



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Ανάπτυξη αισθητήρα αλκοόλης ”

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
του Μαλλίρη Βασίλειου

Επιβλέπων: Χριστοφόρου Ευάγγελος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Ανάπτυξη αισθητήρα αλκοόλης”

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
του Μαλλίρη Βασίλειου

Επιβλέπων: Χριστοφόρου Ευάγγελος
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 8^η Νοεμβρίου 2022

.....
Ευάγγελος Χριστοφόρου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ιωάννης Γκόνος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2022

Μαλλίρης Βασίλειος,

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ

8η Νοεμβρίου 2022

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. – All rights reserved.

Μαλλίρης Βασίλειος , 2022.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Στις μέρες μας η τεχνολογία έχει εισχωρήσει σχεδόν σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης καθημερινότητας και δραστηριότητας, διευκολύνοντας και απλοποιώντας διάφορες διαδικασίες που μας αφορούν. Μεγάλο ενδιαφέρον σε ολόκληρη την πανεπιστημιακή και τεχνολογική κοινότητα αποτελεί το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things - IoT), βασικότερος στόχος του είναι η υλοποίηση ενός παγκόσμιου δικτύου, το οποίο θα μπορεί απομακρυσμένα να διαχειρίζεται μηχανήματα και συστήματα, αυτό θα αποτελείται από μικροελεγκτές και αισθητήρες που συνεχώς θα αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Η τεχνολογία Arduino είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία του IoT, το Arduino συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης με την απλότητα στη χρήση. Όπως γίνεται αντιληπτό, η συγκεκριμένη τεχνολογία, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιεί σε αρκετούς τομείς, αυτοματοποιώντας σημαντικές διαδικασίες, ώστε να υλοποιούνται γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής μελέτης αποτέλεσε η αυτοματοποίηση μετρήσεων, κατά την παραγωγή αιθανόλης που είναι αναγκαίες σε βιομηχανική κλίμακα παραγωγής. Επομένως έχει ως σκοπό την άμεση και έγκυρη ενημέρωση για τις συνθήκες που επικρατούν κατά την απόσταξη με σκοπό να καθοριστεί το τέλος ή επανατροφοδότηση της μονάδας παραγωγής. Η διάταξη ελέγχου είναι βασισμένη στον μικροελεγκτή Arduino ο οποίος μαζί με την χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας και του load cell για την μέτρηση του βάρους

Λέξεις-κλειδιά: IoT, Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WBSN), Αιθανόλη, Ζυγαριά TAL221.

Abstract

Nowadays, technology has infiltrated almost all areas of human daily life and activity, facilitating and simplifying various processes that concern us. Of great interest to the entire university and technological community is the Internet of Things (IoT), its main goal is the implementation of a global network, which will be able to remotely manage machines and systems, this will consist of microcontrollers and sensors which will constantly interact with each other. Arduino technology is the most widespread IoT technology, Arduino combines the advantages of artificial intelligence with simplicity of use. As can be seen, this technology could be used and leveraged in several areas, automating important processes, so that they are implemented faster and more accurately.

The subject of this diploma study was the automation of measurements, during the production of ethanol that are necessary on an industrial production scale. Therefore, it aims to provide immediate and valid information on the conditions prevailing during distillation in order to determine the end or resupply of the production unit. The control device is based on the Arduino microcontroller which together with the use of a temperature sensor and the load cell to measure the weight.

Keywords: IoT, Wireless Sensor Network (WBSN), Ethanol, TAL221 Scale.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Ευάγγελο Χριστοφόρου, Καθηγητή του Τομέα Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, καθώς και τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής της διπλωματικής μου εργασίας, για την επίβλεψη, τις συμβουλές και την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας μου και γενικά για την πολύτιμη συμβολή τους για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα ευχαριστήσω όλους όσους με στήριξαν από το φιλικό περιβάλλον μου και ιδιαίτερος την οικογένεια μου για την έμπρακτη συμπαράσταση και την ενθάρρυνση τους σε κάθε μου νέο στόχο.

Contents

Περίληψη	5
Abstract.....	7
Contents.....	10
Κεφάλαιο 1	13
Εισαγωγή.....	13
1.1 Internet of Things.....	14
1.2 Τα βασικά χαρακτηριστικά του Internet of Things.....	17
1.3 Ταυτοποίηση.....	17
1.4 Τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο IoT.....	22
1.5 Πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων	26
1.5.1 MQTT.....	26
1.5.2 XMPP	27
1.5.3 AMQP	29
Κεφάλαιο 2	31
2.1 Μικροελεγκτές Arduino	31
2.2 Αρχές λειτουργίας Arduino	33
2.3 Προγραμματισμός - Βασικές λειτουργίες.....	35
2.3.1 Δηλώσεις μεταβλητών	35
2.4 Δημοφιλέστερες εκδόσεις Arduino	36
2.4.1 Arduino Uno	36
2.4.2 Arduino Mega 2560	37
2.4.3 Arduino Nano	38
Κεφάλαιο 3	40
3.1 Αισθητήρες.....	40
3.2 Είδη Αισθητηρίων	44
3.2.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας.....	44
3.2.1.1 Αισθητήρες τύπου αντίστασης (RTD)	45
3.2.1.2 Θερμίστορ	46
3.2.1.3 Θερμοζεύγη	48
3.2.1.4 Ολοκληρωμένα κυκλώματα IC μέτρησης θερμοκρασίας.....	49
3.2.1.5 Αισθητήρες υπέρυθρων.....	50
3.2.1.6 Αισθητήρες Θερμοκρασίας – Υγρασίας.....	50
3.2.1.7 Αισθητήρες Μέτρησης pH	51
Αισθητήρες Βάρους	52

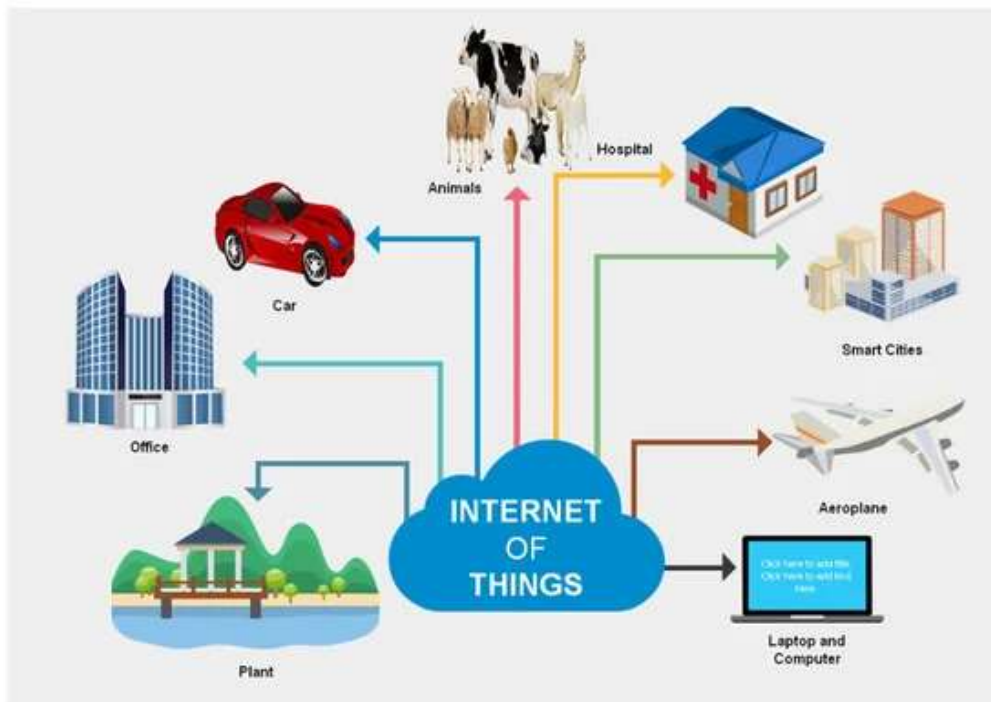
Κεφάλαιο 4	56
4.1 Η ιστορική αναδρομή της αλκοόλης.....	56
4.2 Αιθανόλη.....	58
4.3 Χημεία Αλκοολών	59
4.3.1 Παραγωγή αλκοόλης	60
4.3.2 Βιομηχανικές μέθοδοι	61
4.3.3 Εργαστηριακές ή εναλλακτικές μέθοδοι	61
4.3.3.1 Με οργανομαγνησιακές ενώσεις	61
4.3.3.2 Με αναγωγή καρβονυλικών ανώσεων ή καρβονικών οξέων	61
4.3.3.3 Με υδρόλυση αλογονοπαραγώγων	62
4.3.3.4 Από αλκένια	63
4.3.3.5 Από κυκλοπροπάνια	63
4.3.3.6 Με υδρόλυση εστέρων	64
4.3.3.7 Με επίδραση νιτρώδους οξέος σε πρωτοταγείς αμίνες	64
4.3.3.8 Από άλλες αλκοόλες	64
4.4 Όξινος χαρακτήρας	65
4.5 Βασικός χαρακτήρας.....	65
4.6 Οξειδωση	67
4.7 Πηγές και χρήσεις των απλών αλκοολών.....	68
4.8 Φυσικές ιδιότητες αλκοολών	68
4.8.1 Σημείο ζέσεως.....	69
4.8.2 Διαλυτότητα στο νερό	69
4.8.3 Αφυδάτωση αλκοολών (απόσπαση νερού).....	71
4.9 Τα σάκχαρα	72
4.9.1 Ανάγοντα σάκχαρα	73
4.9.2 Μη ανάγοντα σάκχαρα.....	74
4.9.3 Πολυσακχαρίστες.....	75
4.10 Η αλκοολική ζύμωση	75
4.10.1.Βιοχημεία της αλκοολικής ζύμωσης.....	75
4.11 Ιστορική αναδρομή αποστάξης.....	77
4.12 Ταξινόμηση αποσταγμάτων	78
4.14 Είδη απόσταξης.....	79
4.14 Κλασματική απόσταξη	81
Κεφάλαιο 5	83
5.1 Πειραματικό Μέρος.....	83

5.2 Παρασκευή Διαλυμάτων	83
5.3 Κατασκευή Διάταξης.....	86
5.4 Κυρίως Μέρη (main constructed parts).....	87
5.4.1 Ζυγαριά (Weight Scale).....	87
5.4.2 Ενισχυτής Αισθητήρα Φορτίου - HX711	90
5.4.3 Οθόνη LCD (Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (with Headers)):	92
5.4.4 Ποτενσιόμετρο για ρύθμιση αντίθεσης της οθόνης με τους ψηφιακούς χαρακτήρες της (Potentiometer Linear B10Kohm - D6mm H9mm)	95
5.5 Βαθμονόμηση load cell και λήψη μετρήσεων.....	98
Συμπεράσματα.....	101
Βιβλιογραφία.....	103

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το διαδίκτυο των αντικειμένων ή πραγμάτων, Internet of Things, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ζωή μας, σε διάφορους και πολύ σημαντικούς τομείς, όπως smart cities, smart buildings, smart IoT devices, στην βιομηχανία, στην αγροτική παραγωγή με χρήση της γεωργίας ακριβείας, στην ναυτιλία Shipping 4.0, στην αυτοκινητοβιομηχανία και γενικά στους παραγωγικούς, και καταναλωτικούς τομείς της κοινωνίας μας αλλά και στον δημόσιο βίο μας [1,3]. Το διαδίκτυο των αντικειμένων έχει ως στόχο να συγκεντρώνει δεδομένα με χρήση αισθητήρων και συσκευών επικοινωνίας, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων μέχρι και την καταγραφή τους σε βάσεις δεδομένων, παράγει πληροφορίες που είναι άμεσα διαθέσιμες και δημιουργεί συμβάντα από τα δεδομένα και τις πληροφορίες που παράγονται από αυτά.



Εικόνα 1: Τομείς εφαρμογής του IoT [3].

Η βασική ιδέα είναι η υλοποίηση ενός δικτύου, το οποίο θα αποτελείται από ασύρματους αισθητήρες και θα καταγράφουν τα δεδομένα. Οι αισθητήρες ελέγχονται με χρήση μικροελεγκτών. Μέσω των αισθητήρων, δίνεται η δυνατότητα μέτρησης και ποσοτικοποίησης διαφόρων παραμέτρων, που αφορούν καθοριστικούς παράγοντες σε πάρα πολλές διεργασίες. έπειτα πραγματοποιείται η ανάλυση των μετρούμενων δεδομένων, υλοποιείται η επεξεργασία τους και η διάθεσή τους. Άλλες πολύ σημαντικές εφαρμογές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον της τεχνολογίας IoT είναι η μέτρηση και παρακολούθηση δεικτών που αφορούν το περιβάλλον και μπορούν να δώσουν δεδομένα με στόχο την σωστότερη διαχείριση διαφορών εργασιών προς όφελος μας, επίσης έξυπνοι θερμοστάτες και κλιματιστικά, ηχεία, αισθητήρες καπνού και κίνησης, στην υγεία, στην ενέργεια, σε φορητά gadgets κ.α.

Το συνδυαστικό σύστημα μικροελεγκτών και αισθητήρων έχει ως συνέπεια την έγκαιρη και απομακρυσμένη πρόσβαση στα δεδομένα των εκάστοτε μετρούμενων μεγεθών, από οποιοδήποτε μέρος και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι επιθυμητό, μέσω της παγκόσμιας πλατφόρμας Cloud. Η συγκεκριμένη αυτή τεχνολογία εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα δικτυωμένων προϊόντων, συστημάτων και αισθητήρων [4-5].

1.1 Internet of Things

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τη νέα τεχνολογία που ονομάζεται Internet of Thing (IoT) όχι μόνο λόγω της δημοτικότητας αλλά και των πλεονεκτημάτων και των υπηρεσιών που παρέχει. Με το IoT, οι εργασίες μπορούν να εκτελεστούν χωρίς τη ανθρώπινη συνεργασία, ώστε να κάνει τη ζωή απλή και εύκολη. Επιτρέπει στους ανθρώπους να αυτοματοποιούν, να επιτυγχάνουν και να ελέγχουν τις εργασίες που είναι απαραίτητες για τη ζωή και να παρέχουν καλύτερες απαντήσεις ως αποτέλεσμα [6].

Υπάρχουν πολλά οφέλη που παρέχονται από το IoT, αλλά, από την άλλη πλευρά έχει επίσης ορισμένες προκλήσεις όπως η κακή διαχείριση, η ενεργειακή απόδοση, η διαχείριση ταυτότητας, η ασφάλεια και το απόρρητο [7-8]. Η ασφάλεια και το απόρρητο είναι τα πιο κρίσιμα ζητήματα που αντιμετωπίζει η ανάπτυξη του IoT. Στο IoT, όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο επειδή, χωρίς το διαδίκτυο, δεν μπορούν να εκτελέσουν τις εργασίες τους. Υπάρχουν πολλοί εισβολείς στο Διαδίκτυο που κλέβουν τις εμπιστευτικές πληροφορίες αντικειμένων. Οι εισβολείς μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες των χρηστών με οποιονδήποτε

παράνομο τρόπο ανάλογα με τις ανάγκες τους, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη απώλεια για τους χρήστες [9]. Το απόρρητο έχει γίνει επίσης ένα ζήτημα για το IoT. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες των χρηστών πρέπει να βρίσκονται σε ασφαλή χέρια και να μην είναι προσβάσιμες σε κανέναν εκτός από αυθεντικούς χρήστες. Επομένως, έχει μεγαλύτερο εύρος από την ασφάλεια [10]. Επομένως, η ασφάλεια και το απόρρητο θα πρέπει να διασφαλίζονται με την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης αναγνώρισης, η πρόσβαση και τα δεδομένα του χρήστη είναι υπό τον έλεγχό του και κανενός άλλου [1-3],[11].

Η διαδεδομένη χρήση συσκευών IoT βελτιώνει τον σημερινό τρόπο διαβίωσης και το επίπεδο ζωής σε πολλούς τομείς. Τα νέα προϊόντα IoT, όπως ηλεκτρονικές συσκευές με ικανότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, αυτοματισμοί για διάφορες συσκευές και λειτουργίες, όπως, οι συσκευές διαχείρισης ενέργειας, προσφέρουν περισσότερη ασφάλεια και ενεργειακή απόδοση.

Άλλες προσωπικές συσκευές IoT, αφορούν την υγεία όπως οι συσκευές για το έλεγχο της φυσικής κατάστασης και της υγείας με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο με στόχο την έγκυρη παροχή βοήθειας από τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει ήδη βελτιώσει το επίπεδο ζωής, όπως, για τα άτομα με προβλήματα υγείας και για άτομα υπερήλικα χωρίς συνεχή επίβλεψη από οικείους τους, επιτρέποντας έτσι βελτιωμένα επίπεδα ανεξαρτησίας και ποιότητας ζωής. Ακόμη, ανάλογα συστήματα υπάρχουν και για τον έλεγχο της κυκλοφοριακής συμφόρησης, καθώς και της κατανάλωσης ενέργειας [12].

Η τεχνολογία IoT έχει εισαχθεί σε πολλούς τομείς της οικονομίας, όπως, της γεωργίας, της βιομηχανίας, όπως και της ενέργειας, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που συλλέγονται με τη χρήση δικτύων αισθητήρων για την βελτιστοποίηση της παραγωγής. Παρόλα αυτά, το IoT πρέπει να εξετάσει διάφορες παραμέτρους προκειμένου να καταφέρει να επιλύσει τις διάφορες αστοχίες και να καταφέρει να είναι παραγωγικό σε όλους τους τομείς και σε όλες τις συνθήκες.[11-13] Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε από τον Kevin Ashton, η ορολογία «Διαδίκτυο των αντικειμένων» (IoT) για να μας εξηγήσει πως ένα σύστημα στο οποίο αντικείμενα θα κατάφερναν να αλληλοεπιδράσουν μέσω αισθητήρων και να συνδεθούν με το Διαδίκτυο.

Ο Ashton κατάφερε με τον όρο για να αναλύσει και εξηγήσει την δυναμικότητα των συστημάτων ταυτοποίησης με τη βοήθεια ραδιοσυχνοτήτων (RFID) που χρησιμοποιούνται σε εταιρικές εφοδιαστικές αλυσίδες, προκειμένου να μετρήσουν και να εντοπίσουν προϊόντα χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης [14-15]. Ο στόχος του IoT είναι να επιτρέπεται στα «πράγματα» να συνδέονται οποιαδήποτε στιγμή, οπουδήποτε, με οτιδήποτε και οποιονδήποτε,

ιδανικά ακολουθώντας οποιαδήποτε διαδρομή/δίκτυο και οποιαδήποτε υπηρεσία [16]. Το Internet of Things, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι ένα δίκτυο αντικειμένων, τα οποία έχουν την δυνατότητα με οποιονδήποτε τρόπο να συνδεθούν στο διαδίκτυο, και σε συνεργασία με διαδικτυακές υπηρεσίες (Web Services) να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους.

Βασικές τεχνολογίες που βοηθούν στην πραγμάτωση του IoT, είναι οι ψηφιακοί αισθητήρες συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο, συσκευές αυτοματισμού κτλ. Η βασική ιδέα του IoT είναι ότι κάθε λειτουργία της καθημερινότητας μας μπορεί να μετατραπεί σε έναν υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Για να είμαστε ακριβείς τα φυσικά αντικείμενα δεν μετατρέπονται σε υπολογιστές αλλά εμπεριέχουν μικρό-υπολογιστές οι οποίοι μπορούν να τα βοηθήσουν να χαρακτηριστούν ως τέτοια. Μόλις γίνει αυτό, μπορούν να χαρακτηριστούν ως “Έξυπνα Αντικείμενα” λόγω του ότι μπορούν να συμπεριφέρονται πιο έξυπνα από άλλα αντικείμενα τα οποία δεν έχουν δυνατότητα διασύνδεσης. Για να θεωρήσουμε ότι ένα σύστημα υπάγεται στο IoT θα πρέπει να πληροί τις εξής τρεις προϋποθέσεις:

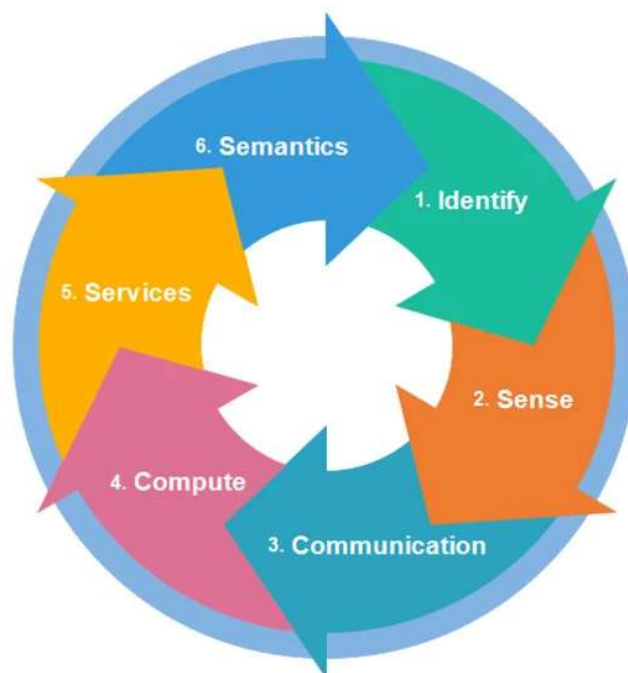
- Να είναι διασυνδεδεμένο και να μπορεί να δέχεται και να αποθηκεύει πληροφορίες και να είναι σε θέση να τις μεταδώσει μέσω του διαδικτύου.
- Να επεξεργάζεται τα δεδομένα τα οποία λαμβάνει και να τους δίνει την ικανότητα να γίνει χρήση από άλλα συστήματα.
- Να επικοινωνεί με το δίκτυο, με άλλα αντικείμενα ή και με τον χρήστη αν αυτό είναι απαραίτητο.

Οι συσκευές αυτές αναφέρονται διαφορετικά και ως συνδεδεμένες συσκευές. Τα αντικείμενα ανιχνεύονται ή ελέγχονται εξ αποστάσεως σε κάποια υποδομή του δικτύου που ήδη υπάρχει μέσω IoT. Με αποτέλεσμα να οδηγούν σε άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, οδηγώντας σε βελτιωμένη αποτελεσματικότητα, ακρίβεια και οικονομικό όφελος. Η καινοτομία των μεθόδων σε κάθε τομέα που εμπεριέχουν τέτοια συστήματα οφείλεται σημαντικά στο IoT. Ασύρματοι αισθητήρες αλλά και πλατφόρμες Cloud βοηθούν στη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η μόλυνση από παράσιτα, το χρώμα εδάφους ή τα θρεπτικά συστατικά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση και την αυτοματοποίηση των γεωργικών τεχνικών. Επίσης βοηθούν στην βελτίωση της ποιότητας και

της ποσότητας και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων μέσω της λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων [15].

1.2 Τα βασικά χαρακτηριστικά του Internet of Things

Το IoT παρέχει πολλά οφέλη και διευκολύνσεις στους χρήστες. Έτσι, για τη σωστή χρήση τους χρειάζεται κάποια στοιχεία. Η εικόνα 3 δείχνει τα στοιχεία που απαιτούνται για την παροχή της λειτουργικότητας του IoT [3-4].



Εικόνα 2: Τα στοιχεία IoT [3].

1.3 Ταυτοποίηση

Η αναγνώριση προσφέρει σαφή ταυτότητα για κάθε αντικείμενο μέσα στο δίκτυο. Υπάρχουν δύο διαδικασίες στην αναγνώριση η ονοματοδοσία και η διεύθυνση. Η ονομασία αναφέρεται ως όνομα του αντικειμένου ενώ η διεύθυνση είναι η μοναδική διεύθυνση συγκεκριμένου αντικειμένου. Αυτοί οι δύο όροι είναι πολύ διαφορετικοί μεταξύ τους επειδή δύο ή περισσότερα αντικείμενα μπορεί να έχουν το ίδιο όνομα αλλά πάντα διαφορετική και μοναδική διεύθυνση. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι που παρέχουν τη δυνατότητα ονομασίας στα αντικείμενα του δικτύου, όπως κωδικοί προϊόντων ηλεκτρονίων (EPC) και πάντα κώδικες [7-14].

Για να εκχωρήσουμε τη μοναδική διεύθυνση σε κάθε αντικείμενο, χρησιμοποιείται το IPv6. Πρώτον, το IPv4 χρησιμοποιήθηκε για την εκχώρηση της διεύθυνσης, αλλά δεν μπορούσε να καλύψει την ανάγκη διευθυνσιοδότησης λόγω του μεγάλου όγκου συσκευών IoT. Επομένως, το IPv6 χρησιμοποιείται επειδή χρησιμοποιεί σχήμα διευθυνσιοδότησης αριθμών 128 bit.

- Εξεύρεση

Οι πληροφορίες που συλλέγονται αποστέλλονται στο μέσο αποθήκευσης. Υπάρχουν πολλές συσκευές ανίχνευσης για τη συλλογή πληροφοριών από αντικείμενα όπως ενεργοποιητές, ετικέτες RFID, έξυπνοι αισθητήρες, φορητές συσκευές ανίχνευσης κ.λπ.

- Επικοινωνία

Η επικοινωνία είναι ένας από τους κύριους σκοπούς του IoT στον οποίο διαφορετικές συσκευές συνδέονται μεταξύ τους και επικοινωνούν. Στην επικοινωνία, οι συσκευές ενδέχεται να στέλνουν και να λαμβάνουν μηνύματα, αρχεία και άλλες πληροφορίες. Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που παρέχουν ευκολία επικοινωνίας όπως Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων (RFID), (NFC), Bluetooth, Wi-Fi και (LTE) [6-19].

- Υπολογισμός

Ο υπολογισμός εκτελείται στις πληροφορίες που συλλέγονται από τα αντικείμενα χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Χρησιμοποιείται για την αφαίρεση περιττών πληροφοριών που δεν χρειάζονται. Πολλές πλατφόρμες υλικού και λογισμικού έχουν αναπτυχθεί για την εκτέλεση της επεξεργασίας σε εφαρμογές του IoT. Για πλατφόρμες υλικού, χρησιμοποιούνται Arduino, Raspberry Pi και Intel Galileo, ενώ για πλατφόρμες λογισμικού, το λειτουργικό σύστημα παίζει σημαντικό ρόλο για την εκτέλεση της επεξεργασίας. Υπάρχουν πολλοί τύποι λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται όπως το Tiny OS το Lite OS, το Android κ.λπ [15-21].

