία της εταιρίας που βασίζονται στην τεχνολογία IoT. Επίσης, μέσω χρήσης αισθητήρων και των συστημάτων παρακολούθησης θα γνωρίζει ανά πάσα ώρα και στιγμή πόσοι καταναλωτές βρίσκονται στο κατάστημα αλλά και τι ενέργειες πραγματοποιούν. Βασισμένη στο IoT έχει αναπτυχθεί τεχνολογία η οποία ανιχνεύει και ταυτόχρονα αναλύει τις ανθρώπινες εκφράσεις. Έτσι η επιχείρηση μπορεί να εξάγει πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις των καταναλωτών βασισμένες στις εκφράσεις και τις συνήθειες τους. Εκμεταλλευόμενοι αυτή την τεχνολογία η διαφήμιση και η προώθηση των προϊόντων θα γίνεται πιο αποτελεσματικά και άμεσα. Από τη μεριά των καταναλωτών οι αγορές θα γίνουν γρηγορότερες αφού οι νέοι τρόποι πληρωμής

που θα ενταχθούν θα κάνουν τις πληρωμές αυτοματοποιημένες. Επιπρόσθετα, μέσω των πληροφοριών που θα έχουν συλλέξει οι εταιρίες θα μπορούν να προσφέρουν εξατομικευμένα προϊόντα και υπηρεσίες αυξάνοντας κατακόρυφα την ικανοποίηση των πελατών τους.

Η μεγαλύτερη πρόκληση που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν οι εταιρίες είναι η ασφάλεια. Σκεφτείτε ένα τεράστιο δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών οι οποίες ανταλλάσσουν, επεξεργάζονται και συλλέγουν πληροφορίες. Όλος αυτός ο όγκος θα πρέπει να αρχειοθετηθεί και να ταξινομηθεί με ασφάλεια. Για παράδειγμα, έχουμε αισθητήρες για να παρακολουθούμε την υγεία ενός ασθενή, θα πρέπει να διασφαλίσουμε ότι αυτά τα δεδομένα θα μείνουν ασφαλή και δεν θα πέσουν στα χέρια λάθος ανθρώπων. Εξίσου σημαντική αποτελεί η διαδικασία εύρεσης αξιόπιστων και ενεργειακά αποδοτικών τρόπων αποθήκευσης και ανάλυσης των δεδομένων που θα παράγουν ταυτόχρονα δισεκατομμύρια συσκευές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΤΡΟΠΟΣ ΕΙΣΔΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟ LABVIEW

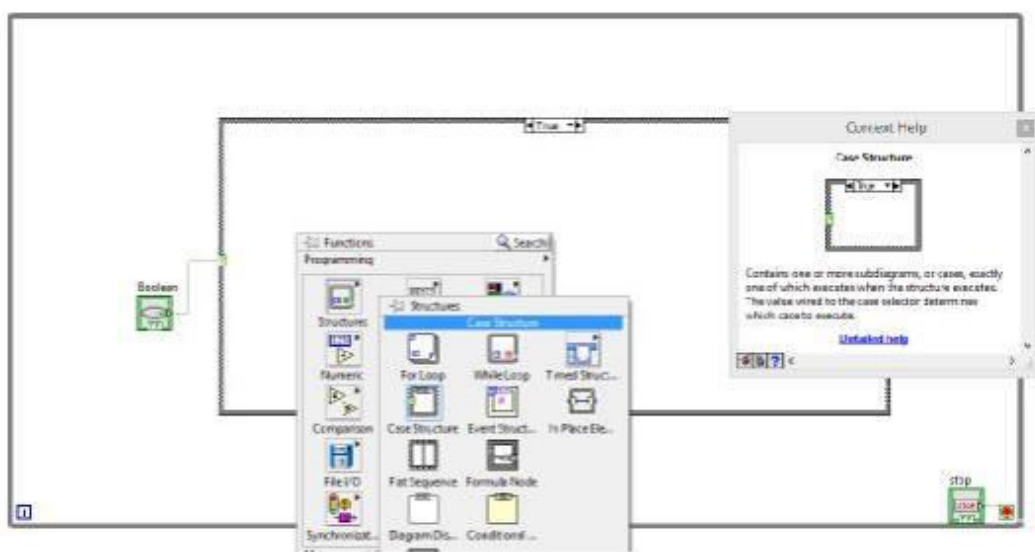
ToLabVIEW ® (LaboratoryVirtualInstrumentEngineeringWorkbench) είναι μία πανίσχυρη γλώσσα προγραμματισμού instrumentation και ανάλυσης για υπολογιστές. Τρέχει στα λειτουργικά συστήματα : Win(3.1, 95, NT, 2K, XP, Vista), Solaris, Macintosh, HP-UX. ΤοLabVIEW ξεφεύγει από την παραδοσιακή φύση γλωσσών προγραμματισμού, εισάγοντας τον χρήστη σε ένα γραφικό περιβάλλον για instrumentation με όλα τα εργαλεία για συλλογή μετρήσεων, έλεγχο αυτόνομων οργάνων, ανάλυση και παρουσίαση. Σε αυτή τη γραφική γλώσσα προγραμματισμού που λέγεται “G”, μπορείτε να φτιάξετε το πρόγραμμα σας σε διαγραμματικά μπλοκ, κάτι πολύ φυσικό για μηχανικούς και επιστήμονες. Αφού φτιάξετε τα διαγράμματα σας, το LabVIEW τα μεταφράζει σε κώδικα μηχανής. Το LabVIEW αποτελεί ένα ενιαίο σύστημα συλλογής μετρήσεων, ανάλυσης, ελέγχου και παρουσίασης. Για την συλλογή μετρήσεων και έλεγχο οργάνων, το LabVIEW υποστηρίζει RS-232/422/485, IEEE488(GPIB), VISA, VXI, καθώς επίσης και κάρτες δειγματοληψίας. Μία ολοκληρωμένη βιβλιοθήκη από drivers για όργανα, διευκολύνει τον έλεγχο αυτόνομων οργάνων. Για την ανάλυση δεδομένων, υπάρχουν ρουτίνες Επεξεργασίας Σήματος, Φίλτρων, Στατιστικής, Παρεμβολής, Γραμμικής Άλγεβρας κ.ο.κ. Τέλος, όντας γραφικό στην φύση του, το LabVIEW παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σαν σύστημα παρουσίασης αποτελεσμάτων.

Το VISA (Virtual Software Architecture) είναι ένα πρότυπο για τη διαμόρφωση, τον προγραμματισμό, και την επίλυση προβλημάτων οργανωμένων συστημάτων η οποία περιλαμβάνει διεπαφές GPIB, VXI, PXI, Serial, Ethernet, and/or USB. Το VISA παρέχει τον προγραμματιστικό περιβάλλον μεταξύ υλικού και αναπτυξιακού περιβάλλοντος όπως το LabVIEW στη δικιά μας περίπτωση, το LabWindows/CVI και το MeasurementStudio για Microsoft VisualStudio. Το NI-VISA είναι μία εφαρμογή της NationalInstruments του προτύπου VISA I/O. Περιλαμβάνει βιβλιοθήκες λογισμικού, διαδραστικές υπηρεσίες όπως NI I/O Trace και τη VISA

Interactive Control, και τα προγράμματα διαμόρφωσης μετρήσεων και Αυτοματισμών για όλες τις αναπτυξιακές ανάγκες. Το NI-VISA είναι πρότυπο σε όλη τη σειρά προϊόντων της National Instruments.

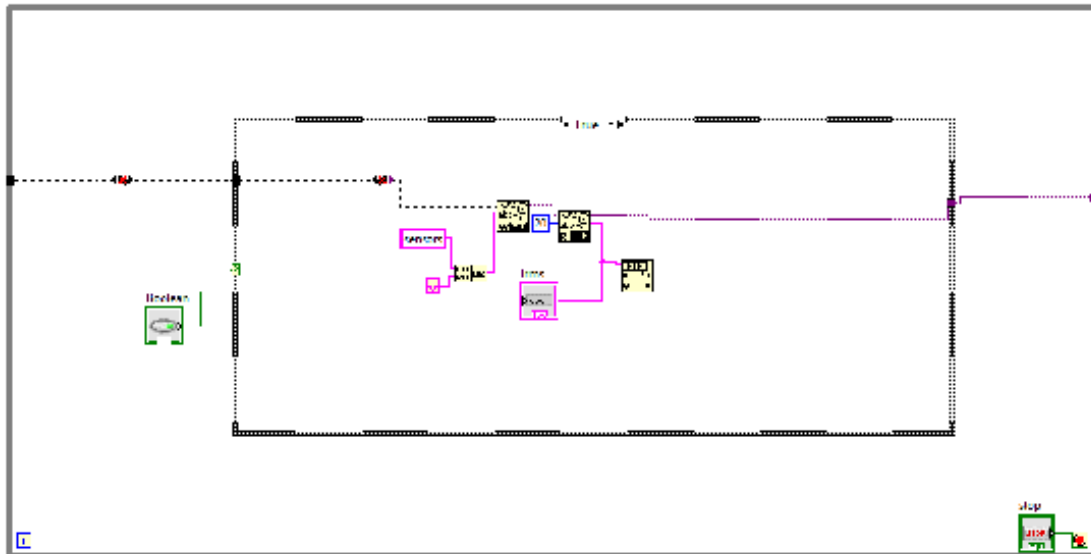
Ένα πρόγραμμα στο LabVIEW αποτελείται από δύο βασικά μέρη. Αυτά είναι το blockdiagram και το frontpanel. Το πρώτο είναι αυτό στο οποίο γράφουμε τον κώδικά μας με τη μορφή blocks και διάφορων εικονιδίων και συμβόλων συνδεδεμένων μεταξύ τους. Το δεύτερο, αποτελεί το αποτέλεσμα του κώδικα του blockdiagram στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δει γραφικά, μετρήσεις, κυματομορφές κλπ ανάλογα με τον κώδικά του.

Κάθε πρόγραμμα το LabVIEW συνήθως εκτελείται μέσα σε ένα loop. Το loop αυτό είναι μια whileloop ή οποία περιέχει όλο τον κώδικα ο οποίος εκτελείται από την αρχή μέχρι το τέλος για τουλάχιστον μία φορά. Η σε διαφορετική περίπτωση θα σταματήσει μόνο εάν υπάρξει κάποια συνθήκη που θα έχουμε ορίσει εμείς αλλιώς με το button STOP που μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε. Έστω τώρα πως θέλουμε να διαβάζουμε την τιμή ενός αισθητήρα από το Arduino και να την εμφανίζουμε στο LabVIEW. Για να το κάνουμε αυτό θα χρειαστούμε μια συνθήκη true/false που θα ενεργοποιείται με ένα button. Στην ουσία θα ρωτάει το LabVIEW το Arduino για αυτή την τιμή κάθε φορά που θα πατάμε το button και η συνθήκη γίνεται true.