- Υπηρεσίες

Υπάρχουν τέσσερις τύποι υπηρεσιών που παρέχονται από τις εφαρμογές IoT [21-25]. Η πρώτη είναι μια υπηρεσία που σχετίζεται με την ταυτότητα. Χρησιμοποιείται για να πάρει την ταυτότητα των αντικειμένων που έχουν στείλει το αίτημα. Η συγκέντρωση πληροφοριών είναι μια άλλη υπηρεσία, σκοπός της οποίας είναι η συλλογή όλων των πληροφοριών από αντικείμενα. Η επεξεργασία πραγματοποιείται επίσης από την υπηρεσία συγκέντρωσης. Η τρίτη υπηρεσία είναι μια συνεργατική υπηρεσία που λαμβάνει αποφάσεις σύμφωνα με τις πληροφορίες που συλλέγονται και στέλνει τις κατάλληλες απαντήσεις στις συσκευές. Η τελευταία υπηρεσία είναι η

υπηρεσία, η οποία χρησιμοποιείται για την άμεση απόκριση των συσκευών χωρίς ακαμψία σχετικά με το χρόνο και τον τόπο.

- **Σημασιολογία**

Είναι ευθύνη του IoT να διευκολύνει τους χρήστες εκτελώντας τις εργασίες τους. Είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του IoT για την εκπλήρωση των ευθυνών του. Λειτουργεί σαν τον εγκέφαλο του IoT. Λαμβάνει όλες τις πληροφορίες και λαμβάνει τις κατάλληλες αποφάσεις για την αποστολή απαντήσεων στις συσκευές [3].

Στα χαρακτηριστικά ενός IoT συστήματος εφαρμόζονται αρχικά τα σημεία μετρήσεων των αντικειμένων και είναι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που συνδέονται με τις συσκευές που επικοινωνούν με το cloud αλλά και μεταξύ τους M2M (Machine to Machine). Πολλές φορές οι συσκευές επικοινωνούν με ενδιάμεσες συσκευές (Gateway) οι οποίες αναμεταδίδουν τα δεδομένα. Τα δεδομένα στο Cloud υποδέχεται το ενδιάμεσο λογισμικό (Middleware) το οποίο είναι υπεύθυνο να διανείμει τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στους αποδέκτες τους (Clients, Databases). Το λογισμικό εφαρμογών είναι αυτό που αντικειμενοποιεί τις διεργασίες μέσα σε μία εφαρμογή ενός IoT συστήματος και η απεικόνιση των δεδομένων τα μετατρέπει σε πληροφορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενεργοποίηση επαναλαμβανόμενων διεργασιών. Σημαντικό για ένα IoT είναι η ανάλυση των δεδομένων για να δημιουργηθούν προβλέψεις και γνώση για δημιουργία προϋποθέσεων καλύτερης εκμετάλλευσης του συστήματος.

Τα χαρακτηριστικά του IoT είναι τα εξής [25-27]:

- **Συνδεσιμότητα:** Κάθε συσκευή μπορεί μέσω της παγκόσμιας υποδομής πληροφόρησης και επικοινωνίας να διασυνδεθεί.
- **Υπηρεσίες:** Το IoT παρέχει υπηρεσίες, που σχετίζονται με την υλοποίηση των συστημάτων και των λειτουργιών τους, που υπάρχει μεταξύ των φυσικών και των εικονικών πραγμάτων, γεγονός που θα οδηγήσει στην αλλαγή, τόσο των τεχνολογιών του φυσικού κόσμου όσο, και του κόσμου της πληροφορίας.
- **Ετερογένεια:** Οι διατάξεις για την μέτρηση των χρήσιμων παραμέτρων είναι ετερογενείς, καθώς στηρίζονται σε διαφορετικά δίκτυα. Μπορούν, όμως, να αλληλοεπιδρούν με άλλες συσκευές ή πλατφόρμες υπηρεσιών, μέσω διαφορετικών δικτύων.

- **Ταχυτάτες και ουσιαστικές αλλαγές:** Η κατάσταση των συσκευών αλλάζει γρήγορα π.χ. είναι ενεργές ή απενεργοποιημένες, συνδέονται ή αποσυνδέονται, αλλάζει η θέση και η ταχύτητά τους. Επιπλέον, ο αριθμός των διασυνδεδεμένων συσκευών μπορεί να αλλάξει.
- **Κλίμακα χρηστών:** Ο αριθμός συσκευών, που οι χρήστες διαχειρίζονται και επικοινωνούν μεταξύ τους, μέσω IoT, θα είναι μεγαλύτερος από το πλήθος των συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο τρέχον διαδίκτυο. Ακόμη πιο κρίσιμη θα είναι η αποτελεσματική διαχείριση και η ερμηνεία των παραγόμενων δεδομένων.
- **Ασφάλεια:** Επιβάλλεται ασφαλής σχεδιασμός, τόσο για τους δημιουργούς, όσο και για τους παραλήπτες του IoT και ασφάλεια προσωπικών δεδομένων και ιδιωτικής ζωής. Η ασφάλεια πρέπει να κλιμακωθεί ανάμεσα στις συσκευές, τα δίκτυα και τα δεδομένα που διακινούνται.
- **Συνδεσιμότητα:** Η συνδεσιμότητα αφορά, τόσο την προσβασιμότητα, όσο και τη συμβατότητα του δικτύου. Η προσβασιμότητα επιτρέπει τη σύνδεση σε ένα δίκτυο, ενώ η συμβατότητα παρέχει την κοινή δυνατότητα δημιουργίας και χρήσης δεδομένων του δικτύου.[25-30]

Το IoT εξυπηρετεί πολλούς και διαφορετικούς χρήστες. Οι διαφορετικές κατηγορίες χρηστών έχουν διαφορετικές ανάγκες. Υπάρχουν τρεις σημαντικές κατηγορίες χρηστών:

1. Οι μεμονωμένοι πολίτες,
2. Κοινότητα πολιτών (πολίτες μιας πόλης, μιας περιφέρειας, μιας χώρας ή της κοινωνίας στο σύνολό της),
3. Οι επιχειρήσεις [20].

Μια εφαρμογή του IoT στα πλαίσια μιας εταιρίας, ενδέχεται να ενσωματώνει έναν αριθμό αισθητήρων, οι οποίοι θα περιλαμβάνονται σε διάφορα μηχανήματα ή/και συσκευές και τα οποία θα επικοινωνούν και θα συνεργάζονται μεταξύ τους (επιχειρησιακή νοημοσύνη). Με αυτόν τον τρόπο θα παρέχουν τις απαραίτητες για τη λειτουργία της επιχείρησης πληροφορίες, οι οποίες, διαμέσου ενός συστήματος καταγραφής, θα είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους ενδιαφερόμενους (επιχειρησιακή ανάλυση) [3-7]. Εκτός αυτού, αντίστοιχα εταιρικά συστήματα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στην απογραφική διαδικασία, την παραγωγή, την ελαχιστοποίηση

του κόστους, την παρακολούθηση κλπ. [4]. Όπως είναι αναμενόμενο, οι εφαρμογές του IoT αποτελούν αντικείμενο μελέτης ολοένα και περισσότερων ερευνητών.

Οι εφαρμογές με μεγαλύτερο ενδιαφέρον και χρήση που αφορούν το IoT, είναι οι εξής, αρχικά ιδιαιτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου (Monitoring and Control Systems), τα συστήματα Κοινής Χρήσης Πληροφοριών και Συνεργασίας (Information Sharing and Collaboration Systems) και τα συστήματα διαχείρισης των λεγόμενων «Big Data» και επιχειρησιακών αναλύσεων (Big Data and Business Analytics Systems)[21-26].

Ωστόσο, οι δυνατότητες της τεχνολογίας του Internet of Things δεν είναι μόνο αυτές που παρουσιάστηκαν μέχρι στιγμής. Η δυνατότητα να μπορεί να χρησιμοποιεί την επιστήμη της πληροφορικής με χρήση της πλατφόρμας Cloud. Διαμέσου αυτής, είναι δυνατή η πρόσβαση σε μετρούμενα δεδομένα και πληροφορίες, από οποιονδήποτε εγγεγραμμένο χρήστη και σε οποιοδήποτε μέρος της γης, σε λίγα μόλις δευτερόλεπτα. Παρ' όλα αυτά, όπως αναφέρει μια σχετική έρευνα, τις επόμενες δεκαετίες, η πλατφόρμα Cloud αναμένεται να προσφέρει στους χρήστες της και άλλες ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες δυνατότητες και λειτουργίες. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι [12-19]:

- συγκέντρωση και ανάλυση δεδομένων από διάφορους φορείς ταυτόχρονα,
- ασφάλεια και προστασία των δεδομένων,
- αύξηση του αριθμού χρηστών,
- ταχύτατη επικοινωνία με αισθητήρες και μικροελεγκτές,
- οι αναλύσεις θα μπορούν να πραγματοποιηθούν σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή,
- διασύνδεση με προγράμματα και εφαρμογές του εξωγενούς περιβάλλοντος,
- ελαχιστοποίηση του χρόνου απόκρισης και των πιθανών σφαλμάτων,
- ενσωμάτωση αλγορίθμων για εντοπισμό κρίσιμων καταστάσεων.

Μία πολύ χρήσιμη ιδιότητα του IoT είναι ότι μπορεί να οπτικοποιήσει τα δεδομένα (Data Visualization). Η καταγραφή των δεδομένων από τους αισθητήρες, επιτρέπει την άμεση επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων, με σκοπό την βελτιστοποίηση των διαφόρων ενεργειών.[32-35].

1.4 Τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο IoT

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες επικοινωνίας σήμερα για χρήση με το IoT. Κάθε τεχνολογία έχει τη δική της πλεονεκτήματα μαζί με τους εγγενείς περιορισμούς τους. Αυτό συνδυασμό πλεονεκτημάτων και περιορισμών των τεχνολογιών δεν έχει ως αποτέλεσμα καμία τεχνολογία κατάλληλη για κάθε κατάσταση, απαίτηση και εφαρμογή. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να ζυγίζεται κάθε τεχνολογία που διατίθεται στην αγορά έναντι του απαιτήσεων της εφαρμογής για την επιλογή του καταλληλότερου τεχνολογία κατάλληλη για την ικανοποίηση των συνθηκών.

Οι ακόλουθες παράγραφοι παρουσιάζουν μια κριτική αξιολόγηση των περισσότερων κοινώς χρησιμοποιούμενων ασύρματων τεχνολογιών στο IoT, όπως το Bluetooth [12-20] και Bluetooth χαμηλής ενέργειας (BLE) [6-9] είναι κοινώς χρησιμοποιούμενες επικοινωνίες τεχνολογίες στο IoT για επικοινωνία μικρών αποστάσεων. Τα πλεονεκτήματα αυτών των πρωτοκόλλων περιλαμβάνουν τη δυνατότητα χειρισμού μεγάλου όγκου δεδομένων, δυνατότητα δημιουργίας ad-hoc συνδέσεων και την πλήρη τυποποίηση των πρωτοκόλλων. Σε σύγκριση με το παραδοσιακό Bluetooth, το BLE έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Η έλλειψη ενσωματωμένης ασφάλειας καθιστώντας τα δύο πρωτόκολλα ευάλωτα σε εξωτερικές επιθέσεις, ο χαμηλός ρυθμός δεδομένων και το μικρό εύρος λειτουργιών προσδιορίζονται ως τα κύρια μειονεκτήματα των πρωτοκόλλων, WiFi, WiMax, και Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah). Τα παραπάνω είναι ένα άλλο σύνολο πρωτοκόλλων που είναι δημοφιλή για τη ρύθμιση καναλιών επικοινωνίας μεγάλων αποστάσεων. Τα πλεονεκτήματα αυτών των πρωτοκόλλων περιλαμβάνουν τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις σε υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας, δυνατότητα υποστήριξης μεγάλου αριθμού σταθμών πελατών με έναν κόμβο σταθμού βάσης και ενσωματωμένη υποστήριξη κρυπτογράφησης υποστήριξης για βελτιωμένη ασφάλεια [11-15].

Από την άλλη πλευρά, η απαίτηση μετάδοση των οπτικών δεδομένων και το μπλοκάρισμα από εμπόδια επίσης είναι επιρρεπή σε υποβάθμιση των σημάτων λόγω καιρικών παραγόντων, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και η αυξημένη καθυστέρηση αναγνωρίζονται ως τα κύρια μειονεκτήματα αυτών των πρωτοκόλλων. Το MiWi και το MiWi P2P είναι δύο πρωτόκολλα που υποστηρίζουν επικοινωνία σε μεσαίες αποστάσεις σε μεσαίου όγκους δεδομένων. Αυτά τα πρωτόκολλα συνοδεύονται από το πρόσθετο πλεονέκτημα του μηδενικού κόστους αδειοδότησης.

Ως εκ τούτου, αυτά τα πρωτόκολλα είναι κατάλληλα για τη δημιουργία μεσαίου μεγέθους δικτύων IoT, με όχι τόσο μεγάλο αριθμό συσκευών.

Τα Zigbee και Z-Wave έχουν γίνει δημοφιλή πρωτόκολλα για εφαρμογές έξυπνου σπιτιού λόγω του πλεονεκτήματά της εύκολης εγκατάστασης, υποστήριξη για ad-hoc επικοινωνία χωρίς κεντρικό έλεγχο και αυξημένη ανθεκτικότητα για τη διατήρηση της συνδεσιμότητας με τους υπόλοιπους κόμβους σε περίπτωση αστοχιών κόμβων και χαμηλού κόστους λειτουργίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι κύριοι περιορισμοί των Zigbee και Z-Wave περιλαμβάνουν την έλλειψη ασφάλειας, χαμηλός ρυθμός δεδομένων, μικρή εμβέλεια και έλλειψη περιορισμού τυποποίησης την ελευθερία ενσωμάτωσης εξοπλισμού από διαφορετικούς προμηθευτές.

Το LoRa και το LoRaWAN είναι δύο πρωτόκολλα που μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλο εύρος επικοινωνίας σε μια εκτεταμένη τοπολογία δικτύου με μεγάλο αριθμός κόμβων. Αυτά τα πρωτόκολλα μπορούν επίσης να υποστηρίξουν μεταβλητούς ρυθμούς δεδομένων ανάλογα με την απαίτηση της εφαρμογής μαζί με την επιπλέον δυνατότητα ανταλλαγής της ταχύτητας [17-29]. Τα κύρια μειονεκτήματα αυτών των πρωτοκόλλων είναι η λειτουργία στη ζώνη χωρίς άδεια που το καθιστά ευάλωτο σε παρεμβολές από άλλες συσκευές, υποστηρίζοντας μόνο συνδέσεις σημείου προς σημείο και υποστήριξη χαμηλού εύρους ζώνης.

Τα LTE, LTE-M και LTE-A είναι τυποποιημένα πρωτόκολλα για ασύρματες επικοινωνίες επόμενης γενιάς. Λειτουργούν στην αδειοδοτημένη ζώνη αυξάνοντας την απόδοση ενώ υπάρχει μείωση των παρεμβολών από άλλες συσκευές. Το κύριο μειονέκτημα αυτών των τεχνολογιών είναι το υψηλό κόστος λειτουργίας που προκύπτει από τα σχέδια δεδομένων κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούνται. Το πρότυπο ISA100.11a είναι ένα για αξιόπιστη και ασφαλή επικοινωνία με πολύ περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας.

Αυτό το πρότυπο υποστηρίζει επίσης τη διαχείριση εύρους ζώνης σε περιβάλλον δικτύωσης πλέγματος για φόρτωση εξισορρόπηση και καλύτερη απόδοση [20-31]. Αυτό το πρότυπο βοηθά στην ανάπτυξη χαμηλού κόστους/χαμηλής πολυπλοκότητας με την πρόσθετη δυνατότητα συνύπαρξης με άλλες ασύρματες τεχνολογίες. Το υψηλό κόστος των συσκευών και οι χαμηλοί ρυθμοί δεδομένων είναι οι κύριες αδυναμίες αυτού του προτύπου. Το Ultra-Wideband (UWB) και το Wavenis είναι δύο πρωτόκολλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές πολύ χαμηλής ισχύος. Αυτά τα πρωτόκολλα υποστηρίζουν επίσης αξιόπιστη επικοινωνία σε πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Η τεχνολογία του ευρέος φάσματος που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο αυτών των πρωτοκόλλων παρέχει τα πρόσθετα πλεονεκτήματα από φαινόμενα πολλαπλής

διάδοσης και παρεμβολών από άλλες συσκευές που λειτουργούν στην ίδια ζώνη. Τα σχετικά μικρότερα εύρη λειτουργίας και η δυσκολία σχεδιασμού κατάλληλων κεραιών προσδιορίζονται ως οι περιορισμοί αυτών των τεχνολογιών [32-37].

Το Insteon είναι ένα άλλο πρωτόκολλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε έξυπνα κτίρια λόγω της ικανότητάς τους να χρησιμοποιούνται τόσο τεχνολογίες επικοινωνίας ενσύρματες όσο και ασύρματες. Το Insteon μπορεί να υποστηρίξει μεγάλα εύρη λειτουργίας με μετάδοση πολλαπλών βημάτων σε αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική, αποφεύγοντας μεμονωμένα σημεία αστοχίας. Το κύριο μειονέκτημα του Insteon είναι το ιδιόκτητο πρότυπο του που περιορίζει τον αριθμό των διαθέσιμων συσκευών στην αγορά μαζί με την υψηλή κατανάλωση ενέργειας και τους χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων.

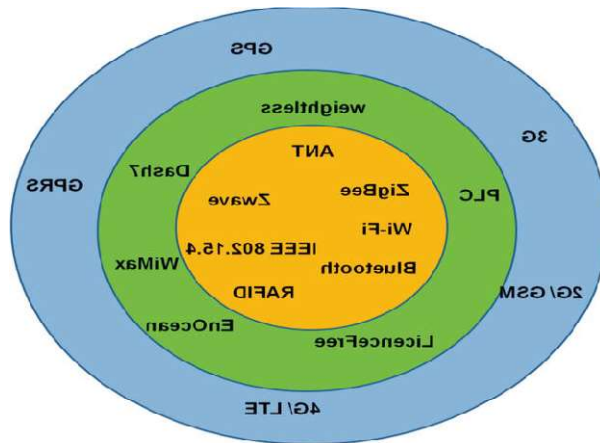
Το Wireless HART είναι μια ασύρματη τεχνολογία που υποστηρίζει την αυτοοργάνωση και την αυτοίαση σε μια τοπολογία δικτύου πλέγματος που επιτρέπει την ανάπτυξη ανθεκτικών δικτύων. Τα πρόσθετα πλεονεκτήματα αυτού του ασύρματου προτύπου είναι η ικανότητά του να μετριάξει τις επιπτώσεις της εξασθένησης και των παρεμβολών από άλλα σήματα. Αυτή η τεχνολογία υποστηρίζει τον έλεγχο ταυτότητας της συσκευής και την κρυπτογράφηση των δεδομένων για βελτιωμένη ασφάλεια των δεδομένων που μεταδίδονται. Η χρήση του TDMA ως πολλαπλής πρόσβασης [37-39]. Η τεχνολογία αυτή περιορίζει τη χρήση του ελεύθερου εύρους ζώνης μειώνοντας την αποτελεσματικότητα του δικτύου.

Το Thread υποστηρίζει επίσης δικτύωση πλέγματος αποφεύγοντας μεμονωμένα σημεία αστοχίας και επιτρέποντας καλύτερη επεκτασιμότητα υποστηρίζοντας μεγάλο αριθμό συσκευών δικτύου. Τα πρόσθετα πλεονεκτήματα αυτού του προτύπου περιλαμβάνει την υποστήριξη για λειτουργίες πολύ χαμηλής ισχύος και υψηλή απόδοση, καθώς και τη δυνατότητα εύκολης μετεγκατάστασης από Zigbee, Wireless HART, 6LoWPAN κ.λπ. Η μικρή εμβέλεια και η πολύπλοκη φύση του πρωτοκόλλου έχουν ως αποτέλεσμα την περιορισμένη χρήση

Το Li-Fi είναι μια τεχνολογία δικτύωσης υψηλής ταχύτητας που χρησιμοποιεί κυρίως για την επικοινωνία. Λόγω της φύσης του που χρησιμοποιείται, έχει τα πλεονεκτήματα της ταχύτερης επικοινωνίας και των υψηλών δεδομένων ρυθμούς μεταφοράς με λειτουργίες χαμηλής ισχύος και βελτιωμένη ασφάλεια. Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται ως μέσο επικοινωνίας μαζί με την απαίτηση πολύ αυστηρής ευθυγράμμισης του πομπού και του δέκτη για λειτουργίες οπτικής επαφής, αυτή η τεχνολογία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξωτερικές εφαρμογές περιορίζοντας τη χρησιμότητα [40-45].

Επίσης το υψηλό κόστος των συσκευών και η απαίτηση για μια εντελώς νέα υποδομή περιορίζει επίσης την υιοθέτησή της ως κοινής τεχνολογίας επικοινωνίας από μεγάλο αριθμό πελατών. Το EnOcean είναι μια τεχνολογία επικοινωνίας που υποστηρίζει πλήρη λειτουργία χωρίς μπαταρία μέσω της συλλογής ενέργειας από το περιβάλλον.

Η ικανότητα της EnOcean να λειτουργεί χωρίς μπαταρία και να συλλέγει ενέργεια από το περιβάλλον την καθιστά την πιο περιζήτητη τεχνολογία για μακροπρόθεσμες αναπτύξεις συσκευών επικοινωνίας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Τα άλλα πλεονεκτήματα του EnOcean είναι η υποστήριξη για υψηλούς ρυθμούς δεδομένων και η δυνατότητα εξίσου καλής λειτουργίας τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Η περιορισμένη εμβέλεια και η υποστήριξη μόνο διαμορφώσεων από σημείο σε σημείο μαζί με μη τυπική αποκλειστική τεχνολογία θεωρούνται οι κύριοι περιορισμοί του EnOcean[16], [46-47].



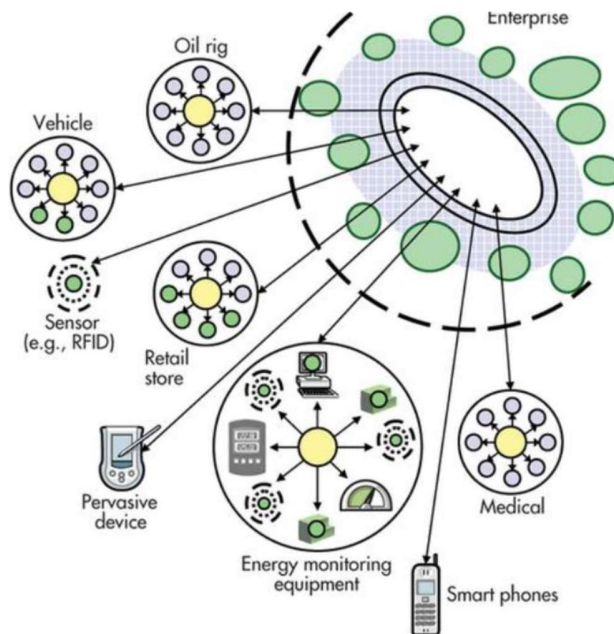
Εικόνα 3: Πρωτοκόλλα επικοινωνίας [4].

Οι παραπάνω παράγραφοι παρουσίασαν τις διάφορες ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο IoT. Η ανάλυση δείχνει ξεκάθαρα ότι κάθε τεχνολογία προσπαθεί να προσδιορίσει διαφορετικές απαιτήσεις επικοινωνίας που απαιτούνται από διαφορετικούς εφαρμογές και μια ενιαία τεχνολογία δεν μπορεί να ικανοποιήσει απαιτήσεις όλων των εφαρμογών. Επομένως, κάθε τεχνολογία έχει τα δικά του πλεονεκτήματα μαζί με τους περιορισμούς του. Επίσης, μπορεί φαίνεται ότι ακόμη και με τόσο μεγάλο αριθμό τεχνολογιών ήδη διαθέσιμο στην αγορά, υπάρχει ακόμα περιθώριο για το μελλοντική έρευνα που παρέχουν οι αναδυόμενες εφαρμογές στον τομέα αυτό όλο και περισσότερες προκλήσεις με πολύ αυστηρές απαιτήσεις.

1.5 Πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων

1.5.1 MQTT

- MQTT: ένα πρωτόκολλο το οποίο συλλέγει δεδομένα από αισθητήρες και τα στέλνει στον server. MQTT ή Queue Telemetry Transport είναι ένα ελαφρύ συμπαγές πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων για την μεταφορά δεδομένων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου απαιτείται "αποτύπωμα μικρού κώδικα" ή το εύρος ζώνης του δικτύου είναι περιορισμένο. Αυτά τα πλεονεκτήματα επιτρέπουν την εφαρμογή αυτού του πρωτοκόλλου στα συστήματα M2M (Machine to Machine) και IIoT (Industrial Internet of Things).



Εικόνα 6.2: Πρωτόκολλο MQTT. Hub-and-spoke σύστημα [15].

Υπάρχει επίσης μια παραλλαγή του πρωτοκόλλου MQTT-SN (MQTT για τα δίκτυα αισθητήρων), γνωστή ως MQTT-S, η οποία έχει σχεδιαστεί για τις ενσωματωμένες ασύρματες συσκευές χωρίς υποστήριξη δικτύων TCP / IP, για παράδειγμα ZigBee.

Οι βασικές αρχές του πρωτοκόλλου είναι οι παρακάτω:

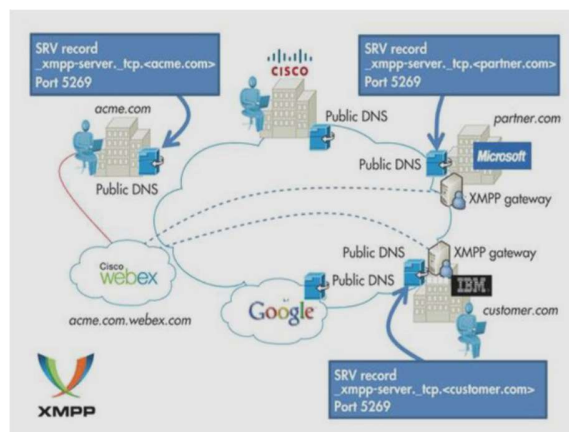
- Απλό να υλοποιηθεί.
- Παρέχει επίπεδα ποιότητας της υπηρεσίας παράδοσης των μηνυμάτων (Quality of Service).

- Αντικειμενικά χαμηλές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ και δικτυακό εύρος.
- Ανεξάρτητο του είδους των δεδομένων που μεταφέρονται (data agnostic).
- Continuous Session Awareness.

1.5.2 XMPP

- **XMPP:** πρωτόκολλο το οποίο είναι καλύτερο στην διασύνδεση έξυπνων συσκευών με τους χρήστες. Το XMPP είναι το ακρωνύμιο για το Extensible Messaging and Presence Protocol. Είναι ένα πρωτόκολλο για την ανταλλαγή μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο το οποίο βασίζεται στην XML για την μορφοποίηση των δεδομένων που ανταλλάσσονται και ήταν αρχικά γνωστό ως Jabber. Το XMPP χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών, με γνωστότερες όλων τα Google Talk και Facebook chat. Το πρωτόκολλο χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το τμήμα των υπηρεσιών και το τμήμα των εφαρμογών.

Το τμήμα των υπηρεσιών ορίζεται στις δύο εκδόσεις των προδιαγραφών του IETF [20] με τα RFC's και στις προδιαγραφές των επεκτάσεων τα οποία εκδίδονται από τον XMPP Standards Foundation [21]. Μέσω των XEP's. Οι εφαρμογές αποτελούνται από το λογισμικό και από σενάρια υλοποίησης του πρωτοκόλλου τα οποία είναι διαθέσιμα προς τα ενδιαφερόμενα πρόσωπα και οργανισμούς.

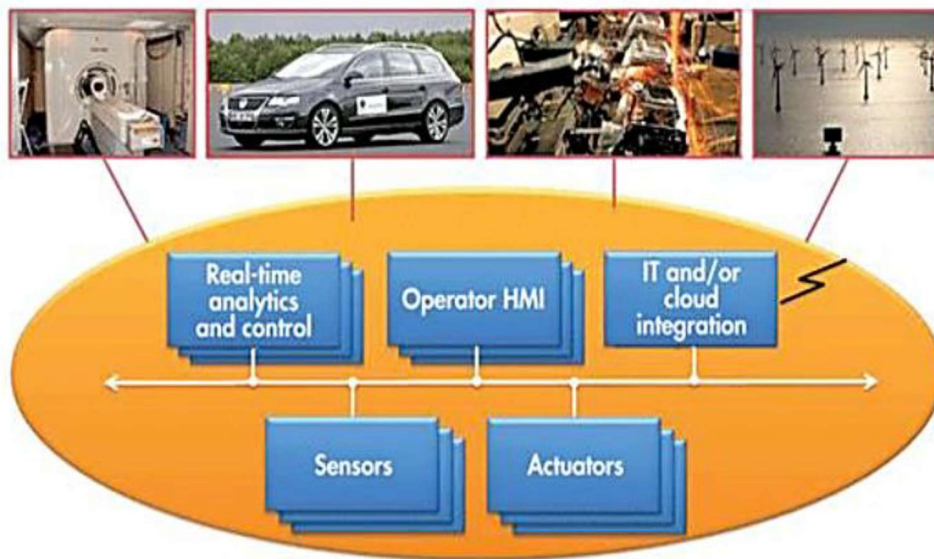


Εικόνα 4: Επικοινωνία μέσω μηνυμάτων η οποία επιτρέπεται από το XMPP πρωτόκολλο [15].

- **Κρυπτογράφηση καναλιού.** Παρέχει κρυπτογράφηση της σύνδεσης μεταξύ του χρήστη και του εξυπηρετητή ή μεταξύ εξυπηρετητών, δίνοντας την δυνατότητα ανάπτυξης ασφαλών εφαρμογών.

- **Αυθεντικοποίηση.** Εξασφαλίζει ότι κάθε οντότητα που θέλει να επικοινωνήσει μέσω του δικτύου είναι αυθεντικοποιημένη από τον εξυπηρετητή ο οποίος ελέγχει την πρόσβαση στο δίκτυο.
- **Παρουσία.** Παρέχει την δυνατότητα σε εγκεκριμένους χρήστες να ελέγχουν την διαθεσιμότητα άλλων χρηστών για επικοινωνία.
- **Λίστα επαφών.** Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει την διατήρηση μίας λίστας επαφών στον εξυπηρετητή. Η λίστα παρέχει έναν άμεσο τρόπο ανταλλαγής μηνυμάτων και αποτελεί μία λίστα έμπιστων οντοτήτων.
- **Ανταλλαγή μηνυμάτων.** Δίνει την δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ δύο οντοτήτων.
- **Ανταλλαγή μηνυμάτων με περισσότερους παραλήπτες.** Δίνει την δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ πολλών χρηστών οι οποίοι μετέχουν σε ένα εικονικό «δωμάτιο επικοινωνίας» (chat room).
- **Ανταλλαγή πολυμέσων.** Δημιουργία συνεδρίας μεταξύ οντοτήτων για την ανταλλαγή αρχείων, επικοινωνίας με ήχο ή και εικόνα και αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο [50],[54]. ο DDS: ένα γρήγορο πρωτόκολλο για την ενσωμάτωση του σε έξυπνες συσκευές. Σε αντίθεση με το MQTT και το XMPP, η Υπηρεσία Διανομής Δεδομένων (DDS) στοχεύει τις συσκευές που χρησιμοποιούν απευθείας τα δεδομένα συσκευής. Αυτή λοιπόν διανέμει δεδομένα σε άλλες συσκευές.

Όσο υποστηρίζεται η επικοινωνία με την υποδομή IOT, ο κύριος σκοπός της DDS είναι να συνδέει συσκευές με άλλες συσκευές. Είναι ένα δεδομένο-κεντρικό πρότυπο με ρίζες σε εφαρμογές βιομηχανικές, ενσωματωμένες και με υψηλής απόδοσης άμυνα. Η DDS μπορεί να παραδώσει αποτελεσματικά εκατομμύρια μηνύματα ανά δευτερόλεπτο σε πολλούς δέκτες ταυτόχρονα.



Εικόνα 5: Η Υπηρεσία διανομής δεδομένων διαθέτει αρχιτεκτονική έκδοσης/εγγραφής (publish/subscribe) [17].

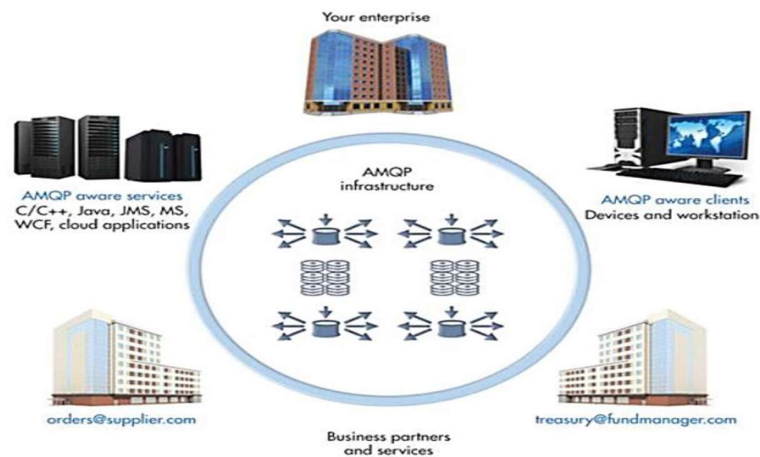
1.5.3 AMQP

- **AMQP:** ένα πρωτόκολλο ευρετηρίασης το οποίο συνδέει servers μεταξύ τους. το Πρωτόκολλο Προηγμένης Ουράς Μηνυμάτων (Advanced Message Queuing Protocol-AMQP) κάποιες φορές μόνο θεωρείται πρωτόκολλο του IoT.

Το AMQP έχει να κάνει με ουρές. Στέλνει μηνύματα συναλλαγής μεταξύ διακομιστών. Ως μήνυματο-κεντρικό ενδιάμεσο λογισμικό που προέκυψε από τον τραπεζικό κλάδο, μπορεί να επεξεργαστεί χιλιάδες συναλλαγές που βρίσκονται σε αναμονή (ή αλλιώς σε ουρά). Το AMQP επικεντρώνεται στην μη-απώλεια μηνυμάτων. Οι επικοινωνίες από τους εκδότες έως τις συναλλαγές και από τις ουρές ως τους συνδρομητές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP, το οποίο παρέχει απολύτως αξιόπιστη σύνδεση από σημείο σε σημείο. Επιπλέον, τα τερματικά θα πρέπει να βεβαιώσουν την αποδοχή του κάθε μηνύματος.

Το πρότυπο περιγράφει επίσης μια προαιρετική λειτουργία συναλλαγής με επίσημη πολυφασική τήρηση σειράς. Πιστό στις ρίζες του στον τραπεζικό κλάδο, το AMQP επικεντρώνεται στον εντοπισμό όλων των μηνυμάτων και την εξασφάλιση της παράδοσης τους όπως αναμενόταν, ανεξάρτητα από τις αποτυχίες ή τις επανεκκινήσεις. Το AMQP χρησιμοποιείται

κυρίως στις επιχειρήσεις μηνυμάτων. Συνήθως ορίζει τις «συσκευές», ως τα κινητά τηλέφωνα επικοινωνίας με κέντρα δεδομένων που διαθέτουν υποστηρικτικές υπηρεσίες. Στο πλαίσιο του IoT, το AMQP είναι η πλέον κατάλληλη λειτουργία του επίπεδου ελέγχου ή ανάλυσης βασιζόμενη σε διακομιστή.



Εικόνα 6: Το AMQP είναι ένα μήνυματο-κεντρικό ενδιάμεσο λογισμικό που προέκυψε από τον τραπεζικό κλάδο [15].

Κεφάλαιο 2

2.1 Μικροελεγκτές Arduino

Η ουσιαστική βοήθεια του Διαδικτύου των Αντικειμένων είναι η αυτοματοποίηση των δεδομένων με την βοήθεια των αισθητήρων, η επικοινωνία μεταξύ τους, γίνεται με ασύρματα σήματα (wireless signals). Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους τα δεδομένα καταγράφονται και αποθηκεύονται συνεχώς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να δημιουργείται αρκετά μεγάλος αριθμός δεδομένων τα οποία είναι αδύνατο να αναλυθούν, Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε το σύνολο των μετρήσεων, χρησιμοποιούνται κάποια συγκεκριμένου είδους κυκλώματα, τα οποία συγκεντρώνουν τα δεδομένα, τα επεξεργάζονται και αναλύουν[54].

Τα κυκλώματα αυτά είναι οι μικροελεγκτές ή Micro-Controllers Units ή MCUs, τα οποία αξιοποιούν όλες τις δυνατότητες που προσφέρει η σύγχρονη τεχνητή νοημοσύνη και χαρακτηρίζει τις συσκευές με το χαρακτηρισμό «smart». Ανάμεσα σε όλους τους μικροελεγκτές ξεχωρίζουν οι μικροελεγκτές Arduino, οι οποίοι αποτελούν ήδη το στατικό στοιχείο σε αρκετά από τα υπάρχοντα κυκλώματα του Internet of Things, ελέγχοντας και συντονίζοντας την ταυτόχρονη λειτουργία και επικοινωνία όλων των επιμέρους αισθητήρων.

Στη γλώσσα της πληροφορικής, οι μικροελεγκτές είναι πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα, μέσω των οποίων γίνεται ο προγραμματισμός όλων των λογισμικών που συμμετέχουν στο IoT. Όσον αφορά τη χρήση της, η τεχνολογία Arduino εμφανίζει μία πληθώρα πλεονεκτημάτων, που την κάνουν να ξεχωρίζει στον τομέα της τεχνολογίας. Ορισμένα από αυτά είναι τα εξής:

- προσφέρει απλά και εύχρηστα συστήματα.
- δεν απαιτεί εξειδικευμένη γνώση προγραμματισμού και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.
- διαθέτει στο διαδίκτυο ελεύθερες βασικές οδηγίες, εγχειρίδια, βιβλιοθήκες και κώδικες προγραμματισμού, για μία πληθώρα αισθητήρων.
- επιτρέπει την δημιουργία έξυπνων συστημάτων από λιγότερο εξειδικευμένους χρήστες.

Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα μικροελεγκτών Arduino, που υποστηρίζουν μια ευρεία γκάμα χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων. Για κάθε έναν από αυτούς υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αισθητήρων καθώς και εξωτερικών κυκλωμάτων, οι οποίοι, όπως αναφέραμε μπορούμε ευκόλα να χειριστούμε χρησιμοποιώντας από εγχειρίδια και βιβλιοθήκες (κώδικες και αρχιτεκτονικές) που εύκολα μπορούμε να ανασύρουμε από το διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατή η

άμεση και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση των διαφόρων μετρήσεων, που αφορούν σημαντικές περιβαλλοντικές παραμέτρους. Μάλιστα, μέσω της πλατφόρμας cloud, τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι άμεσα διαθέσιμα σε οποιονδήποτε και από οποιονδήποτε μέρος της γης, σε ελάχιστο χρόνο (μερικά δευτερόλεπτα) [55-59].

Τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν και επιπρόσθετα η ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή των προϊόντων Arduino, έχουν οδηγήσει στην ευρεία χρήση τους σε ποικίλες εφαρμογές του Internet of Things. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών Arduino είναι τα παρακάτω) [60]:

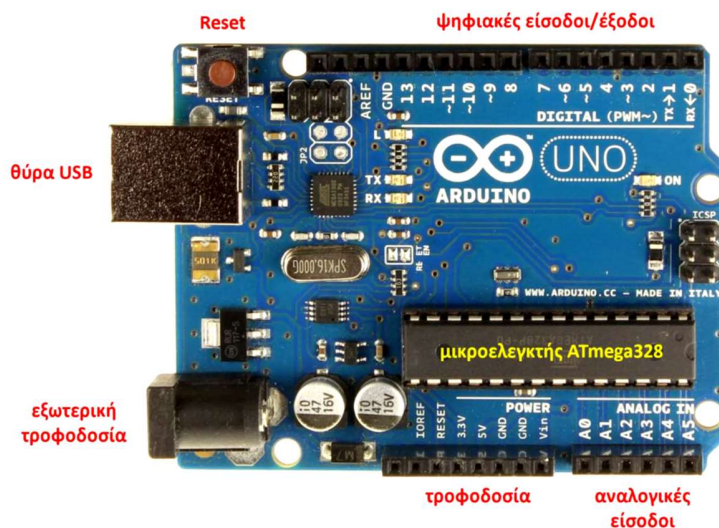
- Τα εξαρτήματα και τα ανταλλακτικά είναι αρκετά οικονομικά.
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει όλα τα λειτουργικά συστήματα όπως, Microsoft, Linux.
- Η ενέργεια που καταναλώνουν είναι ελάχιστη.
- μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από άτομα που δεν έχουν ιδιαίτερες γνώσεις στον προγραμματισμό, διαθέτοντας τα κατάλληλα εγχειρίδια,
- συνδέονται εύκολα και άμεσα με ηλεκτρονικούς υπολογιστές (απλή σειριακή θύρα) υπάρχει τεράστια ποικιλία αισθητήρων και συσκευών που είναι συμβατές με αυτά,
- υπάρχει αρκετή διαθέσιμη βιβλιογραφία και κώδικες, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως από πολλούς ερευνητές

Κλείνοντας, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι μικροελεγκτές Arduino, δεν εμφανίστηκαν ξαφνικά, αλλά αντιθέτως, υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια. Ωστόσο, δεν είναι άμεσα ορατοί, καθώς αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου κυκλώματος, που υφίσταται στο εσωτερικό των περισσότερων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Ουσιαστικά, ολόκληρη η λειτουργία μιας ηλεκτρονικής συσκευής βασίζεται στους μικροελεγκτές, καθώς μέσω του προγραμματισμού, ελέγχουν τους συνδεδεμένους αισθητήρες. Πιο συγκεκριμένα, μία εξωτερική ενέργεια (π.χ. πάτημα διακόπτη φωτός), μετατρέπεται αρχικά σε ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρικό σήμα στη συνέχεια, οδηγείται στους μικροελεγκτές, οι οποίοι μέσω ειδικής γλώσσας προγραμματισμού, το μεταφράζουν σε μία άλλη προκαθορισμένη ενέργεια (π.χ. φωτισμός).

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μικροελεγκτών στην αγορά. Ο μικροελεγκτής Arduino είναι, ως επί το πλείστο πάνω σε διάφορες υλοποιήσεις αυτοματισμών λόγω της ικανοποιητικής επεξεργαστικής ισχύς του, της ευκολίας του προγραμματισμού του, της μεγάλης ποικιλίας του σε περιφερειακούς αισθητήρες, της μεγάλης γκάμας του στις τεχνολογίες ασύρματης και ενσύρματης επικοινωνίας και τέλος της πολύ χαμηλής τιμής του. Πρόκειται για έναν μικροελεγκτή ανοικτού κώδικα (open source) με ενσωματωμένο επεξεργαστή και εισόδους/εξόδους, το οποίο μπορεί να

προγραμματίζεται με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++).

Το arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή για τον προγραμματισμό του αλλά και για την μετέπειτα επικοινωνία με σκοπό το συνεχόμενο monitoring των εργασιών όπου έχει προγραμματιστεί να εκτελεί καθώς και την εκτέλεση νέων εντολών που θα δοθούν σε αυτό από τον χρήστη. Ανάλογα τις ανάγκες του χρήστη κυκλοφορούν και διαφορετικές εκδόσεις Arduino με περισσότερες εισόδους και εξόδους μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, μεγαλύτερες δυνατότητες επικοινωνίας με άλλους μικροελεγκτές το διαδίκτυο αλλά και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τέλος το κόστος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τρεις δημοφιλέστερες εκδόσεις Arduino [61-65].



Εικόνα 7: Ανάλυση επιμέρους τμημάτων Arduino [55].

2.2 Αρχές λειτουργίας Arduino

Το Arduino μπορεί να δουλέψει με ρεύμα από τη USB θύρα του υπολογιστή σας ή με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Η μονάδα παρέχει σταθερά τάση 5V στις εξόδους της. Για παροχή ρεύματος στη μονάδα από εξωτερική πηγή δέχεται τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα-συνιστώμενη παρεχόμενη τάση λειτουργίας είναι στα 7V έως 12V, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει και να δώσει σταθερά τα 5V στην έξοδο (βλ. <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>). Μπορείτε να συνδέσετε την παροχή ρεύματος

απευθείας στα pins που προορίζονται για αυτό το σκοπό: (+) στο Pin VCC IN και (-) στο Gnd δίπλα του. Στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη η μονάδα σας μόνιμα με θύρα USB τότε δουλεύει χωρίς πρόβλημα με τα 5V που παρέχει η USB θύρα [71].

Το Arduino Uno R3 έχει 14 ψηφιακές θύρες εισόδου ή εξόδου (digital input/output pins) και έξι αναλογικές εισόδους (analog input pins). Οι 14 ψηφιακές θύρες ονομάζονται με νούμερα από το 0 έως το 13, ενώ οι έξι αναλογικές με το γράμμα A ακολουθούμενο από ένα νούμερο από 0 μέχρι το 5 (π.χ. A3). Στην έξοδο τα pins μπορούν να δώσουν 0 έως και 5V τάση. Από τις 14 ψηφιακές θύρες οι έξι, και ειδικότερα οι 3, 5, 6, 9, 10, 11, είναι και PWM θύρες (Pulse Width Modulation), δηλαδή μπορούν να προσομοιάσουν αναλογικές εξόδους.

Έτσι, συνοπτικά για την είσοδο και έξοδο έχουμε:

- Για ψηφιακή είσοδο, χρησιμοποιούμε τις 14 ψηφιακές 0..13. Όταν δουλεύουν ψηφιακά, η είσοδος μπορεί να είναι ή 0 ή 5V, με τον χαρακτηρισμό LOW ή HIGH όπως θα δούμε παρακάτω.
- Για ψηφιακή έξοδο, χρησιμοποιούμε τις 14 ψηφιακές 0..13. Όταν δουλεύουν ψηφιακά, η έξοδος μπορεί να είναι 0 ή 5V, με τον χαρακτηρισμό LOW ή HIGH όπως θα δούμε παρακάτω.
- Για αναλογική είσοδο, δηλαδή να διαβάσουμε τιμές ρεύματος στο διάστημα 0 έως 5V, χρησιμοποιούμε τις έξι αναλογικές θύρες A0..A5.
- Για αναλογική έξοδο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις έξι PWM ψηφιακές θύρες (3, 5, 6, 9, 10, 11), οι οποίες θα μας δώσουν ρεύμα εξόδου οποιας τιμή θέλουμε στο διάστημα από 0 έως 5V.

Γράφοντας κώδικα θα πρέπει να αρχικοποιήσουμε τις θύρες που χρησιμοποιούμε με τη συνάρτηση `pinMode()`, δηλαδή να δίνουμε την πληροφορία για όποιες χρησιμοποιήσουμε αν θα είναι για είσοδο ή για έξοδο. Η συνάρτηση αυτή αναλύεται στην επόμενη ενότητα. Όταν χρησιμοποιείται η σειριακή οθόνη παρακολούθησης της επικοινωνίας με τον υπολογιστή, χρησιμοποιούνται τα pins 0 και 1 για αυτό, οπότε προτείνουμε να μην τα χρησιμοποιείτε στις εφαρμογές σας, εκτός αν αυτό είναι απαραίτητο (π.χ. δεν μας φτάνουν τα υπόλοιπα 12 pins για την εφαρμογή μας) [77].

Επίσης, στη θύρα 13 υπάρχει συνήθως συνδεδεμένο ήδη ένα Led πάνω στην πλακέτα Arduino Uno, κι έτσι μπορούμε να το χρησιμοποιούμε για σχετικές λειτουργίες.

2.3 Προγραμματισμός - Βασικές λειτουργίες

Η λογική του Arduino είναι πολύ απλή - στην ουσία υπάρχουν δύο βασικές συναρτήσεις, η `setup()` και η `loop()` οι οποίες δουλεύουν ως εξής:

- `setup()` - εδώ βάζουμε όλες τις εντολές που πρέπει να τρέξουν μία φορά, όταν ενεργοποιείται η μονάδα μας (όταν δηλαδή δίνουμε ρεύμα ή όταν πατηθεί το πλήκτρο `reset` που υπάρχει). Συνήθως μπαίνουν αρχικοποιήσεις τιμών μεταβλητών και οπωσδήποτε ο χαρακτηρισμός των εισόδων/εξόδων που θα χρησιμοποιήσουμε (αν δηλαδή ένα συγκεκριμένο Pin θα είναι είσοδος ή έξοδος).
- `loop()` - εδώ γράφουμε το πρόγραμμά μας. Οι εντολές που υπάρχουν θα τρέξουν κι όταν φτάσει στο τέλος θα ενεργοποιηθεί ξανά η `loop()`, συνεχίζοντας από την αρχή της, και ξανά. Αυτό θα συμβαίνει συνεχώς, όσο έχει ρεύμα το Arduino ή μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο `reset`. Έτσι, η βασική λειτουργία του Arduino είναι ότι τρέχει η συνάρτηση `setup()` μία φορά στην αρχή και ακολούθως η `loop()` ξανά και ξανά μέχρι να το κλείσουμε (να μην τροφοδοτείται με ρεύμα) ή να πατήσουμε το πλήκτρο `reset`.

Στην περίπτωση του `Reset` ξανατρέχει η συνάρτηση `setup()` μία φορά και ακολούθως η `loop()` ξανά και ξανά, όπως δηλαδή ακριβώς και όταν αρχικά ενεργοποιείται με ρεύμα ο μικροελεγκτής. Στην περίπτωση που έχουμε κάνει αλλαγές στο πρόγραμμά μας και το φορτώσουμε στον μικροελεγκτή (θα δούμε παρακάτω τη διαδικασία αυτή) αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο `Reset` ώστε να φορτώσει το πρόγραμμά μας από την αρχή με τον τρόπο που περιγράφηκε [77-81].

2.3.1 Δηλώσεις μεταβλητών

Όπως σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, μπορώ να δηλώσω ονόματα μεταβλητών. Οι τύποι μεταβλητών που υποστηρίζονται στο Arduino είναι αρκετοί. Για έναν αρχάριο χρήστη οι παρακάτω τύποι θα είναι αρκετοί:

- `boolean`, με τιμές το 0 και 1 (ή `True` – `False`)
- `byte`, με τιμές από 0 έως και 255
- `int`, ακέραιος με δυνατές τιμές από -32768 έως και 32767
- `long`, ακέραιος με δυνατές τιμές από -2147483648 έως και 2147483647

- float, δεκαδικοί αριθμοί
- char, ένας χαρακτήρας (μέγεθος ένα Byte)
- string, πίνακας χαρακτήρων

Όπως αναφέρθηκε, η κύρια λειτουργία του μικροελεγκτή βασίζεται στο να ελέγχει τις θύρες που διαθέτει και είτε να δίνει ρεύμα είτε να παίρνει ρεύμα από αυτές. Στην αρχικοποίηση κάθε προγράμματος (μέσα στη συνάρτηση setup) θα χρειαστεί να χαρακτηρίσουμε τα Pins που χρησιμοποιούμε ως είσοδο ή ως έξοδο. Η συνάρτηση pinMode(Pin, Mode) χρησιμοποιείται με το όνομά της και ορίσματα α) τον αριθμό Pin και β) την κατάσταση λειτουργίας που χαρακτηρίζεται με τη λέξη INPUT (είσοδος) ή OUTPUT(έξοδος). Όπως έχουμε αναφέρει έχουμε 14 ψηφιακά Pins, 6 εκ των οποίων είναι PWM, με ονόματα 0..13 και έξι αναλογικά με ονόματα A0..A5 [81].

2.4 Δημοφιλέστερες εκδόσεις Arduino

2.4.1 Arduino Uno



Εικόνα 8: Arduino Uno [55].

Πίνακας 1: Arduino Uno Τεχνικά Χαρακτηριστικά.

Μικροεπεξεργαστής	ATmega328P
Τάση λειτουργίας:	5 Volts
Τάση Εισόδου(προτεινόμενη):	7 με 12 Volts

Τάση Εισόδου(όριο):	6 με 20 Volts
Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι	14
Αναλογικοί Είσοδοι	6
DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου	20 mA
SRAM	2 KB
EEPROM:	1 KB
Flash Memory	32 KB
Ταχύτητα Επεξεργαστή:	16 MHz
Πλάτος	53.4 mm
Βάρος	25 g
Μήκος	68.6 mm

2.4.2 Arduino Mega 2560



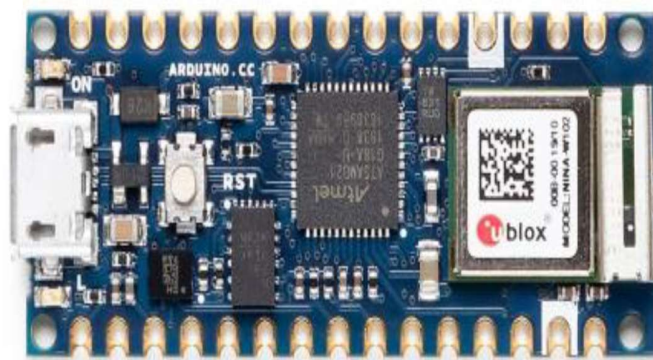
Εικόνα 9: Arduino Mega 2560 [55].

Πίνακας 2: Arduino Mega 2560 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.

Μικροεπεξεργαστής	Atmega2560
Τάση λειτουργίας	5 Volts
Τάση Εισόδου(προτεινόμενη)	7 με 12 Volts

Τάση Εισόδου(όριο):	6 με 20 Volts
Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι	54
Αναλογικοί Είσοδοι	16
DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου	20 mA
SRAM	8 KB
EEPROM:	4 KB
Flash Memory	256 KB
Ταχύτητα Επεξεργαστή	16 MHz
Πλάτος	53.3 mm
Βάρος	37 g
Μήκος	101.52 mm

2.4.3 Arduino Nano



Εικόνα 10: Arduino Nano[55].