Εικόνα 39. Εισαγωγή συνθήκης True/ False

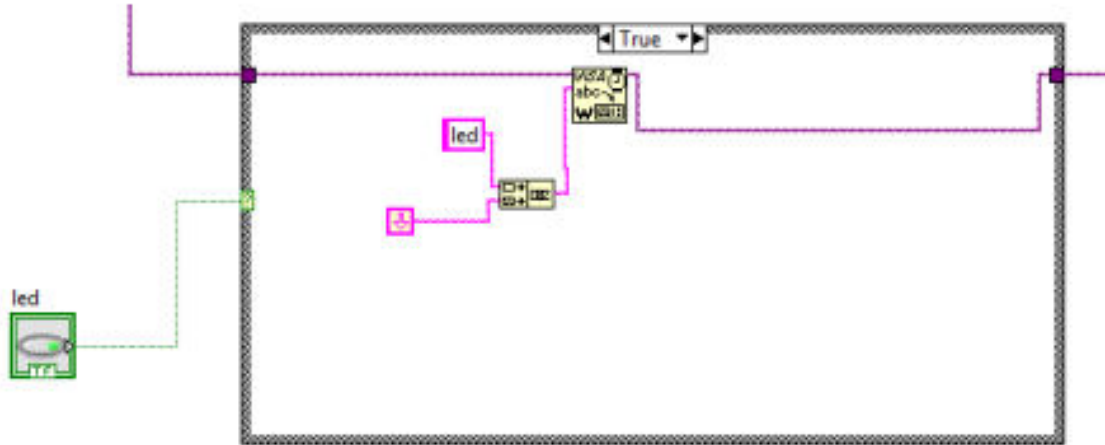
Πραγματοποιώντας το παρακάτω κύκλωμα θα μπορούσαμε να ζητήσουμε από το Arduino μια τιμή όπως για παράδειγμα την τιμή του ρεύματος:



Εικόνα 40. Έλεγχος τιμής αισθητήρα

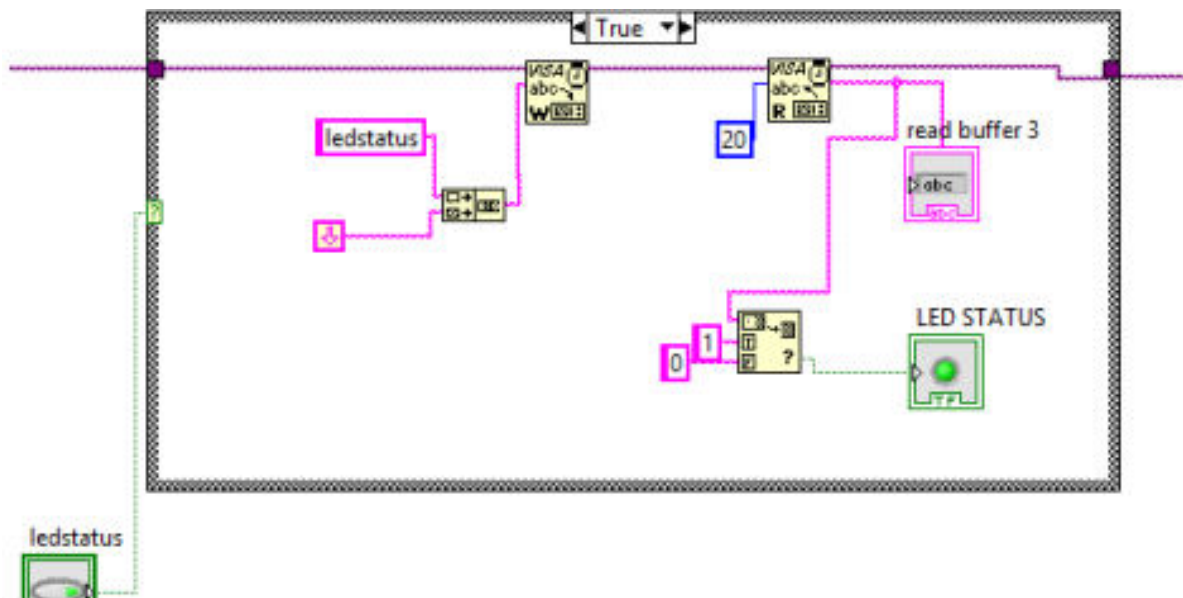
Για να γίνει βέβαια αυτό λείπουν ακόμα αρκετά πράγματα από τον κώδικα και χρειάζεται και προγραμματισμός και στο Arduino. Αρχικά ας εξηγήσουμε τα νέα σύμβολα και τη λογική του κώδικα. Όπως είπαμε η while εκτελείται συνέχεια. Εάν τώρα δεν έχουμε πατήσει το buttonBoolean δεν θα μπορούμε να πάρουμε κάποια απάντηση από το Arduino αφού η συνθήκη είναι false. Εφόσον πατηθεί το button, η συνθήκη γίνεται True και εκτελείται ο κώδικας που περιλαμβάνει.

Έστω τώρα πως θέλουμε να ελέγξουμε ένα LED. Η λογική που ακολουθήσαμε μέχρι τώρα είναι σχεδόν ίδια, δηλαδή θα χρειαστούμε πάλι συνθήκη μέσα σε while, εντολή VISA write για να γράψουμε στο serial του Arduino την εντολή μας και VISA Read εάν θέλουμε να γνωρίζουμε την κατάσταση του LED.



Εικόνα 41. Έλεγχος Led

Ο παραπάνω κώδικας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανοίξει ή να σβήσει ένα led. Τα σύμβολα και οι εντολές είναι πλέον γνωστές. Τι γίνεται όμως με τον έλεγχο της κατάστασης του LED; Ο κώδικας φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



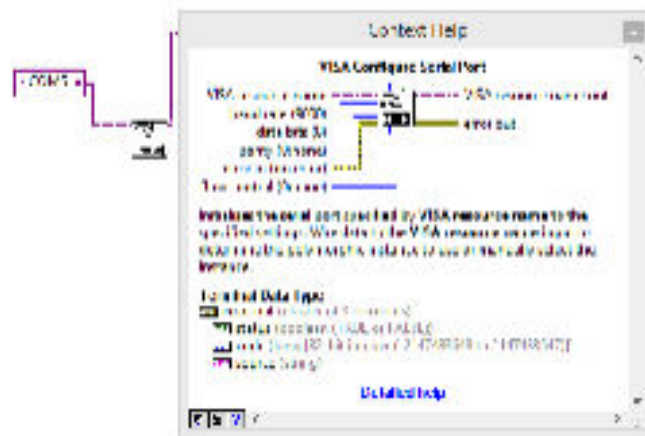
Εικόνα 42. Έλεγχος κατάστασης Led

Τα νέα σύμβολα-εντολές είναι το MatchTrue/FalseString Εξετάζει την αρχή του string για να δείτε αν ταιριάζει truestring ή falsestring. Αυτή η συνάρτηση επιστρέφει μια Boolean τιμή true ή false, ανάλογα με το αν το string ταιριάζει με truestring ή falsestring . Με λίγα λόγια στην περίπτωση μας εξετάζει την τιμή του LED.

Εάν είναι ανοιχτό το Arduino θα στείλει string 1 το οποίο θα συγκριθεί με το true το οποίο επίσης 1 άρα στην έξοδο θα έχουμε 1 και αντίστροφα. Το δεύτερο σύμβολο είναι το LED το οποίο παίρνει σαν είσοδο την έξοδο της προηγούμενης συνθήκης και ανάβει ή σβήνει αντίστοιχα.

Σχεδόν πάντα εφαρμόζουμε μια καθυστέρηση με την εντολή wait. Χρησιμοποιείται για να εξαλείψει την ανάγκη της συνεχούς αίτησης μετάδοσης στο frontpanel σε περίπτωση που κάποια τιμή αλλάξει λόγω του διαφορετικού χρονισμού στα ρολόγια των επεξεργαστών του υπολογιστή μας και του Arduino.

Επιπλέον και πολύ σημαντικό, πρέπει να συνδέσουμε τον κώδικα του LabVIEW με το Arduino. Ας δούμε πρώτα τι χρειάζεται από πλευράς LabVIEW. Αρχικά θα πρέπει να δηλώσουμε τη θύρα USB ίδια με αυτή που έχουμε δηλώσει και στο Arduino IDE. Για να το κάνουμε αυτό εισάγουμε την εντολή VISA Configure Serial Port.



Εικόνα 43. VISAConfigurationPort



Με την εντολή αυτή μπορούμε να ορίσουμε τη θήρα USB που έχουμε συνδέσει το Arduino, στη δικιά μας περίπτωση COM 5, καθώς και το baudrate 9600 συνήθως όπως και στο Arduino. Οι εντολές αυτές μπαίνουν έξω από το whileloop. Τέλος, μένει να γράψουμε και την εντολή VISA close η οποία κλείνει τη σύνδεση με τη συνδεδεμένη συσκευή.