Πίνακας 3: Arduino Nano Τεχνικά Χαρακτηριστικά

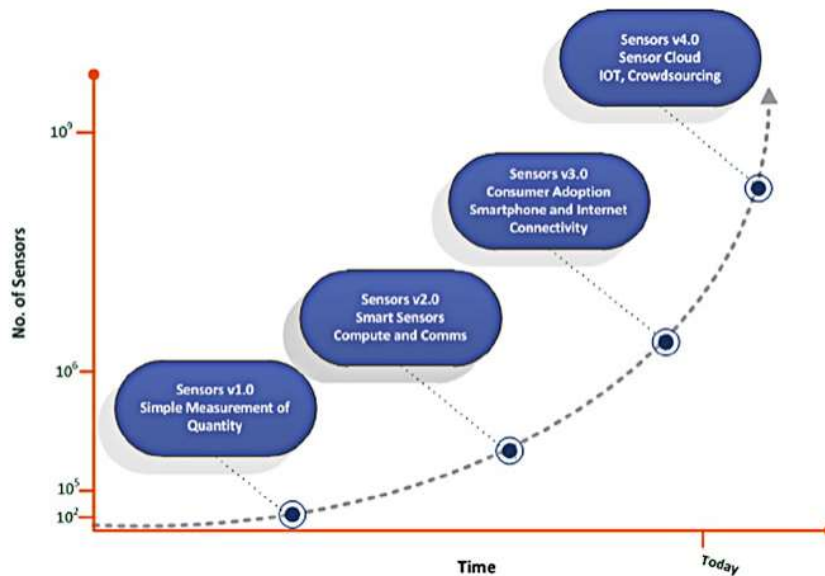
Μικροεπεξεργαστής	Atmega328
Τάση λειτουργίας:	5 Volts
Τάση Εισόδου(προτεινόμενη)	7 με 12 Volts
Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι	22
Αναλογικοί Είσοδοι:	8
DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου	40 mA
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Flash Memory	32 KB
Ταχύτητα Επεξεργαστή	16 MHz
Πλάτος	18 mm
Βάρος	7 g
Μήκος	45 mm

Κεφάλαιο 3

3.1 Αισθητήρες

Ιστορική αναδρομή των αισθητήρων

Η εμφάνιση του πρώτου θερμοστάτη το 1883 θεωρείται από ορισμένους ως ο πρώτος σύγχρονος αισθητήρας. Έκτοτε έχουν εμφανιστεί αναρίθμητες μορφές αισθητήρων, βασισμένες σε ποικίλες αρχές. Οι πρώτοι αισθητήρες ήταν απλές συσκευές, που μετρούσαν μια ποσότητα ενδιαφέροντος και παρήγαγαν κάποια μορφή μηχανικού, ηλεκτρικού ή οπτικού σήματος εξόδου. Μόλις την τελευταία δεκαετία περίπου, οι υπολογιστές, και οι επικοινωνίες, η συνδεσιμότητα με το διαδύκτιο, οι κινητές έξυπνες συσκευές και η ενσωμάτωση στο cloud έχουν προσθέσει πάρα πολύ στις δυνατότητες των αισθητήρων, όπως φαίνεται στην εικόνα 11.



Εικόνα 11: Εξέλιξη αισθητήρων που αντικατοπτρίζουν την ενοποίηση των δυνατοτήτων και την υιοθέτηση των καταναλωτών [7].

Η ανίχνευση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης περιοριζόταν, μέχρι πρόσφατα, κυρίως για χρήση σε νοσοκομεία, με περιορισμένη υιοθέτηση έξω από αυτό το περιβάλλον. Οι εξελίξεις τόσο στην τεχνολογία όσο και στα μοντέλα φροντίδας υποστηρίζουν την υιοθέτηση από

ασθενείς, παρόχους φροντίδας κατ' οίκον, δημόσιες αρχές και άτομα που θέλουν να διαχειρίζονται προληπτικά την υγεία τους και ευεξία. Για παράδειγμα, η έννοια του βιοαισθητήρα γλυκόζης προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Clarke και Lyons το 1962. Η έννοια του βιοαισθητήρα γλυκόζης παρουσιάστηκε το 1975 από την Yellow Springs Instrument Company. Οι βιοαισθητήρες έχουν εξελιχθεί γρήγορα στα χρόνια που μεσολάβησαν σε σημείο που αποτελούν βιομηχανία πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Βρίσκονται πλέον σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών που σχετίζονται με την υγεία χωρίς ιατρική συνταγή, όπως αυτές για δοκιμές στο σπίτι εγκυμοσύνη, και για την ανίχνευση αλλεργιών, να αναφέρουμε μόνο μερικά. Πιο πρόσφατα, βιοαισθητήρες χρησιμοποιούνται στο περιβαλλοντικό τομέα για εφαρμογές που, για παράδειγμα, ανιχνεύουν βακτήρια, φυτοφάρμακα και βαρέα μέταλλα σε δείγματα νερού. Η ανάπτυξη αισθητήρων που βασίζονται σε MEMS οδήγησε στη διαθεσιμότητα μικρών, ακριβών αισθητήρων σε τιμή που κατέστησε δυνατή την ενσωμάτωσή τους σε μια μεγάλη ποικιλία συσκευών, από αθλητικά ρολόγια μέχρι ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης σε αυτοκίνητα.

Τα MEMS έχουν γίνει βασικό δομικό στοιχείο για πολλούς από τους τομείς εφαρμογών που συζητούνται σε αυτό το βιβλίο. Το 1959, Ο Richard Feynman έδωσε μια οξυδερκή διάλεξη στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνια. Σε αυτή τη διάλεξη περιέγραψε τις βασικές έννοιες και τεχνικές για συσκευές MEMS. Ωστόσο, δεν ήταν μέχρι στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όταν οι κυβερνητικές υπηρεσίες των ΗΠΑ ξεκίνησαν μεγάλα προγράμματα που οδήγησαν σε ταχεία επιτάχυνση στην ανάπτυξη των αισθητήρων MEMS. Χρησιμοποιώντας τεχνικές κατασκευής ημιαγωγών, το πρώτο επιταχυνσίμετρο μικρομηχανικής επιφάνειας (ADXL50) πωλήθηκε εμπορικά από την Analog Devices το 1992. Αυτό ακολούθησε το 1998 με γυροσκόπια που βασίζονται σε MEMS από τη Bosch για εμπορικές εφαρμογές στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας (Marek et al., 2012).

Οι ακριβείς και αξιόπιστοι αισθητήρες κίνησης έχουν δημιουργήσει μια ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που στοχεύουν στην υγεία και τομείς ευεξίας. Τις τελευταίες δεκαετίες η εξέλιξη των αισθητήρων έχει επηρεαστεί έντονα από τις τεχνολογίες ΤΠΕ, με ενσωμάτωση μικροελεγκτών, μονάδων ασύρματων επικοινωνιών και μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν υποστηρίξει την ανάπτυξη συστημάτων αισθητήρων με κοινές αρχιτεκτονικές. Τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση πολλών αισθητήρων με κοινή συνδεσιμότητα. Συλλογικά αυτές οι βελτιώσεις έχουν παράγει έξυπνους

αισθητήρες. Στον τομέα της υγείας και της ευεξίας, εμφανίστηκαν ασύρματα δίκτυα που φοριούνται από το σώμα περίπου το 1995. Αυτά τα δίκτυα που κοινώς αναφέρονται ως ασύρματα δίκτυα περιοχής σώματος (WBAN) περιλαμβάνουν πολλά αισθητήρες που μετρούν φυσιολογικά σήματα ενδιαφέροντος και καθιστούν αυτά τα δεδομένα διαθέσιμα ασύρματα σε μια υπολογιστική συσκευή.

Πώς θα συνεχίσουν να εξελίσσονται οι αισθητήρες; Αναδύονται ορισμένες βασικές τάσεις. Αρχικά, αρχίζουμε να βλέπουμε το καταναλωτισμός αισθητήρων. Υπάρχει μια σαφής μετάβαση από την περιορισμένη, εξειδικευμένη χρήση αισθητήρων στην ευρύτερη γενική χρήση μεταξύ του κοινού. Εμπορικά προϊόντα αισθητήρων θα βρείτε με μεγαλύτερη συχνότητα σε φαρμακεία, καταστήματα αθλητικών ειδών, αλυσίδες σούπερ μάρκετ και, φυσικά, διαδικτυακά. Η υιοθέτηση αυξάνεται ταχέως σε εφαρμογές αθλητισμού και ευεξίας, με σημαντικές επωνυμίες που στοιχηματίζουν αξιώσεις στην αγορά και τροφοδοτούν την ανάπτυξή της.

Η πρώτη προσωπική περιβαλλοντική παρακολούθηση έχουν επίσης εμφανιστεί προϊόντα, με έμφαση στη βελτίωση. Πληθυσμιακή προμήθεια δεδομένων, αν και βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο, οδηγείται από αισθητήρες είτε συνδεδεμένους σε smartphone ή tablet είτε ενσωματωμένους σε αυτά, και από εφαρμογές και από συνδεσιμότητα με τον Ιστό ή το cloud. Η συνεχής σμίκρυνση αισθητήρων και συστημάτων χαμηλού κόστους σε τσιπ (SOC) θα συνεχίσει να τροφοδοτεί τη μελλοντική ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).

Η υιοθέτηση της εξόρυξης δεδομένων, ιδιαίτερα των τεχνικών και η αντιστοίχιση προτύπων και μηχανικής μάθησης, θα βοηθήσει στο ξεκλείδωμα των κρυφών μοτίβων και θα συσχετίσουν τα δεδομένα αισθητήρων. Αυτές οι τάσεις θα μπορούσαν να μας δώσουν τις πρώτες ματιές της συλλογικής. [5-19]

Οι αισθητήρες είναι οι βασικοί οδηγοί του IoT. Χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση αισθητήρων ενισχύει την αποτελεσματικότητα, τη λειτουργικότητα και διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία του IoT [42-47]. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων που αναπτύσσονται για διάφορους σκοπούς εφαρμογής. Τα παραδείγματα από αυτές τις εφαρμογές περιλαμβάνονται η γεωργία, η περιβαλλοντική παρακολούθηση, τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και υπηρεσίες και δημόσια ασφάλεια [58]. Στην πράξη, στον ενεργειακό τομέα, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ενέργειας, μεταφορά και διανομή, και παραγωγή, πολλοί αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται. Στον ενεργειακό τομέα, οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την

εξοικονόμηση κόστους και ενέργειας. Οι αισθητήρες επιτρέπουν την έξυπνη διαχείριση ενέργειας σύστημα και παρέχουν ενεργειακή βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο και διευκολύνουν νέες προσεγγίσεις για την ενεργειακή διαχείριση. Η έρευνα και οι μελλοντικές τάσεις των συσκευών με χρήση αισθητήρων στοχεύουν επίσης στην ανάπτυξη των εφαρμογών αισθητήρων για τη βελτίωση της ευαισθητοποίησης [60]. Με λίγα λόγια, η χρήση αισθητήρα συσκευές εντός του IoT, στον ενεργειακό τομέα βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό τα διαγνωστικά, τη λήψη αποφάσεων, την ανάλυση, διαδικασίες βελτιστοποίησης και ολοκληρωμένες μετρήσεις απόδοσης. Λόγω του μεγάλου αριθμού αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στον ενεργειακό τομέα, στη συνέχεια εξηγούμε μερικά παραδείγματα συσκευών αισθητήρων που εφαρμόζονται συνήθως παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των διακυμάνσεων στη θέρμανση και την ψύξη ενός συστήματος [62]. Στον τομέα της ενέργειας, το βασικό στοιχείο για την αρχή της παραγωγής ενέργειας είναι η διαδικασία μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μηχανική ενέργεια επιτυγχάνεται από θερμική ενέργεια, π.χ. θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, άνεμος, ροή νερού, και ηλιακούς σταθμούς. Αυτές οι μετατροπές ενέργειας λαμβάνονται με τη χρήση θερμικής, δηλ. θερμοκρασίας. Από πλευρά της κατανάλωσης ενέργειας, οι αισθητήρες θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης ενός συστήματος όταν η θερμοκρασία αλλάζει κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας. Για παράδειγμα, σε κατοικημένες περιοχές η καλύτερη στιγμή για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των συστημάτων εξαερισμού και ψύξης αναγνωρίζεται από αισθητήρες θερμοκρασίας. έτσι, η διαχείριση της ενέργειας μπορεί να γίνει σωστά προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια [60-65].

Οι αισθητήρες υγρασίας χρησιμοποιούνται για να διακρίνουν την ποσότητα υγρασίας και την υγρασία του αέρα. Η μετρηση του ποσοστού υγρασίας στον αέρα σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία αέρα ονομάζεται σχετική υγρασία [47]. Οι εφαρμογές των αισθητήρων υγρασίας στον ενεργειακό τομέα είναι ευρείες. Για παράδειγμα, αυτοί χρησιμοποιούνται γενικά στην παραγωγή αιολικής ενέργειας. Η χρήση αισθητήρων υγρασίας σε ανεμογεννήτριες είναι ακόμη και ζωτικής σημασίας, εάν οι τουρμπίνες βρίσκονται στην ανοικτή θάλασσα (λόγω του υψηλού επιπέδου υγρασίας στον αέρα) [63-69].

3.2 Είδη Αισθητηρίων

Κύρια συστατικά του IoT είναι οι αισθητήρες, υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων. Έτσι λοιπόν έχουμε αισθητήρες για μετρήσεις [71].

- Θερμοκρασίας.
- Υγρασίας.
- Αερίων.
- Εγγύτητας.
- Πίεσης.
- Χημικούς αισθητήρες.
- Ποιότητας νερού.
- Υπέρυθρων.
- Στάθμης.
- Εικόνας.

3.2.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας, δηλαδή του μετρήσιμου μεγέθους που αναπαριστά τη θερμική ενέργεια ενός σώματος, μπορεί να επιτευχθεί με αισθητήρες και διατάξεις, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να μένει ανεπηρέαστη η μέτρηση. Ένας αισθητήρας στη γενικότερη περίπτωση αποτελείται από κάποιο ακροδέκτη ο οποίος έρχεται σε επαφή με το μετρούμενο μέγεθος, από το αισθητήριο στοιχείο, που αντιλαμβάνεται άμεσα είτε έμμεσα την τιμή της θερμοκρασίας και το κέλυφος, το οποίο συνήθως προστατεύει το αισθητήριο στοιχείο από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ακολούθως θα παρουσιαστούν κάποιοι ηλεκτρονικοί αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας και θα αναλυθεί η αρχή λειτουργίας τους. Αυτοί οι αισθητήρες λαμβάνουν κάποια είσοδο από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα είτε σε διαφορά δυναμικού, η οποία έπειτα από κάποια επεξεργασία πληροφορεί το χρήστη σχετικά με την τιμή της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, θα εξεταστούν οι αισθητήρες τύπου αντίστασης ή RTD, τα θερμίστορ, τα θερμοζεύγη, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μέτρησης θερμοκρασίας (τύπου IC) και οι αισθητήρες υπερύθρων.

3.2.1.1 Αισθητήρες τύπου αντίστασης (RTD)

Η τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης των μετάλλων μεταβάλλεται έπειτα από κάποια μεταβολή στη θερμοκρασία τους. Συγκεκριμένα, η αύξηση της τιμής της θερμοκρασίας ενός μετάλλου επιφέρει και αύξηση της τιμής της αντίστασής του και αντιστρόφως. Η εξάρτηση αυτή είναι εμφανής στους τύπους και (4.2) που ακολουθούν.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Όπου:

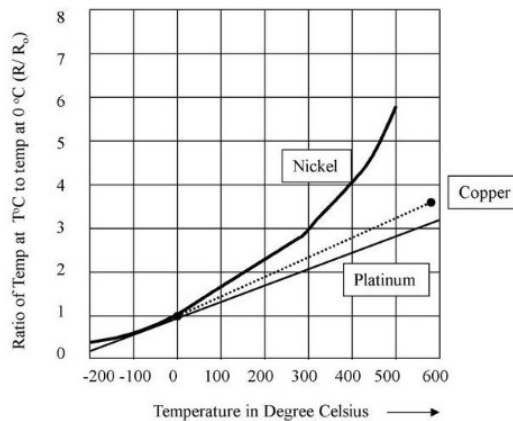
- R: η ηλεκτρική (ωμική) αντίσταση,
- ρ : η ειδική αντίσταση του υλικού,
- l: το μήκος του υλικού,
- A: η επιφάνεια του.

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T + T_0)] \quad (2)$$

Όπου:

- ρ : η ειδική αντίσταση του αγωγού σε θερμοκρασία T,
- ρ_0 : η ειδική αντίσταση του αγωγού σε θερμοκρασία T_0 (0 ή 20°C),
- α : ο θερμικός συντελεστής του υλικού της ηλεκτρικής αντίστασης [45].

Η ευαισθησία του μετάλλου σε μεταβολές θερμοκρασίας δίνεται από το λόγο μεταβολής (ρ/ρ_0) της ειδικής αντίστασης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και είναι διαφορετική για κάθε υλικό. Το πηλίκο αυτό της μεταβολής διαφόρων μετάλλων σε σχέση με τη θερμοκρασία παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Οι αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης των μετάλλων αποτελούν τους ανιχνευτές θερμοκρασίας με αντίσταση - Resistance Temperature Detectors (RTD) και η ακρίβεια στις μετρήσεις αυτών είναι της τάξης του $\pm 15\%$. Συνήθως το αισθητήριο στοιχείο ενός ανιχνευτή θερμοκρασίας με αντίσταση αποτελείται από κάποιο μέταλλο, το οποίο επιλέγεται και με βάση τις τιμές θερμοκρασίας που πρόκειται να ανιχνευθούν δεδομένου πως διαφορετικά μέταλλα διαθέτουν και διαφορετικά πεδία τιμών.



Εικόνα 12: Διάγραμμα μεταβολής του ρ/ρ_0 μετάλλων συγκριτικά με τη θερμοκρασία [71].

Η μέτρηση της τιμής ενός αισθητήρα RTD μπορεί να υλοποιηθεί με τη μέθοδο σταθερού ρεύματος και με τη μέθοδο σταθερής τάσης. Για την καλύτερη μέτρηση της τιμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια γέφυρα (συνήθως Wheatstone) τριών ή τεσσάρων ακροδεκτών [71], [73],[83]. Ειδικότερα, τα στοιχεία RTD παρουσιάζουν έντονη γραμμικότητα και σταθερότητα.

3.2.1.2 Θερμίστορ

Τα θερμίστορς είναι αισθητήρες που δημιουργούνται από υλικά τα οποία είναι ημιαγώγια [45]. Όπως και στην περίπτωση των RTDs, τα θερμίστορς χρησιμοποιούν πολυμερή και κεραμικά υλικά και η τιμή αντίστασης διαφοροποιείται όταν η θερμοκρασία αλλάζει. Τα θερμίστορς διαθέτουν αρνητικό θερμικό συντελεστή (Negative Temperature Coefficient - NTC), δηλαδή η αντίστασή τους μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, ωστόσο με κατάλληλες προσμίξεις μπορούν να κατασκευαστούν και θερμίστορς με θετικό θερμικό συντελεστή (Positive Temperature Coefficient - PTC). Στα NTC η σχέση που συνδέει την αντίσταση με τη θερμοκρασία φαίνεται παρακάτω:

$$R_{Th} = R_{REF} e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}} \right)} \quad (3)$$

Όπου:

- R_{Th} : η αντίσταση του θερμίστορ,
- R_{Ref} : η αντίσταση στη θερμοκρασία αναφοράς,
- T : η θερμοκρασία,

- T_{Ref} : η θερμοκρασία αναφοράς του θερμίστορ και
- β : ο συντελεστής βαθμονόμησης του θερμίστορ.

Στα PTC η σχέση αντίστασης θερμοκρασίας μπορεί να καταλήξει από την εξίσωση Steinhart & Hart στη μορφή που φαίνεται στη σχέση 4.

$$T = \frac{B}{\ln(R) - A} - C \quad (4)$$

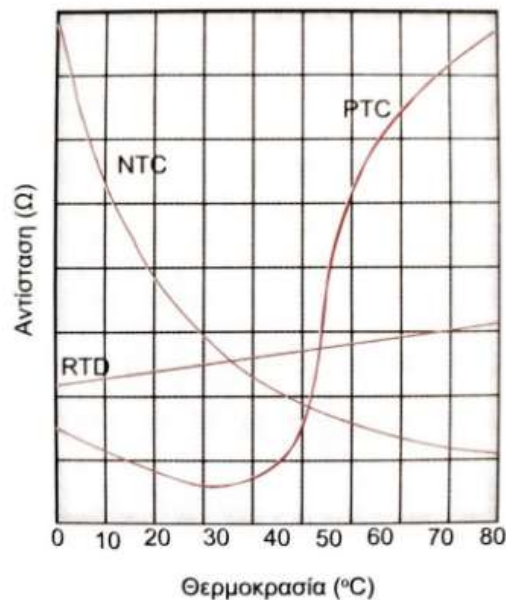
Όπου:

T: η θερμοκρασία (K) σε θερμοκρασία αναφοράς (20°C),

R: η αντίσταση σε θερμοκρασία αναφοράς (20°C),

A, B, C: οι συντελεστές του θερμίστορ.

οι συντελεστές του θερμίστορ, συνήθως δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία. Στην εικόνα 13 απεικονίζεται η καμπύλη μεταβολής της αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας για τις περιπτώσεις RTD, NTC και PTC. Παρατηρούμε, λοιπόν πως τα θερμίστορς είναι πιο ευαίσθητα σε μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας ενώ τα RTD χαρακτηρίζονται από γραμμικότητα.



Εικόνα 13: Μεταβολή Αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας για διατάξεις RTD, NTC, PTC [81].

3.2.1.3 Θερμοζεύγη

Η αρχή λειτουργίας του θερμοζεύγους βασίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο γνωστό και ως φαινόμενο Seebeck, όπου αναπτύσσεται μικρή διαφορά δυναμικού στην περίπτωση που θερμανθεί ένα μέταλλο που οι άκρες του βρίσκονται σε διαφορετικά θερμοκρασιακά περιβάλλοντα ($T_2 > T_1$). Ετσι τα ηλεκτρόνια του υψηλότερου θερμοκρασιακά περιβάλλοντος διαχέονται προς το χαμηλότερο θερμοκρασιακά περιβάλλον εξαιτίας της υψηλότερης ενεργειακής στάθμης [81], [77].

Ένα θερμοζεύγος κατασκευάζεται ενώνοντας δύο μεταλλικούς αγωγούς στο ένα άκρο, το οποίο αποτελεί και τη «θερμή ένωση», όπου εξαιτίας της διαφορετικής πυκνότητας των ελεύθερων ηλεκτρονίων δημιουργείται διαφορά δυναμικού. Το άλλο άκρο συνδέεται σε ένα βολτόμετρο για τον υπολογισμό της τάσης και αποτελεί την «ψυχρή ένωση». Η «θερμή ένωση» αποτελεί το αισθητήριο στοιχείο του θερμοζεύγους, ενώ η «ψυχρή ένωση» διατηρείται σε κάποια θερμοκρασία αναφοράς.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι θερμοζευγών ανάλογα με το είδος των μεταλλικών αγωγών που ενώνονται για τη δημιουργία τους, καθένας από τους οποίους μπορεί να μετρήσει τη θερμοκρασία σε διαφορετικό εύρος τιμών. Για το λόγο αυτό ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή επιλέγεται και ο καταλληλότερος τύπος. Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται τα διαφορετικά εύρη θερμοκρασιών των διαφορετικών τύπων θερμοζευγών[77-85].

Πίνακας 4: Κατηγορίες θερμοζευγών.

Θερμοζεύγος	Εύρος θερμοκρασιών (°C)
T	0-35
J	95-760
E	95-900
K	95-1260
N	95-1260
R	870-1450
S	980-1450
B	871-3704

3.2.1.4 Ολοκληρωμένα κυκλώματα IC μέτρησης θερμοκρασίας

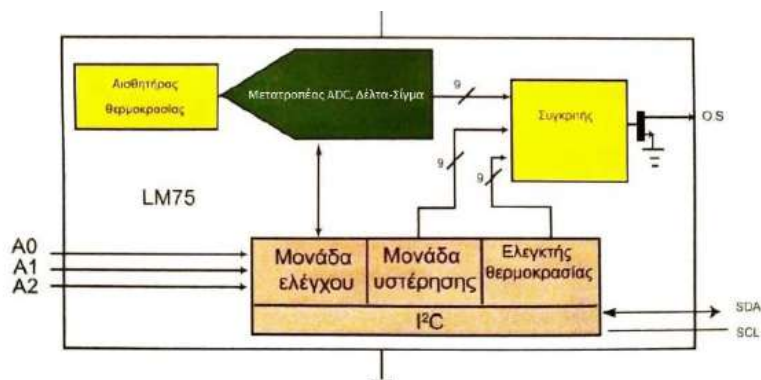
Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί και με ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) τα οποία συνδυάζουν την ανίχνευση θερμοκρασίας με το κύκλωμα και διαθέτουν τεχνικές βελτίωσης. Συγκεκριμένα, οι αισθητήρες αυτοί διαθέτουν υψηλότερη ακρίβεια, γραμμικοποίηση, ενισχυτές ακριβείας, μικρότερο μέγεθος, σταθερότητα καθώς και ψηφιακή έξοδο με κάποιο καθορισμένο πρωτόκολλο (π.χ. I2C, PWM, SPI), καθιστώντας εύκολη τη σύνδεση με κάποιο μικροελεγκτή [45], [47]. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι και αναλογικοί, οι οποίοι μπορούν να μετρούν την τάση είτε να μετρούν ρεύμα ανάλογα με τη θερμοκρασία, ενώ μπορούν να ανιχνεύσουν τη θερμοκρασία σε ένα εύρος από -55°C έως 150°C . Αισθητήρες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι και οι αισθητήρες θερμοκρασίας ημιαγωγών ή αισθητήρες στερεάς κατάστασης, που βασίζονται στο γεγονός πως η χαρακτηριστική τάσης-ρεύματος των ημιαγωγών είναι ευαίσθητη στη θερμοκρασία. Αναλυτικότερα, είναι γνωστό πως το ρεύμα μιας διόδου κατά την ορθή πόλωση δίνεται από την Σχέση 4.5

$$I_D = I_S \left[e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1 \right] \quad (5)$$

Όπου:

- I_S : το ρεύμα κορεσμού,
- n : ο συντελεστής επαφής,
- V_T : η θερμική τάση,
- V_D : η τάση πόλωσης της διόδου.

Ένα επίσης παράδειγμα τέτοιου ολοκληρωμένου κυκλώματος αποτελεί το LM75, που φαίνεται στην εικόνα 14.



Εικόνα 14: Ολοκληρωμένο LM75 με ενσωματωμένο κύκλωμα γραμμικοποίησης και μονάδα A/D [45].