Όπως είπαμε και παραπάνω, η λογική που χρησιμοποιούμε για να επικοινωνήσει το LabVIEW με το Arduino είναι το πρώτο να "ρωτάει" στέλνοντας ένα string και το δεύτερο να "απαντάει" στέλνοντας τα κατάλληλα δεδομένα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει το Arduino να δέχεται με κάποιο τρόπο τα string που του στέλνει το LabVIEW. Για το λόγο αυτό θα ορίσουμε μια μεταβλητή string που θα την ονομάσουμε buffer και θα ελέγχουμε για string χαρακτήρες στη σειριακή θύρα. Στη συνέχεια εφόσον το Arduino λάβει κάποιο string τότε θα βάλουμε συνθήκες if...else και ανάλογα με τις τιμές του buffer θα κάνουμε και τις αντίστοιχες επιθυμητές ενέργειες. Έτσι αρχικά ορίζουμε μία μεταβλητή τύπου χαρακτήρα g στην οποία θα σώζουμε τα δεδομένα του serial. Άρα πάνω από το voidsetup() γράφουμε:

```
char g;
```

```
String buffer;
```

Στη συνέχεια επειδή θέλουμε να ελέγχουμε τι υπάρχει στη σειριακή θήρα ορίζουμε κάποιες συνθήκες οι οποίες είναι: εάν υπάρχει σειριακή επικοινωνία και για όσο υπάρχει να καταγράφονται οι string χαρακτήρες του serial στον g και να σώζονται στον buffer με τον οποίο θα κάνουμε ελέγχους με if.

```
if (Serial.available() > 0)
```

```
{
```

```
delay(100);
```

```
while (Serial.available() > 0)
```

```

{

g = Serial.read();

buffer += g;

}

if (buffer == "sensors\n") // Ean o bufferexeitintimisensors, toArduino

{ // thatipwseitimetabliti t tinopoiathadiabasei

Serial.println(t); // toLabVIEWmeto VISA Read

buffer = "";

}

elseif (buffer == "led\n") //Ean o buffereinai "led" thaallaxei i katastasitou

{ // led

// Serial.println("1");

ledstate = digitalRead(led); // katheforapou o buffereinailedkaleitai

ledstate = change_status(ledstate); //i iporoutinachange status i opoia

digitalWrite(led, ledstate); // antistrefeitinteleutaiakatastasitou

buffer = ""; // led

}

elseif (buffer == "ledstatus\n") //Ean o Buffereinailedstatus

```

```
{ // thatipwthei i katastasitouled

ledstate = digitalRead(led); // ws 0 h 1

Serial.println(ledstate);

buffer = "";

}

buffer = ""; //

}

intchange_status(int i)

{

intresult;

result = .i;

returnresult;

}
```

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το διαδίκτυο, η τεχνητή νοημοσύνη και ένας τεράστιος όγκος δεδομένων, θα κάνουν τους ανθρώπους να έχουν καλύτερη κατανόηση του κόσμου τους και της συμπεριφοράς τους. Δεν είναι λοιπόν τυχαίο ότι οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες προβλέπουν ότι στο όχι μακρινό μας μέλλον, το «διαδίκτυο των πραγμάτων» θα περιλαμβάνει ένα παγκόσμιο, καθηλωτικό, αόρατο περιβάλλον δικτύου υπολογιστών. Τα δεδομένα που διακινούνται πολλαπλασιάζονται: Η Amazon ήδη διαθέτει 30 κέντρα δεδομένων, με 50.000 σέρβερ. Εκτιμάται ότι μέσα στο 2017 θα υπάρχουν ανά τον κόσμο περίπου 9 εκατομμύρια κέντρα δεδομένων.

Οι περισσότεροι προβλέπουν ότι στο όχι μακρινό μας μέλλον, το «διαδίκτυο των πραγμάτων» θα περιλαμβάνει:

- Ένα παγκόσμιο περιβάλλον δικτύου υπολογιστών.
- Μια συνεχή εξάπλωση των έξυπνων αισθητήρων, φωτογραφικών μηχανών, λογισμικού, βάσεις δεδομένων και τεράστια κέντρα δεδομένων σε έναν κόσμο - που θα βασίζεται σε αυτό που αποκαλείται ως το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» - σύμφωνα με το οποίο το διαδίκτυο επεκτείνεται στο φυσικό κόσμο, εμπεριέχοντας και συνδέοντας πράγματα, φυσικά αντικείμενα της καθημερινότητας και τεχνουργήματα μέσω πρωτοκόλλων και από απόσταση.
- Φορητές τεχνολογίες που θα επιτρέπουν στους ανθρώπους να «αυξήσουν την πραγματικότητα».
- Το τέλος των επιχειρηματικών μοντέλων που αναδύθηκαν τον 20ο αιώνα, κυρίως στα πεδία της εκπαίδευσης, της ψυχαγωγίας και των έντυπων μέσων ενημέρωσης.
- Διαχείριση ενός απίστευτου σε μέγεθος όγκου δεδομένων.

Στην ουσία βρισκόμαστε ενώπιον μιας ευρύτερης αλλαγής, όπου θα απαιτηθούν συμμαχίες, και εποικοδομητικός διάλογος ανάμεσα στους κόσμους της πολιτικής, της οικονομίας και της επικοινωνίας, η οποία όπως και τα στοιχεία συνιστούν θα αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη δυναμική.

Με άλλα λόγια, ένας «νέος γενναίος ψηφιακός κόσμος» αναδύεται με ταχύτητα, καθώς το διαδίκτυο κι άλλες συναφείς τεχνολογίες εξαπλώνονται. Αλλά θα μπορούσε αυτό να είναι κακή παρά καλή είδηση; Το χάσμα όμως ανάμεσα σε πλούσιες και λιγότερο πλούσιες χώρες παραμένει. Για παράδειγμα, οι λιγότερο πλούσιες χώρες που δεν έχουν πρόσβαση στις τεχνολογίες θα εμφανίσουν μειονεκτήματα σε σχέση με άλλες, και σε ορισμένες περιπτώσεις, σύμφωνα με τις προβλέψεις, θα μπορούσαν να επιδεινωθούν οι κοινωνικές ανισότητες.

Κάτι τέτοιο έρχεται σε αντίθεση με ορισμένες από τις υποθέσεις όπως ότι η διάδοση του διαδικτύου θα μειώσει τις ανισότητες. Στην Ινδία, για παράδειγμα, η πρόσβαση στο διαδίκτυο, παρά την απήχηση κι εκεί του Facebook, παραμένει περιορισμένη.

Αναμφισβήτητα η θεαματική ανάπτυξη του διαδικτύου έχει αλλάξει όχι μόνο τα επιχειρηματικά μοντέλα, αλλά και τον τρόπο που λειτουργούμε ως κοινωνία. Έχει επηρεάσει το πώς αναζητούμε, μοιραζόμαστε τις πληροφορίες, τον όγκο των πληροφοριών που θα πρέπει να μοιραζόμαστε, το πώς θα επικοινωνούμε μεταξύ μας, όταν επικοινωνούμε, κοκ.

Το «Επόμενο Διαδίκτυο», όπως αποκαλείται, συγκεντρώνει και συνδυάζει τρία διασυνδεδεμένα συστήματα: το CloudComputing, το BigDataAnalytics και το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Υπόσχεται στις επιχειρήσεις και τους κυβερνητικούς οργανισμούς κεντρική αποθήκευση και υπηρεσίες δεδομένων σε τεράστια ψηφιακά εργοστάσια, που επεξεργάζονται και αναλύουν τις αδιάκοπες ροές των πληροφοριών, που συλλέγονται από δικτυωμένους αισθητήρες, που αποθηκεύονται σε κάθε πιθανή συσκευή των καταναλωτών, στο γραφείο ή στην αγορά, καθώς και σε ζωντανούς οργανισμούς. Αλλά δημιουργεί επίσης σημαντικές προκλήσεις σχετικά με το περιβάλλον, την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της εργασίας.