3.2.1.5 Αισθητήρες υπέρυθρων

Μία ακόμη κατηγορία αισθητήρων θερμοκρασίας είναι οι αισθητήρες υπέρυθρων (Infrared-IR), οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι ώστε να μετρούν την θερμοκρασία ενός στόχου από απόσταση εκπέμποντας μια δέσμη υπέρυθρης ενέργειας που εστιάζεται από έναν φακό σε αυτόν και λαμβάνοντας πίσω την ανακλώμενη δέσμη, ώστε να μετρήσουν την υπέρυθρη ενέργεια του στόχου. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του στόχου τόσο υψηλότερη είναι και η υπέρυθρη ενέργειά του. Δεδομένης της ικανότητας αυτών των αισθητήρων να μετρούν τη θερμοκρασία από απόσταση, καθίστανται κατάλληλοι για εφαρμογές σε θερμοκάμερες, σε θερμικά πυρόμετρα κτλ.

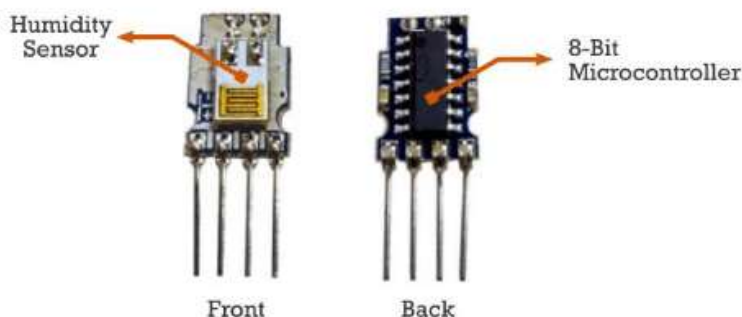
3.2.1.6 Αισθητήρες Θερμοκρασίας – Υγρασίας

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας - υγρασίας αποτελούν ηλεκτρονικούς αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να λάβουν μετρήσεις σχετικά με την υγρασία και τη θερμοκρασία από τον περιβάλλοντα χώρο και να μετατρέψουν αυτές τις πληροφορίες σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία μπορούν να αποστείλουν σε κάποια συσκευή (π.χ. κάποιο μικροελεγκτή) μέσω του πρωτοκόλλου One-Wire. Το πρωτόκολλο αυτό καθιστά εφικτή την επικοινωνία με χαμηλή κατανάλωση διαθέτοντας ένα μόνο καλώδιο για τη μεταβίβαση δεδομένων, ενώ η δομή του βασίζεται στη λογική του Master/Slave.

Αναφορικά, με τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας ο αισθητήρας αναλαμβάνει να τις μεταδώσει και τις δύο ταυτόχρονα ψηφιακά. Ξεκινώντας την ανάλυση με την μέτρηση της θερμοκρασίας από τον αισθητήρα, θα αναφερθεί πως την υλοποιεί με τη χρήση ενός NTC θερμίστορ (που αναλύθηκε σε προηγούμενη υποενότητα). Εκμεταλλεύεται, λοιπόν, το γεγονός

πως σε ένα θερμίστορ η αντίστασή του αλλάζει δραματικά σε μικρές αλλαγές της θερμοκρασίας (μπορεί η αντίσταση να μειωθεί κατά 100 Ω με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C). Η υγρασία μετριέται μέσω ενός ευαίσθητου στην υγρασία πυκνωτή, ο οποίος αποτελείται από ένα υπόστρωμα γυαλιού, από 2 ηλεκτρόδια και ένα υλικό το οποίο απορροφά εύκολα την υγρασία (π.χ. κάποιο άλας είτε κάποιο μοριακό πολυμερές, που η διηλεκτρική του σταθερά διαφοροποιείται ανάλογα με την υγρασία που υπάρχει στο περιβάλλον).

Ως εκ τούτου, στην περίπτωση που η σχετική υγρασία αυξηθεί, θα αυξηθεί και η χωρητικότητα του ευαίσθητου στην υγρασία πυκνωτή και αντιστρόφως. Έπειτα αυτή η χωρητικότητα μετατρέπεται σε τάση (0-1V), η οποία αντικατοπτρίζει το ποσοστό της υπολογιζόμενης υγρασίας. Αφού γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις για τη θερμοκρασία και την υγρασία, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, τα αναλογικά αυτά σήματα επιδέχονται κάποιας βαθμονόμησης και μετατρέπονται σε ψηφιακά προκειμένου να αποσταλούν στη συσκευή που θα λάβει τα δεδομένα. Αυτή η διαδικασία βαθμονόμησης και μετατροπής σε ψηφιακά σήματα υλοποιείται από μια μικρή πλακέτα, η οποία είναι ενσωματωμένη στο συνολικό αισθητήρα και διαθέτει ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα.



Εικόνα 15: Αισθητήρα μέτρησης υγρασίας - θερμοκρασίας εσωτερικά [52].

3.2.1.7 Αισθητήρες Μέτρησης pH

Με τον όρο pH περιγράφεται το μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας, δηλαδή της ποσότητας των ιόντων υδρογόνου που υπάρχουν σε ένα διάλυμα ή σε μία ουσία. Ο όρος αυτός αποτελεί τη συντομογραφία του “pondus hydrogenii” και προτάθηκε το 1990 από τον S.P.L. Sorensen περιγράφοντας την μικτή συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (H^+) σε κάποιο διάλυμα. Το pH ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων H^+ σε ένα διάλυμα, ως εξής:

$$pH = -\log_{10} a_H^+ \quad (6)$$

Για τη λήψη μετρήσεων pH χρησιμοποιείται μία διάταξη δύο ηλεκτροδίων, όπου το ένα αποτελεί ηλεκτρόδιο αναφοράς (reference electrode) και το άλλο το ηλεκτρόδιο ένδειξης (indicator electrode). Τα δύο αυτά ηλεκτρόδια συνδυάζονται σε ένα κοινό αισθητήριο ηλεκτρόδιο (combined electrode), το οποίο συνήθως λειτουργεί ως γαλβανικό στοιχείο και τοποθετείται διάλυμα KCl σε αυτό (συνήθως 3 mol).

Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται κοινή θερμοκρασία και για τα δύο ηλεκτρόδια, κάτι το οποίο αποδεικνύεται ιδιαίτερος σημαντικό για τη λήψη ορθών μετρήσεων από τον αισθητήρα. [45]. Η βάση λειτουργίας του αισθητήρα για τη μέτρηση του δυναμικού είναι η μετακίνηση κατιόντων υδρογόνου (H^+) προς το εξωτερικό και το εσωτερικό του ηλεκτροδίου ένδειξης διαμέσου του ημιπερατού πορώδους υλικού στη βάση του. Ως εκ τούτου, ανάλογα με τη συγκέντρωση των H^+ , μεταβάλλεται το pH και το μετρούμενο δυναμικό. Η διαφορά δυναμικού δίνεται από την εξίσωση του Nernst [45]:

$$E = E_{ind} - E_{ref} = E_T - R \frac{T}{F} \ln a_H^+ \quad (7)$$

Όπου:

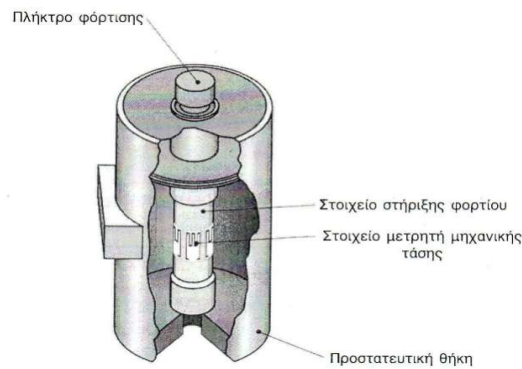
- E: η διαφορά δυναμικού,
- E_{ind} : το δυναμικό στην ένδειξη,
- E_{ref} : το δυναμικό αναφοράς,
- ET: δυναμικό εξαρτώμενο από τη θερμοκρασία, R: σταθερά αερίων,
- T: απόλυτη θερμοκρασία, F: σταθερά Faraday.

Αισθητήρες Βάρους

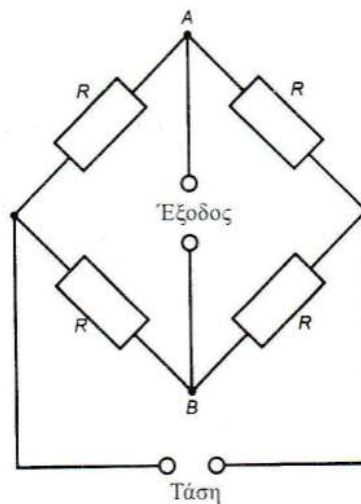
Το βάρος μιας ουσίας ισούται με την μάζα της επί την επιτάχυνση της βαρύτητας, Είναι συχνά πιο εύκολο να μετράμε το βάρος μιας ουσίας και από αυτό να προσδιορίζουμε άλλες παραμέτρους από αυτό, όπως είναι ο όγκος και η στάθμη.

Κυψελίδες φόρτισης

Οι κυψελίδες φόρτισης (load cells) είναι συσκευές που χρησιμοποιούν μετρητές μηχανικής τάσης για να προσδιορίσουμε την τιμή μιας άγνωστης δύναμης (φορτίο) ή μάζας. Μια τυπική κυψελίδα φόρτισης με μετρητή μηχανικής τάσης φαίνεται στο παρακάτω.



Εικόνα 16 : Κυψελίδα φόρτισης με μετρητή μηχανικής τάσης.



Εικόνα 17: Γέφυρα Wheatstone.

Αυτή χρησιμοποιεί τέσσερις μετρητές μηχανικής τάσης, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο στοιχείο στήριξης φορτίου, το οποίο δέχεται τη δύναμη. Όταν το στοιχείο αυτό βρίσκεται υπό μηχανική τάση, τότε προκαλούνται μικρές μεταβολές στις αντιστάσεις των τεσσάρων μετρητών. Τα στοιχεία, μαζί με κατάλληλες αντιστάσεις σταθερής τιμής, συγκροτούν μία γέφυρα Wheatstone. Η γέφυρα Wheatstone ρυθμίζει το σήμα εξόδου της ώστε να είναι ανάλογο του είδους της μηχανικής τάσης που ασκείται. Η τιμή της διαφοράς δυναμικού στην έξοδο της σχετίζεται με το μέγεθος του εφαρμοζόμενου φορτίου.

Τα σφάλματα που προκαλούν οι μεταβολές θερμοκρασίας (καθώς επηρεάζονται οι τιμές των αντιστάσεων) μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εάν οι μετρητές μηχανικής τάσης προσαρμοστούν ηλεκτρικά. Οι κυψελίδες φόρτισης χρησιμοποιούνται για την μέτρηση π.χ. του βάρους υλικών που αποθηκεύονται σε κάδους, του βάρους οχημάτων σε γέφυρες ζύγισης και την μέτρηση της στάθμης ή του όγκου υγρών σε δεξαμενές (εάν είναι γνωστό το βάρος μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος). Η τεχνική είναι ακριβής, σχετικά φθηνή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύ φάσμα φορτίων. Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται οι προδιαγραφές των κυψελίδων φόρτισης με μετρητές μηχανικής τάσης. Οι προδιαγραφές δείχνουν ότι οι συσκευές αυτές είναι ακριβείς (καλύτερα από 0,25%), είναι γραμμικές (καλύτερα από 90%), έχουν καλή επαναληψιμότητα (καλύτερα από 0,25%), και είναι ανθεκτικές σε υπερφόρτιση (καλύτερα από 150%).

Πίνακας 5: Προδιαγραφές κυψελίδας φόρτισης με μετρητές μηχανικής τάσης.

Κυψελίδες φόρτισης με μετρητές μηχανικής τάσης: συμπίεσης, εφελκυσμού, γενικοί				
<i>Συμπίεση:</i> μόνο κυψελίδα ακριβείας <i>Εφελκυσμός:</i> μόνο κυψελίδα ακριβείας <i>Γενικοί</i> (είτε συμπίεσης είτε εφελκυσμού): κυψελίδα γενικής χρήσης				
Ηλεκτρικά δεδομένα (για όλα τα μοντέλα)				
<i>Στάθμη εξόδου (RO)</i>	3mV/V			
<i>Προτεινόμενη διέγερση:</i>	10 V a.c ή d.c.			
<i>Μέγιστη διέγερση:</i>	20 V a.c ή d.c.			
<i>Σημείο μηδενός:</i>	±1% RO			
<i>Αντίσταση εισόδου στους ακροδέκτες:</i>	350 ± 3.5 Ω			
<i>Αντίσταση εξόδου στους ακροδέκτες:</i>	350 ± 5.0 Ω			
<i>Αντίσταση μόνωσης (γέφυρας-γης)</i>	5000 MΩ			
Μηχανικά δεδομένα	<i>Χωρητικότητα (N)</i>			
	4460	8920,13,380	22,300	44,600
<i>Μάζα (kg)</i>	0.1	0.1	0.25	4.5
<i>Απόκλιση (mm)</i>	0.15	0.13	0.18	0.13
<i>Φυσική συχνότητα (Hz)</i>	1800	2600	2200	3400
<i>Μήκος (mm)</i>	115.90	115.90	150.83	150.83
<i>Διάμετρος (mm)</i>	88.90	88.90	88.90	88.90

Γενικά δεδομένα	C3P1	T3P1	U3G1
Ακρίβεια			
<i>Ακρίβεια βαθμονόμησης (% RO)</i>	0.1	0.1	0.25
<i>Μη γραμμικότητα (% RO)</i>	0.05	0.05	0.10
<i>Υστέρηση (% RO)</i>	0.02	0.02	0.02
<i>Επαναληψιμότητα (% RO)</i>	0.02	0.02	0.02
Θερμοκρασία			
<i>Θερμοκρασιακό εύρος, με αντιστάθμιση</i>	από - 9 °C έως 46 °C		
<i>Θερμοκρασιακό εύρος, ασφαλείας</i>	από - 34 °C έως 79 °C		
<i>Επίδραση θερμοκρασίας στη στάθμη εξόδου (% ένδειξης / °C)</i>	±0.014	±0.014	±0.009
<i>Επίδραση θερμοκρασίας στο σημείο μηδενός (% RO/°C)</i>	±0,0027	±0,0027	±0,0027

Προδιαγραφές υπερφόρτωσης			
<i>Υπερφόρτωση ασφαλείας (% χωρητικότητας)</i>	150	150	150
<i>Μέγιστη υπερφόρτωση (% χωρητικότητας)</i>	300	300	300
<i>Μέγιστη πλευρική υπερφόρτωση (% χωρητικότητας)</i>	30	10	10
<i>Μέγιστη ροπή κάμψης (% χωρητικότητας, σε Nm)</i>	2.8	2.8	2.8
<i>Μέγιστο φορτίο ροπής (% χωρητικότητας, σε Nm)</i>	1.1	1.1	1.1

Κεφάλαιο 4

4.1 Η ιστορική αναδρομή της αλκοόλης

Η ονομασία «αλκοόλη» προέρχεται από την αραβική λέξη "αλ κουνούλ" ή "αλ κου(χ)λ" (al-Kunul ή Al-Kuhl), με αρχική σημασία «λεπτή σκόνη» και που κατέληξε να σημαίνει άρωμα. Πολύ αργότερα η λέξη χρησιμοποιήθηκε για τα οινοπνεύματα ως "alcohol vini" με τελική κατάληξη τις αλκοόλες. Το αλκοόλ που βρίσκεται στα αλκοολούχα ποτά ονομάζεται αιθυλική αλκοόλη ή αιθανόλη και έχει το χημικό τύπο C_2H_5OH . Ο άνθρακας, το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι τα μόνα στοιχεία της αιθυλικής αλκοόλης.

Η αιθυλική αλκοόλη είναι το μόνο είδος αλκοόλης που είναι ασφαλές για ανθρώπινη κατανάλωση, ταξινομείται φαρμακολογικά, ως γενικό καταστατικό και μπορεί να προκαλέσει καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Για την έναρξη χρήσης του αλκοόλ μέχρι και σήμερα δεν ξέρουμε την ακριβή ημερομηνία που ξεκίνησε στην ανθρώπινη ιστορία του, καθώς ούτε η εμφάνιση του μπορεί να συσχετισθεί με την ύπαρξη ορισμένων ιστορικών και κοινωνικών συνθηκών. Από τους πρώτους κίβλας πολιτισμούς που γνωρίζουμε η παραγωγή και η πώληση αλκοολούχων ποτών ήταν διαδικασίες ρυθμισμένες με νόμους. Ένας βασικός νόμος ήταν ο κώδικας του Χαμουραμί, ο οποίος περιείχε διατάξεις που ρύθμιζαν τον κανονισμό λειτουργίας των "οίκων οινοποσίας".

Γνωρίζουμε ότι τα αλκοολούχα ποτά όπως η μύρα και το κρασί χρησιμοποιούνταν ως βασικό συστατικό στοιχείο των ιατρικών συνταγογραφήσεων από του Σουμέριους και Αιγύπτιους ιατρούς. Επίσης, το αλκοόλ αντικατέστησε το νερό, το οποίο στους πρώτους γεωργικούς πολιτισμούς ήταν από τα πολυτιμότερα και σημαντικότερα αγαθά. Το κρασί ή η μύρα πήραν την θέση του νερού, το οποίο το χρησιμοποιούσαν αρχικά για να κάνουν σπονδές στις διάφορες λατρευτικές τελετουργίες.

Η εισαγωγή των αλκοολούχων ποτών στο τυπικό πολλών θρησκειών συνδέεται με την ικανότητά τους να φέρνουν τους ιερείς σε μια επιθυμητή κατάσταση έκστασης. Η ιδιότητα αυτή την θεωρούσαν ως αποτέλεσμα της παρουσίας υπερφυσικών πνευμάτων και θεοτήτων. Το κόκκινο κρασί, στα πλαίσια των θρησκευτικών του χρήσεων, ταυτίστηκε εξ αρχής ως σύμβολο του αίματος της ζωής. Με την συγκεκριμένη του πνευματική σημασία πέρασε στο

πέραςμα των χρόνων ως βασικό συστατικό στοιχείο στο χριστιανικό μυστήριο της Θείας Ευχαριστίας. Χάρης την μυθολογία και των μαρτυριών που σώζονται από την αρχαία Ελλάδα και από τον ρωμαϊκό πολιτισμό γνωρίζουμε από τους Έλληνες φιλόσοφοι την χονδροειδή μέθοδο απόσταξης.

Όπως γνωρίζουμε ο Διόνυσος ήταν ο θεός του κρασιού. Βάση των μύθων γνωρίζουμε ότι σε ένα ταξίδι του ως την Ινδία δίδασκε στους ανθρώπους, που συναντούσε πως να καλλιεργούν το αμπέλι και να φτιάχνουν κρασί. Στην αρχαία Ελλάδα ευδοκίμούσε το σιτάρι, το αμπέλι, η ελιά. Όσοι δεν τρεφόντουσαν με ψωμί και δεν έπιναν κρασί, θεωρούνταν βάρβαροι. Ο Ησίοδος και ο Πλούταρχος, θεωρούσαν ιδανική την αναλογία νερού και κρασιού 3 προς 1. Ποτά με υψηλή συγκέντρωση αλκοόλης παρήχθησαν για πρώτη φορά με τη χρήση της απόσταξης από τους Αλχημιστές.

Παρ' όλες τις ιατρικές χρήσεις του και τις θρησκευτικές, το οινόπνευμα (αιθυλική αλκοόλη ή αιθανόλη), είναι το παλαιότερο και πιο διαδεδομένο νόμιμο ναρκωτικό, διότι σε μεγάλες ποσότητες κατανάλωσης αποτελεί σοβαρό παράγοντα κινδύνου, που σχετίζεται με πολλές παθολογικές καταστάσεις (σωματικές και ψυχικές) και με σοβαρά κοινωνικά προβλήματα. Η νομιμότητα, βέβαια, του οينوπνεύματος δεν είναι δεδομένη σε όλες τις χώρες και θρησκείες. Η ποτοαπαγόρευση στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) στη δεκαετία του 1920, ή η απαγόρευση κατάποσης αλκοόλ που ισχύει για τους μουσουλμάνους, καθιστούν τη κατανάλωση του οينوπνεύματος ως ένα αμφιλεγόμενο θέμα.

Η παρασκευή ποτών με απόσταξη ήταν γνωστή στη Βρετανία πριν από την ρωμαϊκή κατάκτηση. Παρόμοια ποτά κατασκευάζονταν στην Ισπανία, Γαλλία και στην υπόλοιπη Δυτική Ευρώπη, κυρίως μετά τον 8ο αιώνα όπου ήλθαν σε επαφή με τους Άραβες. Στην Ελλάδα το πρώτο βιοτεχνικό εργαστήριο μύρας ιδρύθηκε το 1864 στην Αθήνα από τον Ιωάννη Φιξ. Η αλκοόλη (αιθανόλη, αιθυλική αλκοόλη, οινόπνευμα, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), άρχισε να χρησιμοποιείται τον 7^ο αιώνα. Μετά τη χρησιμοποίηση της μεθόδου της απόσταξης (μεταξύ 10^{ου} και 11^{ου} αιώνα) η αλκοόλη παρασκευάζεται σε καθαρή μορφή. Στη χώρα μας η παραγωγή της καθαρής αλκοόλης με απόσταξη άρχισε από το 1870.

4.2 Αιθανόλη

Είναι οργανική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, με μοριακό τύπο C_2H_6O , αν και παριστάνεται συχνά και με τους C_2H_5OH , CH_3CH_2OH και $EtOH$. Έχει σημείο βρασμού τους $78,4\text{ }^\circ C$ με το ειδικό της βάρος να βρίσκεται στα $0,7943$.

Η αιθανόλη [3] (ethanol) είναι οργανική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, με μοριακό τύπο C_2H_6O , αν και παριστάνεται συχνά και με τους τύπους C_2H_5OH , CH_3CH_2OH και $EtOH$. Οι τύποι αυτοί δείχνουν ότι το μόριο της αιθανόλης αποτελείται από μια αιθυλομάδα (C_2H_5) και μια «υδροξυλομάδα» (OH). Η αιθανόλη ανήκει στην ομόλογη σειρά των «αλκανολών», δηλαδή των άκυκλων κορεσμένων μονοαλκοολών. Έχει ένα ισομερές ομόλογης σειράς, το διμεθυλαιθέρα (CH_3OCH_3).

Η χημικά καθαρή («απόλυτη») αιθανόλη ($|EtOH|$), στις «κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος», δηλαδή θερμοκρασία $25\text{ }^\circ C$ και υπό πίεση 1 atm , είναι πτητικό, εύφλεκτο και άχρωμο υγρό. Ανήκει στα νευροτοξικά[4][5] ψυχοενεργά ναρκωτικά, καθώς είναι από τα παλαιότερα ψυχαγωγικά ποτά, και ακόμη χρησιμοποιείται για αυτόν το σκοπό από τους ανθρώπους. Η αιθανόλη μπορεί να προκαλέσει αλκοολική δηλητηρίαση, όταν καταναλωθεί. Είναι η πιο γνωστή αλκοόλη, και βρίσκεται στα αλκοολούχα ποτά, σε ειδικά θερμόμετρα, ως διαλύτης και ως καύσιμο. Είναι γνωστή στην καθομιλουμένη και απλά ως «αλκοόλη»

Η ζύμωση των σακχάρων σε αιθανόλη είναι μια από τις πρώτες γνωστές βιοχημικές αντιδράσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα της κατανάλωσης αιθανόλης είναι γνωστά από την αρχαιότητα. Στη σύγχρονη εποχή, η αιθανόλη που παράγεται για βιομηχανική χρήση παράγεται επίσης και από το αιθέριο [6].

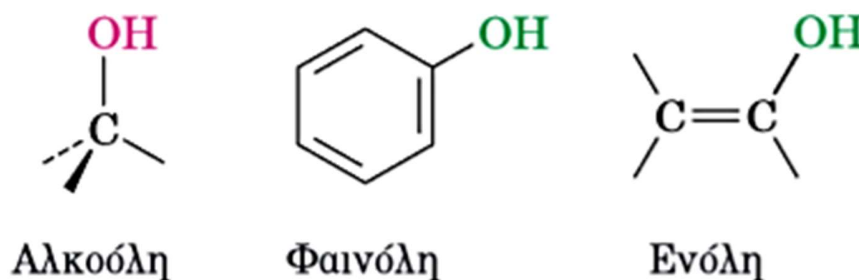
Η αιθανόλη χρησιμοποιείται ευρύτατα ως διαλύτης διαφόρων ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη επαφή ή κατανάλωση, και περιλαμβάνουν αρώματα, αρωματικές ουσίες, χρωστικές ουσίες και φάρμακα. Στη Χημεία χρησιμοποιείται τόσο ως διαλύτης, όσο και ως πρόδρομη ύλη για τη σύνθεση άλλων προϊόντων. Έχει, επίσης, μια μακριά ιστορία ως καύσιμο παραγωγής θερμότητας, φωτός και, πιο πρόσφατα, ως καύσιμο για κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Πίνακας 6: Φυσικοχημικές ιδιότητες Αιθανόλης.

Μοριακή μάζα	46,041 g·mol ⁻¹
Ακριβής Μάζα	46,041865 g/mol
Σημείο βρασμού	173,3°F / 78,5°C στα 760 mm Hg
Σημείο τήξεως	-173,4°F / -114,1°C
Πυκνότητα	0,7893 g/cu (στους 20 °C)
Υδατοδιαλυτότητα	Αναμίξιμο
Πίεση ατμών	59,3 mm Hg στους 25 °C
Σημείο ανάφλεξης:	55°F / 12,8°C

4.3 Χημεία Αλκοολών

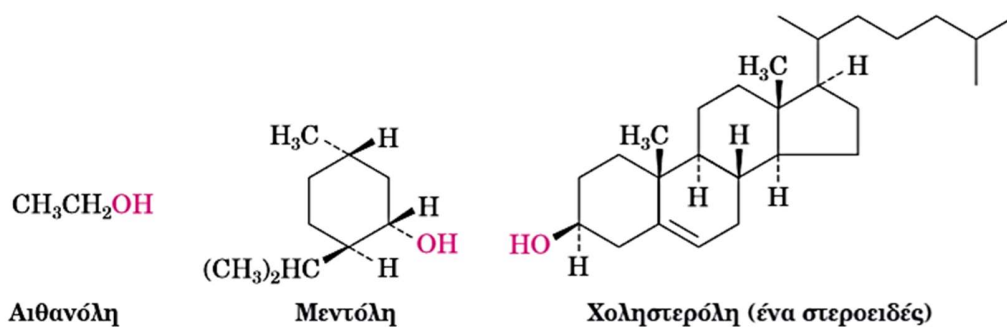
Οι αλκοόλες είναι ενώσεις που περιέχουν ομάδες υδροξυλίου συνδεδεμένες με κορεσμένα άτομα άνθρακα, υβριδισμού sp^3 . Αυτός ο ορισμός σκόπιμα αποκλείει τις φαινόλες (με ομάδες υδροξυλίου σε αρωματικό δακτύλιο) και τις ενόλες (με ομάδες υδροξυλίου σε βινυλικό άνθρακα), επειδή η χημική συμπεριφορά που εκδηλώνουν αυτές οι τρεις κατηγορίες ενώσεων είναι μερικές φορές αρκετά διαφορετική. Οι αλκοόλες μπορούν να θεωρηθούν ως οργανικά παράγωγα του νερού, στο οποίο ένα από τα υδρογόνα του έχει αντικατασταθεί από μια οργανική ομάδα: H–O–H σε σχέση με R–O–H.