Το Cloud και τα BigData έχουν ενισχυθεί σημαντικά από την ανάπτυξη του διαδικτύου. Από ρολόγια που παρακολουθούν την πίεση του αίματος στα ψυγεία που σας ζητούν να αγοράσετε νέο γάλα, από γραμμές συναρμολόγησης «επανδρωμένων» από ρομπότ έως τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη που παραδίδουν όπλα, υπόσχεται έναν βαθύτερο κοινωνικό αντίκτυπο. Το Ίντερνετ των πραγμάτων αναφέρεται σε ένα σύστημα που εγκαθιστά αισθητήρες και συσκευές θερμικής επεξεργασίας σε

αντικείμενα καθημερινής χρήσης (π.χ. ρολόγια) και τα εργαλεία παραγωγής (ρομποτικών βραχιόνων), και να τους συνδέει σε δίκτυα που συγκεντρώνουν και να χρησιμοποιούν τα δεδομένα σχετικά με τις επιδόσεις τους. Αναφερόμαστε στον ομολογουμένως περίεργο όρο του «Διαδικτύου των πραγμάτων», διότι, σε αντίθεση με το διαδίκτυο που γνωρίζουμε, το οποίο συνδέει τους ανθρώπους, το «Διαδίκτυο των πραγμάτων» συνδέεται κυρίως με αντικείμενα. Οι αισθητήρες στο ψυγείο σχηματίζουν ένα δίκτυο από πράγματα που αναφέρεται σε αυτό που είναι μέσα και πώς χρησιμοποιείται. Το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει καταστεί δυνατό από τις προόδους στην ικανότητα να σμικρύνει τις συσκευές σάρωσης και να παρέχουν επαρκή επεξεργαστική ισχύ για την παρακολούθηση μιας δραστηριότητας, την ανάλυση μιας χρήσης και να παραδώσει τα αποτελέσματα της καταγραφής μέσω των ηλεκτρονικών δικτύων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καλοβρέκτης, Κ., Κατέβας, Ν., (2012), Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου, Εκδόσεις: Τζιόλα

Καλαϊτζάκης, Κ., Κουτρούλης, Ε., (2010), Ηλεκτρικές μετρήσεις και αισθητήρες: Αρχές λειτουργίας και σχεδιασμός των Ηλεκτρονικών Συστημάτων Μέτρησης, Εκδόσεις: Κλειδάριθμος

Λουτρίδης, Σ., (2008), Τεχνολογία μετρήσεων και αισθητήρων, Εκδόσεις: Ίων

Gardner, J., (2000), Μικροαισθητήρες: Αρχές και εφαρμογές, Εκδόσεις: Τζιόλα

Vetelino, J., Reghu, A., (2010), Introduction to Sensors, Εκδόσεις: CRC Press

Fraden, J., (2010), Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications, Εκδόσεις: Springer

Sinclair, I., (2000), Sensors and Transducers, Εκδόσεις: Newnes

Regtien, P., (2012), Sensors for Mechatronics, Εκδόσεις: Elsevier

Eggins, B., (2008), Chemical Sensors and Biosensors, Εκδόσεις: John Wiley & Sons

Janata, J., (2010), Principles of Chemical Sensors, Εκδόσεις: Springer

Homola, J., (2006), Surface Plasmon Resonance Based Sensors, Εκδόσεις: Springer

Webster, J., (1999), The Measurement, Instrumentation, and Sensors, Εκδόσεις: Springer

Yamasaki, H., (1996), Intelligent Sensors, Εκδόσεις: Elsevier

Nollet, L., De Gelder, L., (2007), Handbook of Water Analysis, Εκδόσεις: CRC Press