Εικόνα 18: Χαρακτηριστικές ομάδες που περιέχου υδροξυλομάδα.

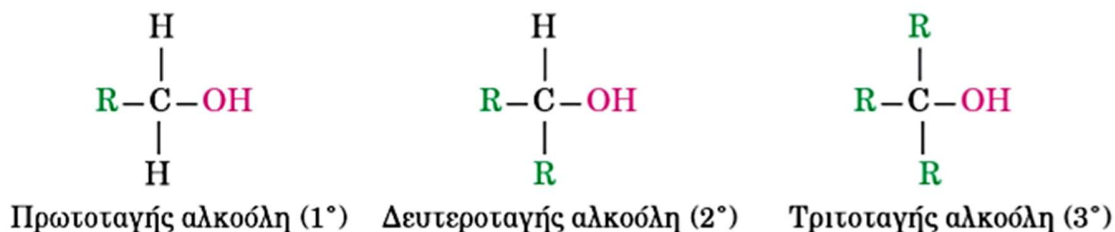
Οι αλκοόλες είναι πολύ διαδεδομένες στη φύση και βρίσκουν πάρα πολλές βιομηχανικές και φαρμακευτικές εφαρμογές. Η αιθανόλη, για παράδειγμα, είναι μια από τις απλούστερες αλλά και γνωστότερες οργανικές ενώσεις, η οποία χρησιμοποιείται ως πρόσθετο καυσίμων, ως

βιομηχανικός διαλύτης, καθώς και στα αλκοολούχα ποτά. Η μεντόλη, μια αλκοόλη που απομονώνεται από το αιθέριο έλαιο της μέντας, χρησιμοποιείται ευρέως στην αρωματοποίηση και στη ζαχαροπλαστική. Η χοληστερόλη, μια περίπλοκη στεροειδής αλκοόλη, σχετίζεται με τις καρδιακές παθήσεις.



Εικόνα 19: Στερεοχημική δομή Αλκοολών.

Οι αλκοόλες ταξινομούνται σε πρωτοταγείς (1°), δευτεροταγείς (2°) ή τριτοταγείς (3°), ανάλογα με τον αριθμό των οργανικών ομάδων που συνδέονται με τον άνθρακα που φέρει το υδροξύλιο.



Εικόνα 20: Ταξινόμηση Αλκοολών.

4.3.1 Παραγωγή αλκοόλης

Για να παραχθεί η αλκοόλη υπάρχουν οι παρακάτω μέθοδοι που θα αναλύσουμε:

- Βιομηχανικές μέθοδοι
- Εργαστηριακές ή εναλλακτικές μέθοδοι.

4.3.2 Βιομηχανικές μέθοδοι

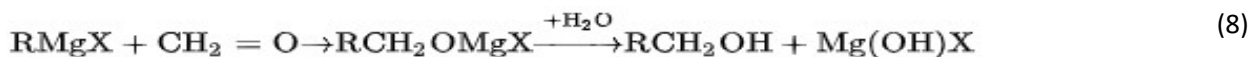
- I. Μερικές αλκοόλες απομονώνονται ως προϊόντα ή παραπροϊόντα ζυμώσεων.
- II. Με υδρόλυση αλκενίων, όπου συνήθως είναι προϊόντα πυρόλυσης αργού πετρελαίου ή φυσικού αερίου.
- III. Με καταλυτική οξείδωση αλκανίων, όπου συνήθως είναι προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου.
- IV. Η γλυκερίνη είναι προϊόν υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων, δηλαδή των κυριότερων λιπών.

Οι παραπάνω είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία παραγωγής αλκοόλης.

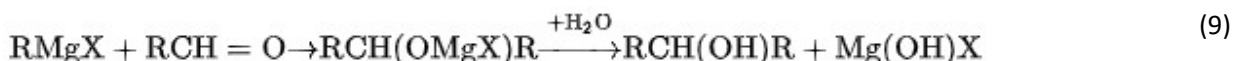
4.3.3 Εργαστηριακές ή εναλλακτικές μέθοδοι

4.3.3.1 Με οργανομαγνησιακές ενώσεις

Οι πρωτοταγείς αλκοόλες παράγονται με επίδραση μεθανόλης σε αλκυλομαγνησιολογονίδια:

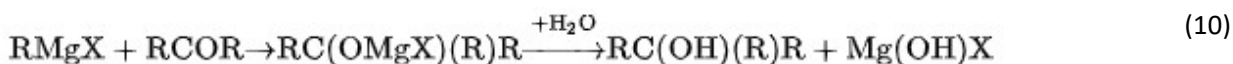


Οι δευτεροταγείς αλκοόλες παράγονται με επίδραση αλδεΐδης σε αλκυλομαγνησιολογονίδια:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

Οι τριτοταγείς αλκοόλες παράγονται με επίδραση κετόνης σε αλκυλομαγνησιολογονίδια:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

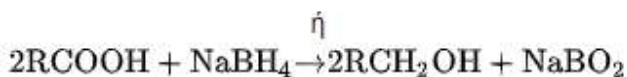
4.3.3.2 Με αναγωγή καρβονυλικών ανώσεων ή καρβονικών οξέων

Οι πρωτοταγείς αλκοόλες παράγονται με αναγωγή των αντίστοιχων αλδεϋδών ή καρβονικών οξέων:

- Από αλδεΐδες:



- Από καρβονικά οξέα:

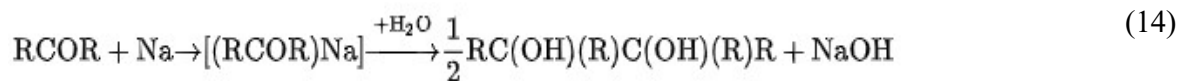


- Οι δευτεροταγείς αλκοόλες παράγονται με αναγωγή των αντίστοιχων κετονών:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

- Οι τριτοταγείς αλκοόλες με χρήση μεταλλικού νατρίου σε κετόνες παίρνουμε:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

4.3.3.3 Με υδρόλυση αλογονοπαραγώγων

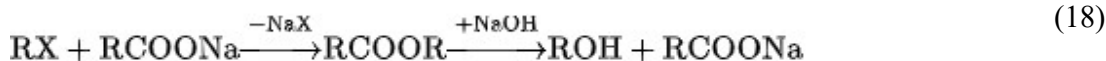
Με αραιό διάλυμα NaOH, όταν η δομή του αλογονοπαραγώγου δεν επιτρέπει την απόσπαση υδραλογόνου προς παραγωγή αλκενίων.



Αν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απόσπασης προτιμάται το AgOH, δηλαδή υδατικό εναιώρημα Ag₂O:



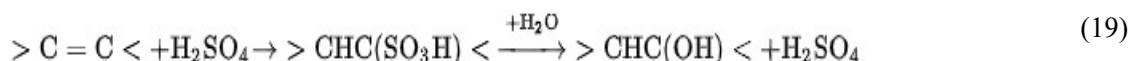
Με υδατικό διάλυμα αλάτων καρβονικών οξέων:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

4.3.3.4 Από αλκένια

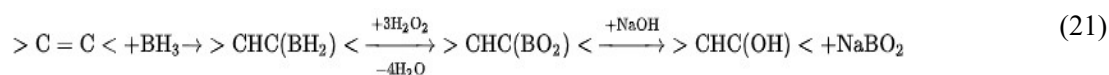
- Με επίδραση θεικού οξέος και μετά με νερό (ενυδάτωση):



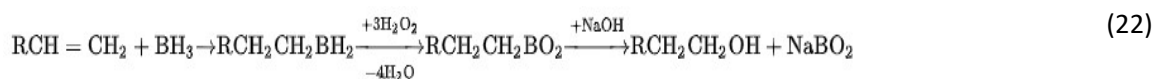
η αντίδραση ακολουθεί τον κανόνα Markownikow, δηλαδή το υδροξύλιο ενώνεται με το πιο ηλεκτροθετικό, συνήθως με το πιο υποκαταστημένο άτομο άνθρακα.



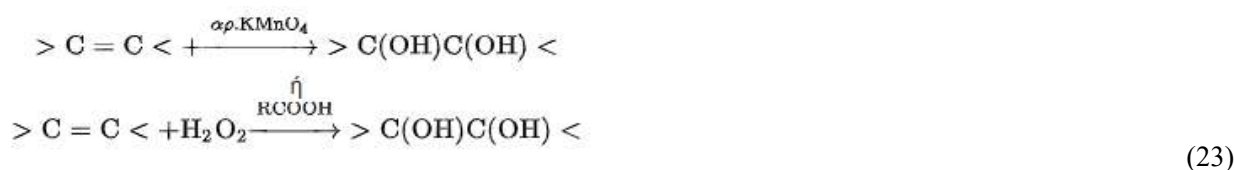
- Με επίδραση βορανίου και μετά με υπεροξείδιο του υδρογόνου:



Η αντίδραση φαίνεται εδώ να ακολουθεί το κανόνα αντί- Markownikow, δηλαδή το υδροξύλιο ενώνεται με το λιγότερο ηλεκτροθετικό, συνήθως με το λιγότερο υποκαταστημένο άτομο άνθρακα.



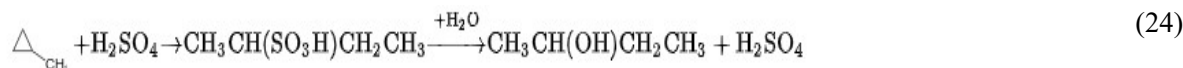
- Με επίδραση αραιού διαλύματος υπεραγγανικού καλίου ή μίγματος υπεροξειδίου του υδρογόνου και καρβονικού οξέος. Παραγωγή διόλης τύπου -1,2:



4.3.3.5 Από κυκλοπροπάνια

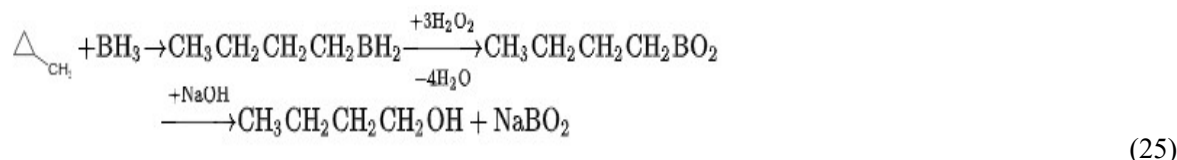
- Το κυκλοπροπάνιο και τα υποκαταστημένα παράγωγά του δίνουν αντιδράσεις κυκλοπροσθήκης.

Με επίδραση θεικού οξέος και μετά με νερό:

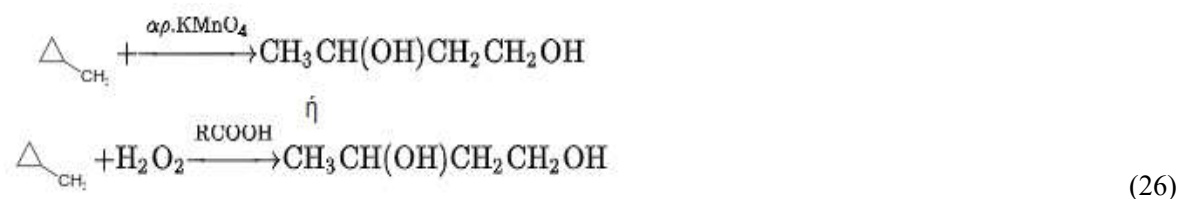


Η αντίδραση ακολουθεί τον κανόνα Markownikow, δηλαδή το υδροξύλιο ενώνεται με το πιο ηλεκτροθετικό, συνήθως με το πιο υποκατατεστημένο άτομο άνθρακα.

Με επίδραση βορανίου και μετά με υπεροξείδιο του υδρογόνου:



Η αντίδραση φαίνεται εδώ να ακολουθεί το κανόνα αντί- Markownikow, δηλαδή το υδροξύλιο ενώνεται με το λιγότερο ηλεκτροθετικό, συνήθως με το λιγότερο υποκατατεστημένο άτομο άνθρακα. Με επίδραση αραιού διαλύματος υπεрмаγγανικού καλίου ή μίγματος υπεροξειδίου του υδρογόνου και καρβονικού οξέος. Παραγωγή διόλης τύπου -1,3:



4.3.3.6 Με υδρόλυση εστέρων



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

4.3.3.7 Με επίδραση νιτρώδους οξέος σε πρωτοταγείς αμίνες



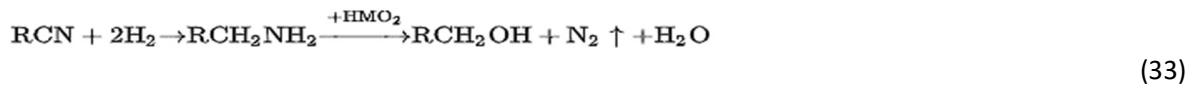
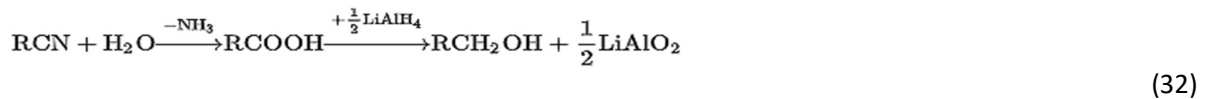
Επειδή το νιτρώδες οξύ δε διατηρείται εύκολα, συνήθως παράγεται επί τόπου:



4.3.3.8 Από άλλες αλκοόλες

- Με ανοικοδόμηση της ανθρακικής αλυσίδας:





4.4 Όξινος χαρακτήρας

Οι αλκοόλες δίνουν μερικές αντιδράσεις, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για τα οξέα όπως ο σχηματισμός αλκοολικών αλάτων. Η σχετική τους οξύτητα είναι:



- Αντιδρούν με αλκάλια:



- Αντιδρούν με νατραμίδιο:



- Αντιδρούν με άλατα 1-αλκινίων:



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά.

- Αντιδρούν με αλκυλομαγνησιογονίδια:



4.5 Βασικός χαρακτήρας

Οι αλκοόλες αντιδρούν και με διάφορα οξέα και όξινα άλατα. Δεν σχηματίζουν όμως άλατα μαζί τους, όπως οι βάσεις. Τα αποτελέσματα των αντιδράσεων αυτών ποικίλλουν:

- Πυρηνόφιλη υποκατάσταση με υδραλογόνα:

A. Με υδροϊώδιο χωρίς βοήθεια:



B. Με το υδροχλώριο ή υδροβρώμιο, με καταλύτη:



Όπου X χλώριο ή βρώμιο.

▪ Αφυδάτωση με θειικό οξύ:

A) Ενδομοριακή προς αλκένια:



B) Διαμοριακή προς αιθέρες:



▪ Εστεροποίηση με καρβονικά και άλλα οξέα:

A. Με καρβονικά οξέα:



B. Με ανόργανα οξέα, όπως το φωσφορικό οξύ:



▪ Με όξινα άλατα, όπως τα χλωριωτικά-βρωμιωτικά μέσα:

A) Με θειονυλοχλωρίδιο (SOCl_2)



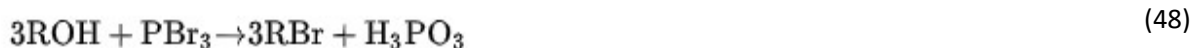
B) Με πενταχλωριούχο φώσφορο (PCl_5)



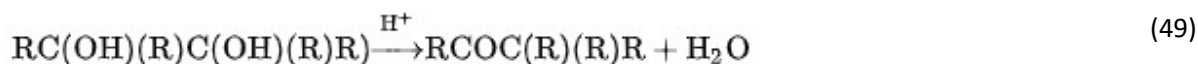
Γ) Με τριχλωριούχο φώσφορο (PCl_3)



Δ) Με τριβρωμιούχο φώσφορο (PBr₃).



- Πινακολική μετάθεση



Όπου τα R δεν είναι υποχρεωτικά τα ίδια.

Πραγματοποιείται από τις πινακόλες, δηλαδή τις τριτοταγείς και ως προς τα δύο άτομα άνθρακα που φέρουν υδροξυομάδες 1,2-διόλες.

4.6 Οξείδωση

- Οι πρωτοταγείς αλκοόλες μόνο με υπερμαγγανικό κάλιο προς καρβονικά οξέα:



- Οι πρωτοταγείς αλκοόλες μόνο με διχρωμικό κάλιο προς αλδεΐδες:



- Οι δευτεροταγείς αλκοόλες μόνο με διχρωμικό κάλιο προς κετόνες:



Οι τριτοταγείς αλκοόλες οξειδώνονται μόνο με πολύ δραστικές συνθήκες, οπότε διασπάται η ανθρακική τους αλυσίδα.

- Οι 1,2-διόλες με HIO₄.

Για παράδειγμα:



Οι τριτοταγείς έστω και ως προς το ένα άτομο άνθρακα που φέρει υδροξυομάδα δίνουν κετόνες αντί αλδεΐδες.

4.7 Πηγές και χρήσεις των απλών αλκοολών

Η μεθανόλη και η αιθανόλη είναι δύο από τις σπουδαιότερες χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές. Πριν από την ανάπτυξη της σύγχρονης χημικής βιομηχανίας, η μεθανόλη παρασκευαζόταν με θέρμανση του ξύλου απουσία αέρα, γι' αυτό ονομαζόταν και ξυλόπνευμα. Σήμερα παρασκευάζονται περίπου 7 δισεκατομμύρια λίτρα μεθανόλης ετησίως, μόνο στις ΗΠΑ, με καταλυτική αναγωγή του μονοξειδίου του άνθρακα με αέριο υδρογόνο.

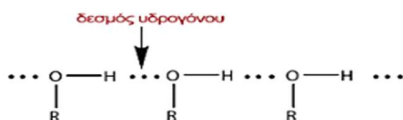


Η μεθανόλη είναι τοξική για τον άνθρωπο και προκαλεί τύφλωση σε μικρές δόσεις και θάνατο σε μεγαλύτερες δόσεις. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται ως διαλύτης και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή φορμαλδεΰδης, CH_2O , και οξικού οξέος, CH_3COOH . Η αιθανόλη υπήρξε μια από τις πρώτες οργανικές ενώσεις που παρασκευάστηκαν και απομονώθηκαν σε καθαρή μορφή. Η παραγωγή της με ζύμωση αμυλούχων υλών και σακχάρων πραγματοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια και ο καθαρισμός της με απόσταξη χρονολογείται τουλάχιστον από τον 12^ο αιώνα μ.Χ.

Μόνο ένα 5% της αιθανόλης που παράγεται βιομηχανικά προέρχεται από ζύμωση, αν και το ποσοστό αυτό μπορεί να μεταβληθεί, εάν αυξηθεί η ζήτησή της ως καυσίμου αυτοκινήτων. Η αιθανόλη παράγεται σήμερα κυρίως με όξινα καταλυόμενη ενυδάτωση του αιθυλενίου. Κάθε χρόνο παράγονται στις ΗΠΑ περίπου 500 εκατομμύρια λίτρα αιθανόλης, που χρησιμοποιούνται ως διαλύτης ή ως χημικά ενδιάμεσα σε άλλες βιομηχανικές αντιδράσεις.

4.8 Φυσικές ιδιότητες αλκοολών

Λόγω της παρουσίας του υδροξυλίου (OH) τα μόρια των αλκοολών έλκονται μεταξύ τους με διαμοριακούς δεσμούς υδρογόνου.



Εικόνα 21: Δεσμός υδρογόνου.

Οι δεσμοί υδρογόνου επηρεάζουν σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες των αλκοολών. Στη συνέχεια θα μελετηθεί η επίδρασή τους στο σημείο ζέσεως και τη διαλυτότητα των αλκοολών στο νερό.

4.8.1 Σημείο ζέσεως

Η ικανότητα των αλκοολών να σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζουν αυξημένα σημεία ζέσεως σε σχέση με αλκάνια παρόμοιου μοριακού βάρους. Στον Πίνακα 7 συγκρίνονται τα σημεία ζέσεως αλκοολών με παρόμοιου μοριακού βάρους αλκάνια.

Πίνακας 7: Σύγκριση σημείων ζέσεως αλκανίων και αλκοολών παρόμοιου μοριακού βάρους.

<i>Αλκάνιο</i>	<i>Σημείο ζέσεως (°C)</i>	<i>Αλκοόλη</i>	<i>Σημείο ζέσεως (°C)</i>
CH_3-CH_3	-89	CH_3-OH	65
$CH_3-CH_2-CH_3$	-42	CH_3-CH_2-OH	78
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	-1	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	97

Τα μοριακά βάρη του αιθανίου CH_3-CH_3 ($M_r=30$) και της μεθανόλης CH_3-OH ($M_r=32$) είναι παρόμοια, οπότε θα αναμένονταν συγκρίσιμα σημεία ζέσεως. Όμως, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7, η μεθανόλη έχει σημαντικά μεγαλύτερο σημείο ζέσεως ($65\text{ }^\circ\text{C}$) από το αιθάνιο ($-89\text{ }^\circ\text{C}$), διότι τα μόρια της μεθανόλης έλκονται με δεσμούς υδρογόνου, που είναι ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να προσφερθεί αρκετή ενέργεια ώστε να διασπαστούν οι δεσμοί υδρογόνου που συγκρατούν τα μόρια της μεθανόλης και να μεταβούν αυτά στην αέρια κατάσταση, με αποτέλεσμα υψηλότερο σημείο ζέσεως. Αντίθετα τα μόρια του αιθανίου έλκονται με ασθενέστερες διαμοριακές δυνάμεις (δυνάμεις London), οπότε αυτό έχει χαμηλό σημείο ζέσεως.

4.8.2 Διαλυτότητα στο νερό

Οι δεσμοί υδρογόνου ευθύνονται για την υψηλή διαλυτότητα των αλκοολών στο νερό σε σχέση με άλλες κατηγορίες οργανικών ενώσεων. Στον Πίνακα 8 συγκρίνονται οι διαλυτότητες αλκοολών με παρόμοιου μοριακού βάρους αλκάνια.

Πίνακας 8: Σύγκριση διαλυτότητας στο νερό αλκανίων και αλκοολών παρόμοιου μοριακού βάρους.

<i>Αλκάνιο</i>	<i>Διαλυτότητα στο νερό</i>	<i>Αλκοόλη</i>	<i>Διαλυτότητα στο νερό</i>
CH_3-CH_3	αδιάλυτο	CH_3-OH	άπειρη
$CH_3-CH_2-CH_3$	αδιάλυτο	CH_3-CH_2-OH	άπειρη
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	αδιάλυτο	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	άπειρη

Στον Πίνακα 9 συγκρίνεται οι διαλυτότητα στο νερό των οκτώ πρώτων μελών της ομόλογης σειράς των αλκοολών.

Πίνακας 9: Σύγκριση διαλυτότητας στο νερό των οκτώ πρώτων μελών της ομόλογης σειράς των αλκοολών.

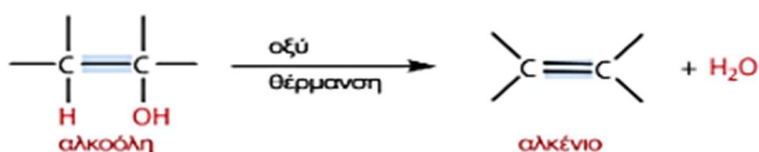
<i>Όνομα</i>	<i>Συντακτικός τύπος</i>	<i>Διαλυτότητα στο νερό (g/100 mL)</i>
<i>Μεθανόλη</i>	CH_3-OH	άπειρη
<i>Αιθανόλη</i>	CH_3-CH_2-OH	άπειρη
<i>1-προπανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	άπειρη
<i>1-βουτανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	7.3
<i>1-πεντανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	2.2
<i>1-εξανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	0.6
<i>1-επτανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	0.2
<i>1-οκτανόλη</i>	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	0.05

Από τον Πίνακα 9 παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος της ανθρακικής αλυσίδας της αλκοόλης τόσο μειώνεται η διαλυτότητα των αλκοολών στο νερό. Πρακτικά μόνο οι αλκοόλες που έχουν μέχρι πέντε ή έξι άτομα άνθρακα στην ανθρακική τους αλυσίδα είναι διαλυτές στο νερό. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των υδρόφιλων υδροξυλίων (OH), που έχουν την τάση να διαλύονται στο νερό μέσω δεσμών υδρογόνου, και των ανθρακικών αλυσίδων που είναι υδρόφοβες, δηλαδή δεν διαλύονται στο νερό. Όταν η ανθρακική αλυσίδα είναι μικρή

(έχει μέχρι έξι άτομα C) υπερισχύουν οι ιδιότητες του OH και η αλκοόλη διαλύεται στο νερό. Όταν όμως η ανθρακική αλυσίδα είναι μεγαλύτερη υπερισχύουν οι υδρόφοβες ιδιότητές της και η αλκοόλη δεν διαλύεται στο νερό.

4.8.3 Αφυδάτωση αλκοολών (απόσπαση νερού)

Αφυδάτωση είναι η αντίδραση με την οποία αποσπάται ένα μόριο νερού από ένα μόριο αλκοόλης με αποτέλεσμα να παράγεται αλκένιο. Η αντίδραση γίνεται με επίδραση οξέος, συνήθως πυκνό H₂SO₄ ή 85% H₃PO₄ και σε υψηλή θερμοκρασία. Το νερό που απομακρύνεται σχηματίζεται με την απόσπαση του OH της αλκοόλης και ενός H από έναν γειτονικό άνθρακα του OH. Μεταξύ των δύο ατόμων C από τα οποία αποσπάστηκε το OH και το H δημιουργείται διπλός δεσμός. Δηλαδή:



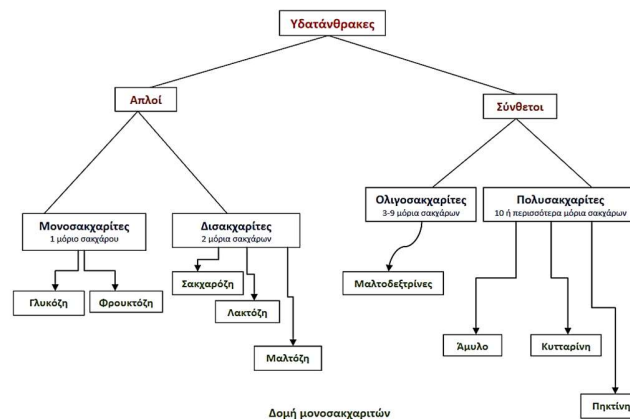
Η ευκολία αφυδάτωσης ακολουθεί τη σειρά τριτοταγής αλκοόλη>δευτεροταγής αλκοόλη>τριτοταγής αλκοόλη, όπως φαίνεται στα επόμενα παραδείγματα:

Αλκοόλες είναι οι οργανικές ενώσεις που έχουν λειτουργική ομάδα το υδροξύλιο (OH). Αλειφατικές χαρακτηρίζονται οι αλκοόλες στις οποίες το OH συνδέεται με αλειφατική ομάδα, ενώ όταν το OH συνδέεται με αρωματικό δακτύλιο χαρακτηρίζονται αρωματικές. Οι αρωματικές αλκοόλες ονομάζονται φαινόλες. Οι αλειφατικές αλκοόλες διακρίνονται σε πρωτοταγείς, δευτεροταγείς και τριτοταγείς. Λόγω του υδροξυλίου (OH) οι αλκοόλες σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου. Για αυτόν τον λόγο έχουν υψηλότερα σημεία ζέσεως και υψηλότερη διαλυτότητα στο νερό από αλκάνια παρόμοιου μοριακού βάρους. Οι αλειφατικές αλκοόλες δίνουν αντιδράσεις αφυδάτωσης στις οποίες, με θέρμανση και παρουσία οξέος, αποσπάται το OH και ένα H, με τη μορφή νερού, και σχηματίζεται διπλός δεσμός C=C, δηλαδή σχηματίζεται αλκένιο. Η απόσπαση νερού από την αλκοόλη γίνεται σύμφωνα με τον κανόνα Zaitsev. Οι πρωτοταγείς και δευτεροταγείς αλκοόλες οξειδώνονται από ισχυρά οξειδωτικά αντιδραστήρια, ενώ οι τριτοταγείς δεν οξειδώνονται. Οι φαινόλες παρουσιάζουν οξύτητα, ενώ οι αλειφατικές αλκοόλες δεν έχουν

πρακτικά οξύτητα. Οι φαινόλες αντιδρούν με υδατικά διαλύματα ισχυρών βάσεων και δίνουν άλατα[96-100].

4.9 Τα σάκχαρα

Τα σάκχαρα, ή αλλιώς υδατάνθρακες (Ribereau-Gayon et al.,1982; Jackson, 1994), είναι μια ομάδα βιολογικών μορίων σημαντικής σημασίας για τους οργανισμούς. Με βάση τη χημική τους δομή μπορεί να είναι πολυ-υδροξυαλδεΐδες (αλδόζες) ή πολύ-υδροξυκετόνες (κετόζες) και αποδίδονται με τον γενικό τύπο $C_nH_{2n}O_n$, όπου n είναι ο αριθμός των ατόμων άνθρακα (Βοργιάς, 2013).



Εικόνα 18: Βιολογικά Μακρομόρια [100].

Τα σάκχαρα αποτελούν το βασικότερο συστατικό του γλεύκους (12-30 %), συντίθενται μέσω της φωτοσυνθετικής ικανότητας των πράσινων μερών του φυτού (φύλλα, ράγες) και συσσωρεύονται στη ράγα όσο προχωράει η ωρίμανση του καρπού. Οι κυριότεροι μονοσακχαρίτες που ανιχνεύονται στα γλεύκη είναι η D-γλυκόζη και η D-φρουκτόζη, ενώ σε ελάχιστες ποσότητες βρίσκονται η D-γαλακτόζη, η σακχαρόζη και οι πεντόζες.



Από τα σάκχαρα προέρχονται πολλές ενώσεις στους οίνους, όπως είναι τα οργανικά οξέα (τρυγικό, μηλικό, κιτρικό οξύ), οι φαινολικές ενώσεις, τα αρωματικά αμινοξέα (όπως η τυροσίνη), οι γλυκοζίτες (ανθοκυάνες, τερπένια) αλλά και διάφορα άλλα προϊόντα όπως είναι το γαλακτικό

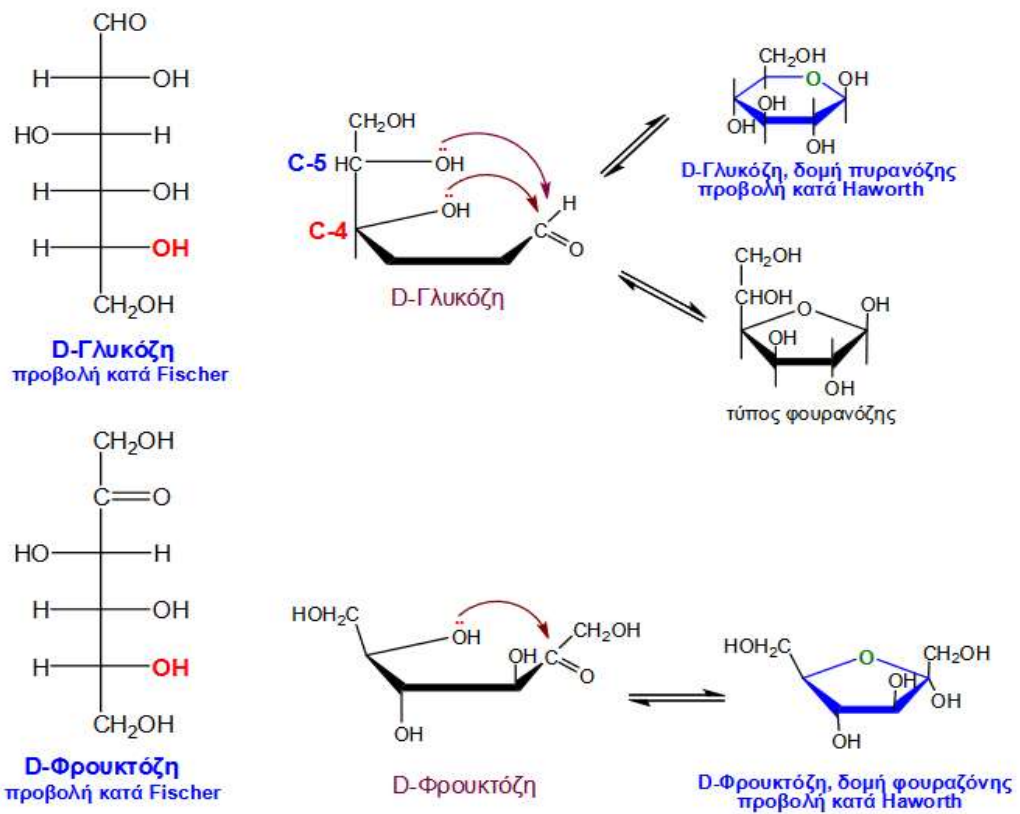
ή το οξικό οξύ [βλ. Κεφ. 1.4]. Επιπλέον, τα σάκχαρα συγκαταλέγονται στα σημαντικότερα συστατικά του γλεύκους, καθώς με βάση την περιεκτικότητά τους σε αυτό καθορίζεται ο αλκοολικός βαθμός του οίνου που θα παραχθεί μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης [100].

Τα σάκχαρα του γλεύκους και του οίνου διαιρούνται στα:

4.9.1 Ανάγοντα σάκχαρα

Τα ανάγοντα σάκχαρα διαθέτουν μια ελεύθερη αλδεϋδομάδα ή κετονομάδα και μπορούν να ανάγουν ή να αποχρωματίζουν το φερίγγειο υγρό. Είναι κυρίως εξόζες και πεντόζες και χωρίζονται στα:

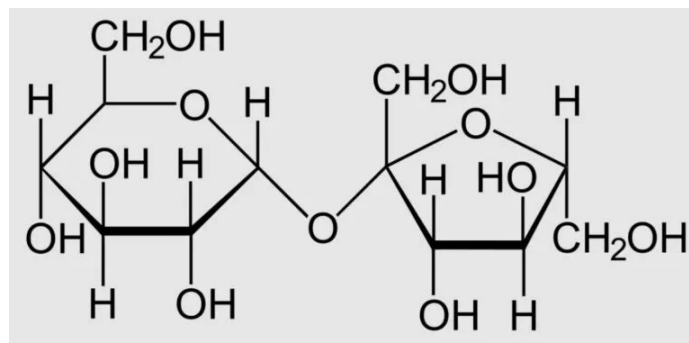
- Ζυμώσιμα σάκχαρα (εξόζες): Όπως είναι η D-(+)-γλυκόζη, η D-(-)-φρουκτόζη και η D-(-)-γαλακτόζη, οι οποίες ζυμώνονται από τα κύτταρα των ζυμομυκήτων. Οι οίνοι αναλόγως με την περιεκτικότητά τους σε ανάγοντα σάκχαρα χωρίζονται σε ξηρούς, ημίξηρους, ημίγλυκους και γλυκούς .
- Μη ζυμώσιμα σάκχαρα (πεντόζες): Όπως είναι η D-αραβινόζη, η D-ριβόζη, η D-ξυλόζη και η L-ραμνόζη. Οι πεντόζες δε ζυμώνονται από τους ζυμομύκητες αλλά μπορεί να προσβληθούν από τα γαλακτικά βακτήρια, έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση της πτητικής οξύτητας των οίνων (Ρούσσης, 2015).



Εικόνα 22: Ανάγοντα σάκχαρα [96]

4.9.2 Μη ανάγοντα σάκχαρα

Είναι μη ζυμώσιμα σάκχαρα και δεν ανάγουν, ή αλλιώς δεν αποχρωματίζουν, το φελλίγγιο υγρό. Τα μη ανάγοντα σάκχαρα στους οίνους προέρχονται από τα σταφύλια και σε αυτά συγκαταλέγονται: η ζαχαρόζη, η σταχυόζη, η ραφινόζη κ.α.



Εικόνα 23: Δομή Σακχαρόζης.

4.9.3 Πολυσακχαρίστες

Οι πολυσακχαρίτες βρίσκονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στα γλεύκη. Στους οίνους κατά την διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, αλλά και κατά την οινοποίηση μετέπειτα, μπορεί να καθιζάνουν και να σχηματίζουν ιζήματα, εμποδίζοντας έτσι την διαδικασία της διήθησης και του φιλτραρίσματος στους οίνους [96].

Χωρίζονται σε:

I) Ομοπολυσακχαρίτες ή πηκτίνες: Προέρχονται από τα κυτταρικά τοιχώματα του φλοιού και της σάρκας των σταφυλιών. Έτσι, μετά το σπάσιμο των ραγών υδρολύονται ενζυμικά στο γλεύκος, ενώ δεν περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες στους οίνους.

II) Ετεροπολυσακχαρίτες ή κόμμεα (οζάνες): Είναι πολυμερισμένοι ανυδρίτες πεντοζών ή εξοζών. Τα κόμμεα που συναντιόνται συνήθως στους οίνους είναι οι αραβάνες, οι ραμνάνες, οι ξυλάνες, οι γαλακτάνες, οι μαννάνες κ.α. Επιπλέον, υπάρχουν και οι ποσότητες των πολυσακχαριτών που απελευθερώνεται από την αυτόλυση των κυττάρων των ζυμομυκήτων κατά την αλκοολική ζύμωση, όπως είναι οι μαννοπρωτεΐνες (γλυκοπρωτεΐνες) και οι γλυκομαννοπρωτεΐνες [97]. Είναι ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους και ανιχνεύονται στους οίνους που ωριμάζουν με τις οινολάσπες.

4.10 Η αλκοολική ζύμωση

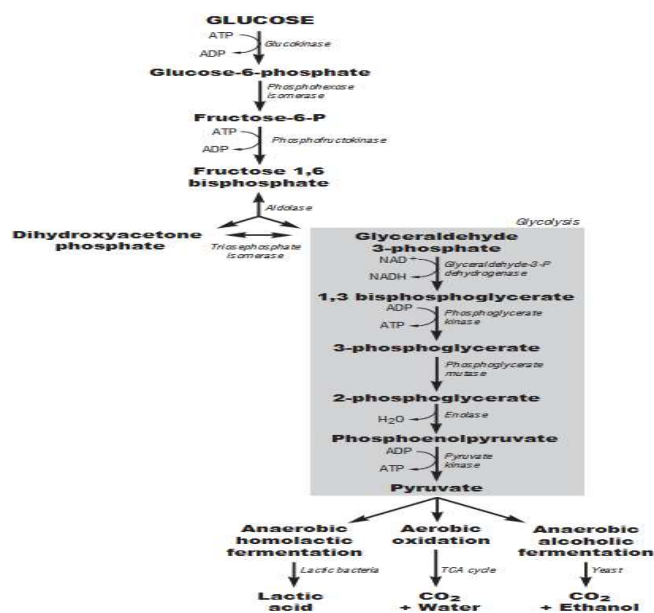
4.10.1. Βιοχημεία της αλκοολικής ζύμωσης.

Αλκοολική ζύμωση ονομάζεται η βιοχημική μετατροπή των σακχάρων του τύπου $C_6H_{12}O_6$ (εξόζων) σε αιθυλική αλκόολη και διοξείδιο του άνθρακα με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας υπό τη μορφή ATP. Η όλη της διεργασία είναι αναερόβια. Η συνολική αντίδραση είναι η εξής :



Η μετατροπή του σακχάρου προς αιθανόλη γίνεται με έναν πολύπλοκο μηχανισμό, τα διάφορα στάδια του οποίου καταλύονται από μια σειρά ενζύμων. Στην αλκοολική ζύμωση η αιθανόλη είναι ο τελικός δέκτης των ηλεκτρονίων ενώ η γλυκόζη ο δότης. Η πορεία της αλκοολικής ζύμωσης φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, όπου περιγράφεται η αποικοδόμηση της γλυκόζης σε πυροσταφυλικό οξύ (πορεία γνωστή ως γλυκόλυση) και στη συνέχεια σε αιθανόλη (πορεία γνωστή ως αλκοολική ζύμωση). Η ποσότητα όμως της αλκοόλης, καθώς και

των πτητικών παραπροϊόντων εξαρτάται, εκτός από τις ζύμες και τις συνθήκες αερισμού και από τη θερμοκρασία της ζύμωσης. Γενικά ζυμώσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες δίνουν υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοόλης, λόγω εξάτμισης της σε υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 24: Μετατροπή σακχάρων προς σχηματισμό αιθανόλης.

4.12 Απόσταξη

Γενικά

Με τον όρο απόσταξη εννοείται η θέρμανση ενός υγρού μέχρι να εξατμισθεί, η συμπύκνωση των ατμών του με ψύξη και η συλλογή τους σε ένα άλλο δοχείο. Η απόσταξη χρησιμοποιείται ως μέθοδος καθαρισμού υγρών και γενικά πτητικών ουσιών, αλλά και για την πιστοποίηση της καθαρότητας των υγρών ουσιών. Με την απόσταξη διαχωρίζονται δύο ή περισσότερες ουσίες που έχουν διαφορετικά σημεία ζέσεως (σ.ζ.).

Η απόσταξη βασίζεται στην κατανομή των συστατικών ενός υγρού μίγματος μεταξύ του υγρού και των ατμών του, που είναι σε ισορροπία με αυτό. Οι δύο φάσεις δημιουργούνται με την μερική εξάτμιση των πτητικών συστατικών του υγρού μίγματος και έχουν διαφορετική σύσταση η κάθε μία καθώς τα πιο πτητικά συστατικά βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στον ατμό και τα λιγότερο πτητικά στο υγρό. Έτσι η συμπύκνωση του ατμού οδηγεί στη λήψη του αποστάγματος, το οποίο είναι εμπλουτισμένο με το πιο πτητικό συστατικό του μίγματος. Η

αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες των συστατικών του μίγματος, τη χρησιμοποιούμενη συσκευή απόσταξης και τη μέθοδο απόσταξης [87].

4.11 Ιστορική αναδρομή αποστάξης

Η απόσταξη είναι μια μέθοδος διαχωρισμού μιγμάτων, η οποία χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα και χωρίζεται σε δύο στάδια: τη μερική εξάτμιση ενός υγρού μείγματος και τη διαδοχική συμπύκνωσή του με σύνθεση που διαφέρει από εκείνη της εξάτμισης. Η λέξη απόσταξη προέρχεται από το λατινικό ρήμα “destillare”, που σημαίνει, να πάει κάτω.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στις πρώτες αποστάξεις δημιουργήθηκε στην Αλεξάνδρεια την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και παρέμεινε ο ίδιος μέχρι το 16^ο αιώνα. Έπειτα, Γάλλοι επιστήμονες, Άγγλοι βιομήχανοι και Γερμανοί τεχνίτες, εφαρμόζοντας την ήδη υπάρχουσα τεχνογνωσία, δημιούργησαν σύγχρονο εξοπλισμό και ώθησαν τη βιομηχανική του εφαρμογή. Στις μέρες μας με την άνθιση της τεχνολογίας κατέστη δυνατή η εφαρμογή της απόσταξης σε βιομηχανική κλίμακα.

Οι πρώτοι πολιτισμοί που έκαναν χρήση της συσκευών απόσταξης ξεκίνησαν στην Μεσοποταμία, την Αίγυπτο, την Συρία και την Κίνα και εξαπλώθηκαν. Τα μοναστήρια και οι ιέρεις των ναών χρησιμοποιούσαν συσκευές απόσταξης και κρατούσαν τις συνταγές τους μυστικές. Ο Hermann Schelenz υποστήριξε ότι η απόσταξη εφευρέθηκε από τους Πέρσες, οι οποίοι χρησιμοποίησαν αυτή τη διαδικασία για να παράγουν αρώματα από τριαντάφυλλο, ροδοπέταλα, και άλλα. Επίσης αναφέρει, ότι η απόσταξη προήλθε από την ξηρή απόσταξη του ξύλου για την τερεβινθίνη και την πίσσα, απαραίτητα υλικά για την εποχή. Μαζί με τον Edmund von Lippmann, ο Schelenz διαπίστωσε ότι ο αιγυπτιακός πάπυρος Ebers (1550 π.Χ.) σε ιατρικά θέματα αναφέρει την απόσταξη αιθέριων ελαίων από βότανα. Περίπου το 3500 π.Χ. οι Σουμέριοι ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν την εξάτμιση και τη συμπύκνωση ενός υγρού για να βελτιώσουν μια ουσία αλλά και για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων από βότανα . Πολλά από τα δοχεία που χρησιμοποιούνταν για αποστάξεις, βρέθηκαν σε ανασκαφές που έγιναν 250 χλμ βόρεια της Βαγδάτης στο Ιράκ.

Στα αποστακτήρια αυτά η εξάτμιση υλοποιούνταν σε χαμηλή θερμοκρασία και η συμπύκνωση γινόταν στο κάτω τμήμα που ήταν και το ψυχρότερο. Τα σταγονίδια έρεαν προς τα κάτω για να συλλεχθούν στο δοχείο, όπου το προς απόσταξη υλικό από φύλλα και βότανα εξάγεται από το υγρό. Οι τυπικές διαστάσεις του αποστακτηρίου ήταν περίπου 50 cm σε διάμετρο και 25-50 cm σε ύψος[85].

4.12 Ταξινόμηση αποσταγμάτων

Τα αποστάγματα διακρίνονται σε αποστάγματα που προέρχονται από ζύμωση και αποστάγματα ουδέτερης αλκοόλης. Τα αποστάγματα που προέρχονται από ζύμωση παράγονται από αμυλούχες ή ζαχαρούχες ύλες, περιέχουν τις συναπόστακτες ύλες και αποτελούν την βάση για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Διακρίνονται σε:

- Αποστάγματα αμύλου. Τα οποία προκύπτουν από την απόσταξη ζυμωμένης αμυλούχου ύλης και διακρίνονται σε αποστάγματα σιτηρών ουίσκι, βότκα, τζιν, σε αποστάγματα γεωμήλων μερικά είδη βότκας όπως finkel, σε αποστάγματα άλλων αμυλούχων υλών όπως το καλαμπόκι korn, kornbrand.
- Αποστάγματα σακχάρων. Τα οποία προέρχονται από την απόσταξη ζαχαρούχου ύλης που έχει υποστεί ζύμωση και διαχωρίζονται σε αμπελοοινικά αποστάγματα όπως τσίπουρο, τσικουδιά , όπως απόσταγμα σταφυλής, ή σταφίδας όπως το μπράντι σταφίδας, σε αποστάγματα φρούτων όπως αποσταγμένος ζυμωμένος πολτός από φρούτα (δαμάσκηνα, μήλα, αχλάδια, κεράσια, μούρα , βερίκοκα, ροδάκινα, κορόμηλα, σύκα, φράουλες, σμέουρα κ.α), σε αποστάγματα ζαχαροκάλαμου όπως αποσταγμένος ζυμωμένος πολτός ζαχαροκάλαμου (Cachaca Βραζιλίας, ρούμι Κούβας, Καραϊβικής κ.α), και τέλος σε αποστάγματα άλλων ζαχαρούχων υλών όπως το μέλι και η αγαύη η πολυσυζητημένη τεκίλα.
- Τα αποστάγματα ουδέτερης αλκοόλης, παράγονται από την απόσταξη γεωργικής προέλευσης αλκοόλης μετά από αραίωση της με νερό και η σε ορισμένες περιπτώσεις πρόσθεση κάποιων αρωματικών ουσιών στο διάλυμα. Η μεγαλύτερη διαφορά ανάμεσα στα αποστάγματα ζυμωμένων υλών και αυτά της ουδέτερης αλκοόλης είναι ότι δεν περιέχουν συναπόστακτες ουσίες, γι' αυτό το λόγο ονομάζεται και ουδέτερη. Παράγεται αποκλειστικά από την απόσταξη ζυμωμένου πολτού σταφίδας, σταφυλιών, τεύτλων, γεωμήλων, και άλλων σακχαρούχων γεωργικών προϊόντων ε'ξου και η ονομασία γεωργικής προέλευσης [85-98].

4.14 Είδη απόσταξης

Η απόσταξη είναι μια διαδικασία διαχωρισμού που στηρίζεται και χρησιμοποιεί τις διαφορετικές πτητικότητες των υλικών. Αν ένα μείγμα που περιέχει ουσίες που διαφέρουν στην πτητικότητα τους θερμαίνεται, η σύνθεση των ατμών που απελευθερώνονται θα είναι διαφορετική από εκείνη του βραστού υγρού. Μετά την συμπύκνωση, οι ατμοί αποτελούν το "απόσταγμα". Το υπόλοιπο υγρό ονομάζεται "υπόλειμμα".

Η απόσταξη είναι μια από τις καλύτερες καθώς και παλαιότερες διεργασίες διαχωρισμού και έχει μεγάλη σπουδαιότητα στη βιομηχανία χημικών διεργασιών. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την χημική διεργασία της απόσταξης θα αναφερθούμε αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο στους νόμους των Raoult (Francouis-Marie Raoult, Γαλλός χημικός) και στον νόμο του Dalton (John Dalton, Αγγλός φυσικός και χημικός, 1766-1844). Αρχικά θα αναφερθούμε στην ισορροπία υγρού - ατμού (Vapor liquid equilibrium (VLA)).

Έστω ένα υγρό διάλυμα που αποτελείται από τις ουσίες A και B. Αν το μίγμα συμπεριφέρεται ως ιδανικό διάλυμα, η τάση ατμών της ουσίας A, p_A , δίνεται από το νόμο του Raoult που διατυπώνεται στην εξίσωση (3.1):

$$P_A = x_A P_A^0 \quad (57)$$

όπου x_A = συγκέντρωση του A στο διάλυμα, σε κλάσμα μορίων, και P_A^0 = τάση ατμών της καθαρής ουσίας A, στη θερμοκρασία του διαλύματος. Εάν, επιπλέον, η φάση ατμού συμπεριφέρεται ως ένα ιδανικό μείγμα αερίων, εφαρμόζεται ο Νόμος του Dalton (John Dalton, Αγγλικός φυσικός και χημικός, 1766-1844). Η μερική πίεση του A στον ατμό είναι τότε:

$$\overline{P}_A = y_A P \quad (58)$$

όπου y_A = Η συγκέντρωση του A στην φάση ατμών, σε κλάσμα mol και P = ολική πίεση. Σε ισορροπία, η μερική πίεση του A στο αέριο πρέπει να είναι ίση με την πίεση ατμού του A επί του διαλύματος. Η συγκέντρωση ισορροπίας του A στον ατμό, στη συνέχεια δίνεται από την εξίσωση.

$$y_A^* = x_A \frac{P_A^0}{P} \quad (59)$$

Εκτός αν η συνολική πίεση είναι ασυνήθιστα υψηλή, η υπόθεση του ιδανικού μείγματος αερίου για την αέρια φάση είναι αρκετά ασφαλής. Για παράδειγμα, η συμπεριφορά πίεσης ατμών των

μιγμάτων αιθανόλης / νερού παρεκκλίνει σημαντικά από το νόμο του Raoult. Η τάση ατμών του συστατικού A σε μια μη ιδανική λύση δίνεται από την Εξ.

$$P_A = \gamma_A \chi_A P_A^0 \quad (60)$$

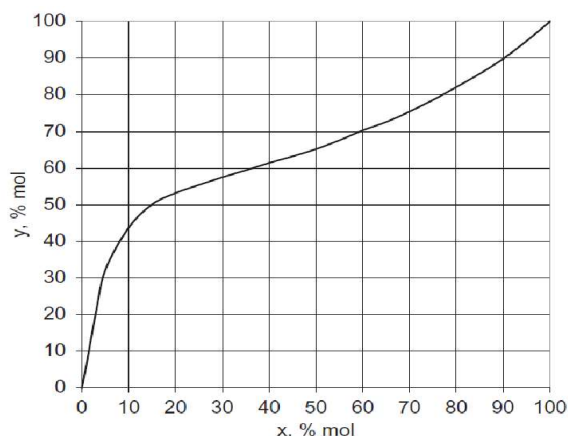
όπου γ_A είναι ο συντελεστής δραστηριότητας του A στο διάλυμα. Ο συντελεστής δραστηριότητας δεν είναι σταθερός, αλλά ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη σύνθεση του μίγματος. Το ισοζύγιο ισορροπίας της συγκέντρωσης του A στην φάση ατμών γίνεται τότε:

$$y_A^* = \gamma_A \chi_A \frac{P_A^0}{P} \quad (61)$$

Η χρήση της εξίσωσης (3.5) για την πρόβλεψη δεδομένων ισορροπίας υδρατμών είναι προβληματική, κυρίως λόγω της δυσκολίας εύρεσης τιμών συντελεστών δραστηριότητας για μείγματα ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της σύνθεσης. Μια άλλη έκφραση που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη δεδομένων VLE είναι η "σχετική μεταβλητότητα", που ορίζεται ως εξής:

$$\alpha_{A \rightarrow B} = \frac{y_A^*(1 - x_A)}{x_A(1 - y_A^*)} \quad (62)$$

όπου α_{A-B} είναι η πτητικότητα του A σε σχέση με το B Σε μια ιδανική λύση, η σχετική πτητικότητα είναι απλά ο λόγος των πιέσεων ατμών των καθαρών συστατικών A και B. Μέσα σε ένα περιορισμένο εύρος συγκεντρώσεων, η σχετική πτητικότητα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά σταθερή. Λεπτομερή πειραματικά δεδομένα VLE για πολλά μείγματα βιομηχανικού ενδιαφέροντος είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία.



Διάγραμμα 1 Καμπύλη ισορροπίας υδρατμών ατμού-νερού, σε mol%. Μία από τις ιδιαιτερότητες του διαλύματος αιθανόλης-νερού είναι ο σχηματισμός ενός αζεοτροπικού μίγματος με συγκέντρωση

αιθανόλης 0.894 (μοριακό κλάσμα). Ένα αζεοτροπικό μείγμα είναι ένα ομοιογενές μείγμα που έχει την ίδια σύνθεση στην φάση ατμού όπως στην υγρή φάση στο σημείο βρασμού. Επομένως, αυτού το είδους τα μείγματα συμπεριφέρονται κατά την απόσταξη ως καθαρή ουσία και όχι ως μείγμα. Επομένως, είναι αδύνατο να διαχωριστεί στα συστατικά του με απλή απόσταξη ένα αζεοτροπικό μείγμα. Το μείγμα αιθανόλης-νερού έχει σημείο βρασμού 78,15 °C σε ατμοσφαιρική πίεση, ελαφρώς χαμηλότερο από εκείνο της καθαρής αιθανόλης [95].

4.14 Κλασματική απόσταξη

Βασικές έννοιες

Η δημιουργία ενός αποστάγματος με μεγαλύτερη αναλογία στο πιο πτητικό συστατικό με υψηλή απόδοση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με πολλαπλά στάδια επαφής. Ο όρος αυτός αναφέρεται στην κλασματική απόσταξη, η οποία διεξάγεται σε στήλη απόσταξης. Η στήλη απόσταξης περιέχει τα πολλά στάδια επαφής, γνωστά ως πλάκες ή δίσκοι, μέσω των οποίων το υγρό και ο ατμός κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Ο ατμός κινείται προς τα πάνω και το υγρό κινείται προς τα κάτω. Το μείγμα που πρόκειται να υποβληθεί σε απόσταξη εισάγεται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Το τμήμα της στήλης πάνω από αυτή τη θέση ονομάζεται ζώνη ανόρθωσης, ενώ το τμήμα κάτω από την είσοδο τροφοδοσίας είναι η ζώνη απογύμνωσης.

Η αποστακτική στήλη συνδέεται με έναν επαναθετήρα, όπου αυξάνεται η θερμοκρασία και πραγματοποιείται ο βρασμός και έναν συμπυκνωτή, όπου ο ατμός συμπυκνώνεται με ψύξη. Στο πάνω τμήμα της αποστακτικής στήλης, ο ατμός ψύχεται από το υγρό που κατεβαίνει και το υγρό θερμαίνεται από τον ατμό. Με την ανταλλαγή της θερμότητας πετυχένουμε τη συμπύκνωση του λιγότερο πτητικού συστατικού από το αέριο και την εξάτμιση του πιο πτητικού συστατικού από το υγρό. Οι ατμοί εμπλουτίζονται και το υγρό αποδυναμώνεται. Στην συνέχεια το υγρό που λαμβάνεται με συμπύκνωση στο συμπυκνωτή χωρίζεται σε δύο μέρη: ένα μέρος τροφοδοτείται πίσω στη στήλη για να παρέχει επαρκές υγρό για επαφή με το αέριο. Αυτό το μέρος ονομάζεται παλινδρόμηση. Το άλλο μέρος είναι το απόσταγμα. Οι ατμοί μπορούν να εξαχθούν και να συμπυκνωθούν σε οποιαδήποτε θέση στη στήλη, παράγοντας αποστάγματα ή κλάσματα διαφορετικών συνθέσεων - εξ ου και η ονομασία "κλασματική απόσταξη".

Βασική εργασία είναι ο σχεδιασμός της καταλληλότερης στήλης απόσταξης ανά περίπτωση, κατά τον σχεδιασμό πρέπει να προσδιορίσουμε τον ακριβή αριθμό των σταδίων επαφής, να επιλέξουμε τους τύπους των πλακών, και να υπολογιστούν οι διαστάσεις της στήλης,

ακόμη πρέπει να μελετηθεί η ανταλλαγή θερμότητας στον συμπυκνωτή, (Petlyuk, 2004, Stichlmair, 1998, Treybal, 1980). Επίσης πρέπει να οριστούν οι συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας, όπως είναι ο ρυθμός ροής, η σύνθεση και οι θερμικές ιδιότητες της τροφοδοσίας, η επιθυμητή σύνθεση του αποστάγματος, και την αναμενόμενη απόδοση. Βασική απαίτηση για το σχεδιασμό είναι η γνώση των δεδομένων ισορροπίας υγρού-ατμού για τα εμπλεκόμενα μείγματα. Η μέθοδος, γνωστή ως η διαδικασία McCabe-Thiele, υποθέτει ότι η γραμμομοριακή θερμότητα εξάτμισης των περισσότερων υγρών που μας ενδιαφέρουν είναι περίπου $40 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ και ότι υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ τους (π.χ., $39,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ για αιθανόλη, $40,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ για νερό) [85-93].

Κεφάλαιο 5

5.1 Πειραματικό Μέρος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα κατασκευαστεί διάταξη η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην βιομηχανία παραγωγής αιθυλικής αλκοόλης που θα έχει ως στόχο τον υπολογισμό της περιεκτικότητας των διαλυμάτων σε αλκοόλη καθ' όλη την διάρκεια της απόσταξης, και θα δίνει σημαντικές πληροφορίες για το πότε θα πρέπει να διακοπή η απόσταξη και πότε ο αποστακτήρας να ανατροφοδοτηθεί νέο μίγμα, με την μέθοδο αυτή θα μπορέσουμε να αυτοματοποιήσουμε την συγκεκριμένη διεργασία.

5.2 Παρασκευή Διαλυμάτων

Για την παρασκευή των διαλυμάτων χρησιμοποιήσαμε αιθυλική αλκοόλη 96% και παρασκευάσαμε αλκοολικά διαλύματα 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%. Τον 100ml.

1. Για το διάλυμα 10% χρησιμοποιήσαμε 10.417 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 89.583 ml H₂O.
2. Για το διάλυμα 20% χρησιμοποιήσαμε 20.833 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 79.167 ml H₂O.
3. Για το διάλυμα 30% χρησιμοποιήσαμε 31.25 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 68.75 ml H₂O.
4. Για το διάλυμα 40% χρησιμοποιήσαμε 41.667 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 58.333 ml H₂O.
5. Για το διάλυμα 50% χρησιμοποιήσαμε 52.083 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 47.917 ml H₂O.
6. Για το διάλυμα 60% χρησιμοποιήσαμε 62.5 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 37.5 ml H₂O.
7. Για το διάλυμα 70% χρησιμοποιήσαμε 72.917 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 27.083 ml H₂O.

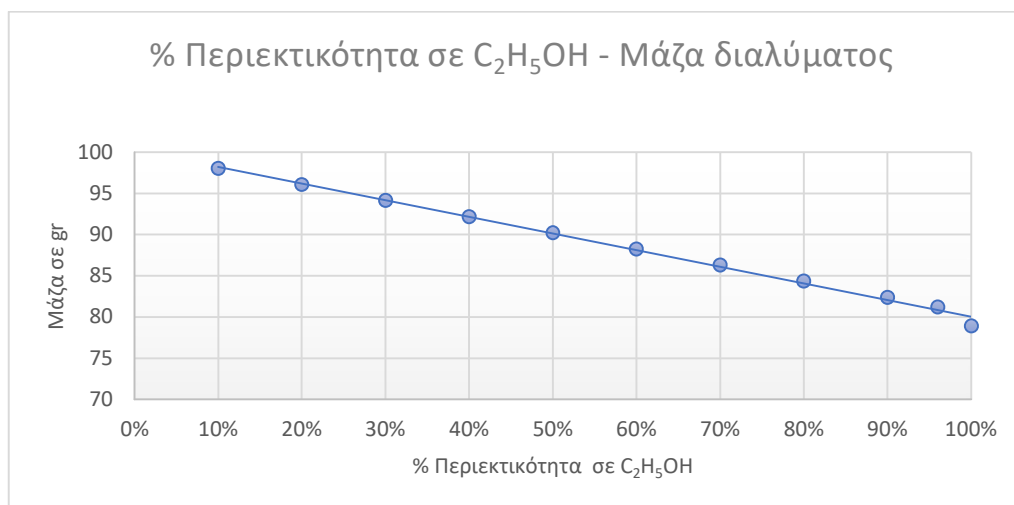
8. Για το διάλυμα 80% χρησιμοποιήσαμε 83.333 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 16.667 ml H₂O.
9. Για το διάλυμα 90% χρησιμοποιήσαμε 93.75 ml αιθυλικής αλκοόλης 96% και 6.25 ml H₂O.

Η πυκνότητα της αιθυλικής αλκοόλης 96% είναι ίση με 0,812 g/cm³ στους 20 °C. Το αντίστοιχο βάρος κάθε διαλύματος θεωρητικά δίνεται από την σχέση

$$M_{ολ} = m_{H_2O} + m_{ΕΤΟΗ}$$

Πίνακας 10: Μετρήση μάζας συναρτήσει του αλκοολικού βαθμού.

Αλκοολικός Βαθμός (%)	Μάζα (gr)
10	98,0416
20	96,0834
30	94,125
40	92,1666
50	90,2084
60	88,25
70	86,2916
80	84,3334
90	82,375
96	81,2
100	78,9

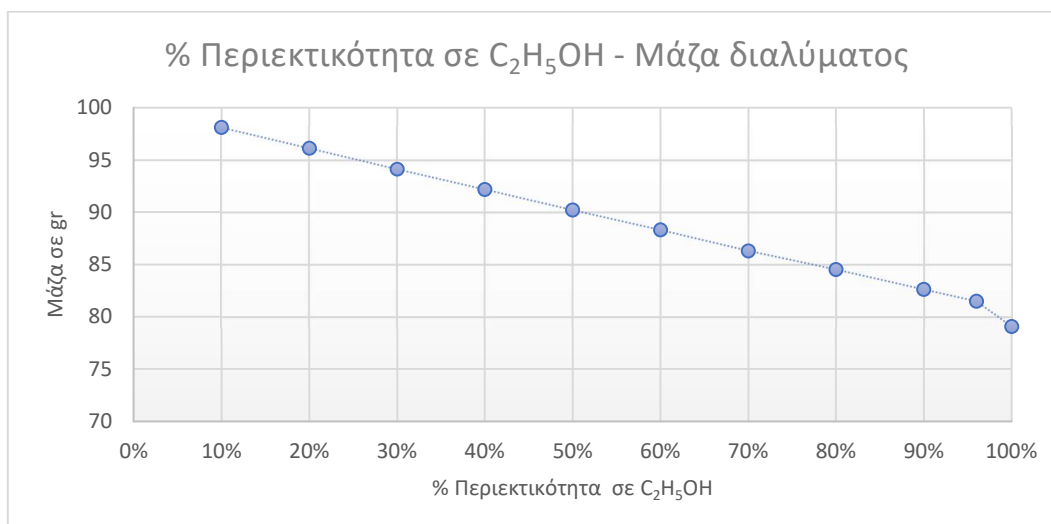


Διάγραμμα 1: % Περιεκτικότητα σε C₂H₅OH - Μάζα διαλύματος θεωρητικές τιμές.

Στην συνέχεια ζυγίστηκαν τα παραπάνω διαλύματα σε ζυγό ακριβείας (Kern EMB 500-1) και πάρθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 11: Μετρήση μάζας συναρτήσει του αλκοολικού βαθμού.

Αλκοολικός Βαθμός (%)	Μάζα (gr)
10	97,1150
20	96,1203
30	93,1400
40	91,1915
50	90,2281
60	88,3016
70	85,3207
80	84,5278
90	82,618
96	81,4810
100	78,0612



Διάγραμμα 2: % Περιεκτικότητα σε C₂H₅OH - Μάζα διαλύματος πειραματικές τιμές.

5.3 Κατασκευή Διάταξης

Σκοπός της εργασίας όπως αναφέραμε είναι η δημιουργία της αυτοματοποιημένης συλλογής δεδομένων, χωρίς την παρουσία ανθρώπων. Στην εργασία χρησιμοποιήσαμε τα παρακάτω υλικά.

- Αισθητήριο βάρους.
- Οθόνη χαρακτήρων LCD 16x2.
- Arduino
- Ενισχυτής Αισθητήρα Φορτίου - HX711.
- Ποτενσιόμετρο για ρύθμιση αντίθεσης της οθόνης.

Με την χρήση των πλακετών και των μικροεπεξεργαστών, και με την κατάλληλη συνδεσμολογία μεταξύ των διάφορων αισθητηρίων και των πλακετών Arduino με την βοήθεια δοκιμαστικών καλωδίων (jumper wires) και δοκιμαστικών πλακετών (breadboard) δημιουργήθηκε η αυτοματοποιημένη πειραματική διάταξη.

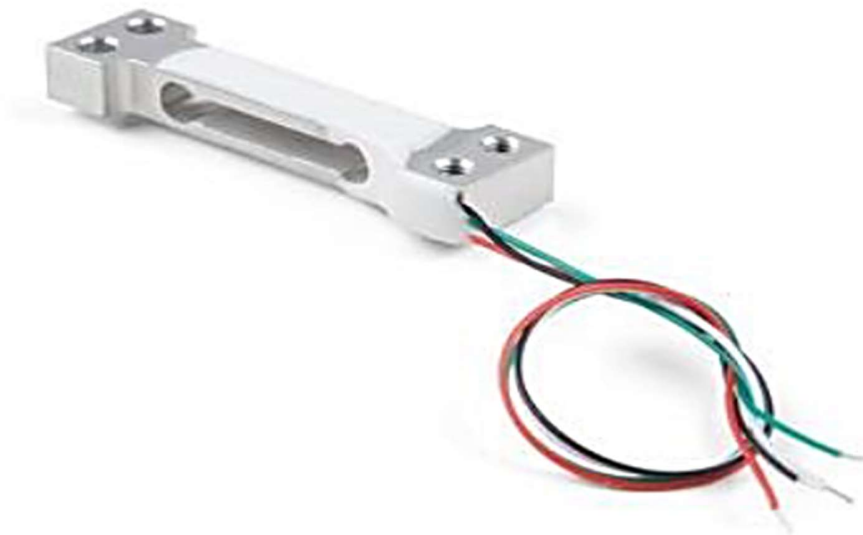
5.4 Κυρίως Μέρη (main constructed parts)

Ζυγαριά: Κατασκευάστηκε από χαρτόνι και συνδέθηκε με αισθητήριο βάρους μέσω βιδών και σιλικόνης, της τάξης των 0.5 kg. Λειτουργία της είναι η ακριβής ζύγιση των φορτίων με ακρίβεια χιλιοστού και βάρους από 0 έως 500 g (maximum load).

5.4.1 Ζυγαριά (Weight Scale)

Για την ζυγαριά χρησιμοποιήθηκαν :

Αισθητήριο βάρους (Μίνι Αισθητήρας Φορτίου - 500g, Ευθεία Μπάρα (TAL221)).



Πίνακας 12: Τεχνικά χαρακτηριστικά TAL221.

<i>Τεχνικά χαρακτηριστικά</i>	
<i>Τύπος Αισθητήρα</i>	Δύναμης
<i>Καθαρό Βάρος</i>	0.001kg
<i>Διασύνδεση</i>	Αναλογική
<i>Πρωτόκολλο Επικοινωνίας</i>	Χωρίς
<i>Επιπλέον χαρακτηριστικά</i>	
<i>Χωρητικότητα Μέτρησης (Capacity)</i>	500g

Υλικό (Material)

Aluminum-Alloy

Τύπος ράβδου

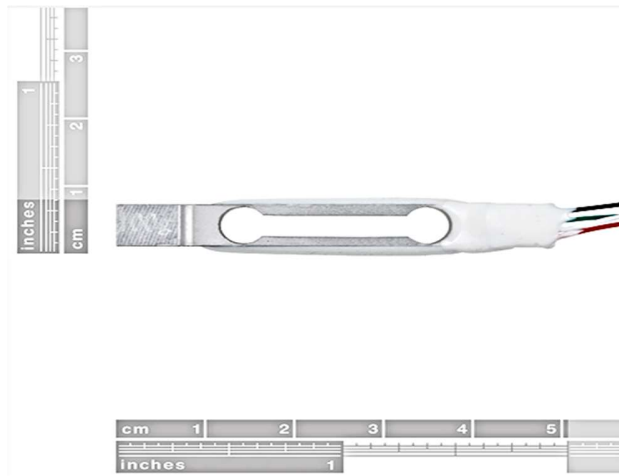
Parallel Beam Type

IP65 Rating

Διαστάσεις

47x12x6mm

Wire: 110mm



Datasheet

TAL221

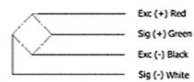
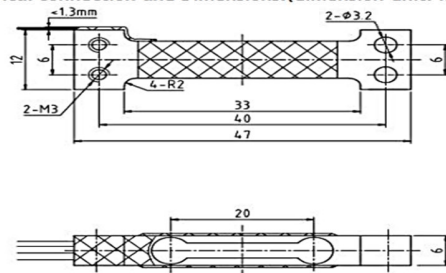
MINIATURE LOAD CELL



Features:

- ◆Capacity : 100-1500g
- ◆Material: aluminum-alloy
- ◆Type: Parallel beam type
- ◆Defend grade: IP65
- ◆Application : body scales, hand scales, kitchen scales, postal scales, fishing scales, baby body scales and other micro electronic weighing systems.

Electrical connection and Dimensions:(dimension unit: mm)



Πινάκας 13: Specification TAL221.

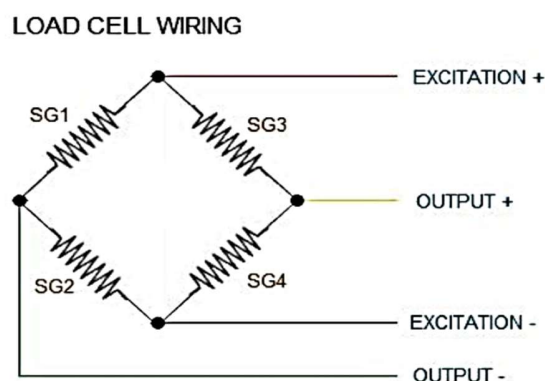
<i>Specification</i>				
<i>capacity</i>	g	100, 150, 20	300,500,750	1000,150
<i>rated output</i>	mV/V	0.6 ± 0.15	0.7 ± 0.15	1.0 ± 0.15
<i>safe overload</i>	%FS		150	
<i>ultimate overload</i>	%FS		200	
<i>excitation voltage</i>	Vdc		≤6	
<i>combined error</i>	%FS		0.05	
<i>zero balance</i>	%FS		± 0.1	
<i>non-linearity</i>	%FS		± 0.05	
<i>hysteresis</i>	%FS		± 0.05	
<i>repeatability</i>	%FS		± 0.05	
<i>creep</i>	%FS/3min		± 0.05	
<i>input resistance</i>	Ω		1090 ± 10	
<i>output resistance</i>	Ω		1000 ± 10	
<i>insulation resistance</i>	M Ω		≥ 2000 @ 50 Vdc	
<i>operating temperature range</i>	°C		-10 ~ +40	
<i>compensated temperature range</i>	°C		-20 ~ +60	
<i>temperature coefficient of SPAN</i>	%FS/10°C		± 0.1	
<i>temperature coefficient of ZERO</i>	%FS/10°C		± 0.1	
<i>Corner correction</i>	%FS		± 0.1	
<i>Electrical connection</i>	cable	4 color wire, Ø 0.6 × 110 mm excitation(+):Red excitation(-):Black signal(+):Green signal(-):White		

5.4.2 Ενισχυτής Αισθητήρα Φορτίου - HX711



Ο ενισχυτής κελιού SparkFun Load είναι ένας μικρός πίνακας ξεμπλοκαρίσματος για το HX711 IC που επιτρέπει να διαβάζουν τα αισθητήρια βάρους (όπως το tal221), εύκολα τις κυψέλες φορτίου για να μετρούν το βάρος. Συνδέοντας τον ενισχυτή στον μικροελεγκτή, μπορούμε να διαβάσουμε τις αλλαγές στην αντίσταση της κυψέλης φορτίου και με κάποια βαθμονόμηση να λάβουμε πολύ ακριβείς μετρήσεις βάρους. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε βιομηχανική κλίμακα, τον έλεγχο της διαδικασίας ή την απλή ανίχνευση παρουσίας.

Γενικά, κάθε κυψέλη φορτίου έχει τέσσερις μετρητές καταπόνησης που είναι συνδεδεμένοι σε έναν σχηματισμό γέφυρας wheatstone όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα25 : Γέφυρας wheatstone του αισθητήρα βάρους.

Συγκεκριμένα για αυτόν τον σκοπό το HX711 εμπεριέχει: Διαχωρισμό αναλογικής και ψηφιακής τροφοδοσίας, επαγωγέα 3.3uH και έναν πυκνωτή φίλτρου 0.1uF για ψηφιακή τροφοδοσία. Το HX711 χρησιμοποιεί μια διεπαφή δύο συρμάτων (ρολόι και δεδομένα) για επικοινωνία. Οι καρφίτσες GPIO του μικροελεγκτή λειτουργούν με την βοήθεια πολλών βιβλιοθηκών που έχουν γραφτεί, διευκολύνοντας την ανάγνωση δεδομένων από το HX711. Τα κυκλώματα φόρτωσης χρησιμοποιούν διαμόρφωση γέφυρας Wheatstone τεσσάρων συρμάτων για σύνδεση με το HX711. Αυτά είναι συνήθως χρωματισμένα RED, BLK, WHT, GRN και YLW. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί στη συμβατική έγχρωμη κωδικοποίηση κυψελών φορτίου:

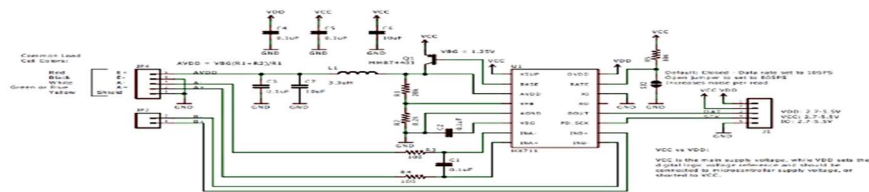
- Red: Τροφοδοσία (Excitation+ or VCC).
- Black: Γείωση (Excitation- or GND).
- White: Ενισχυτής (Amplifier+, Signal+ or Output+).
- Green (A-, S- or O-).
- Yellow: Ασπίδα (Shield)

Πίνακας 14: με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του HX711.

Τεχνικά χαρακτηριστικά


<i>Τύπος Αισθητήρα</i>	Δύναμης
<i>Τυπική Τάση Εισόδου</i>	3.3VDC/5VDC
<i>Ρεύμα Λειτουργίας</i>	1.5mA
<i>Διασύνδεση</i>	Αναλογική/Ψηφιακή
<i>Πρωτόκολλο Επικοινωνίας</i>	Χωρίς
<i>Δυνατότητες</i>	
<i>Τάση λειτουργίας (Operation Voltage)</i>	2.7V–5V
<i>Ρεύμα λειτουργίας (Operation Current)</i>	< 1.5mA
<i>Επιλεγόμενος ρυθμός δεδομένων εξόδου</i>	Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
<i>Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection</i>	

- *Schematic*



Εικόνα 26 : Σχηματικό διαγράμμα HX711.

▪ atasheet



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 – 5.5V
- Operation temperature range: $-40 - +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

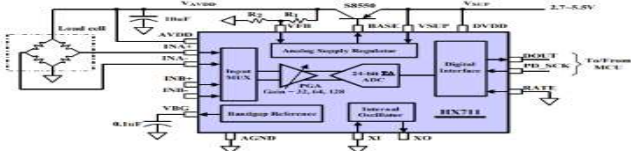


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

5.4.3 Οθόνη LCD (Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (with Headers)):

Οθόνη χαρακτήρων LCD 16x2: Η χρήση της σε συνδυασμό με το αισθητήριο βάρους , καθιστά την οπτική επαφή με την μεταβλητή βάρους του εκάστοτε φορτίου , καθώς το προσωπικό ή ο παρατηρητής γνωρίζει βλέποντας την οθόνη, το βάρους του κάθε προϊόντος που εισέρχεται στην ζυγαριά. Η σειριακή οθόνη LCD μπορεί να διασυνδεθεί πολύ εύκολα με H/Y, μικροελεγκτές ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή μπορεί να στείλει σειριακές εντολές. Η απλή κατασκευή της διεπιφάνειας έχει μόλις 3 pins: 5V, GND και RX. Χρησιμοποιώντας μόνο ένα pin για το μικροελεγκτή, μειώνεται η πολυπλοκότητα και εξοικονομείται χρόνος. Παρέχεται δείγμα κώδικα σε Visual Basic 6 για την επικοινωνία με PC και για τη σύνδεση με δείγματα κώδικα σε WinAVR.



Εικόνα 27 : Οθόνη LCD 16x2.

Πίνακας 15: με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνης LCD.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

<i>Τύπος</i>	Character LCD
<i>Αριθμός Χαρακτήρων</i>	16x2
<i>Χρώματα Οθόνης</i>	Μπλέ
<i>Διασύνδεση</i>	Παράλληλη

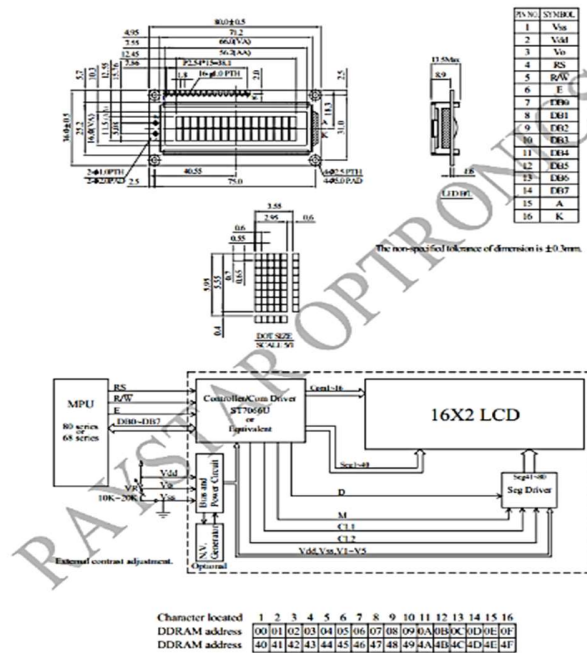
Επιπλέον χαρακτηριστικά

<i>Display type</i>	LCD
<i>Display type</i>	Alphanumeric
<i>Display technology</i>	STN Negative
<i>Illumination</i>	LED
<i>Controller type</i>	ST7066, or equivalent
<i>Backlight color</i>	White
<i>Number of pins</i>	16
<i>Type of pin configuration</i>	1x16

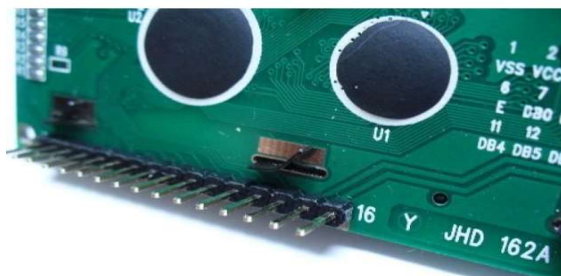
▪ **Διαστάσεις**

- 80 x 36 x 13.2mm
- Window (H x W): 66 x 16mm
- Contacts pitch: 2.54mm

▪ **Schematic**



Σχετικά με τους ακροδέκτες μιας οθόνης LCD

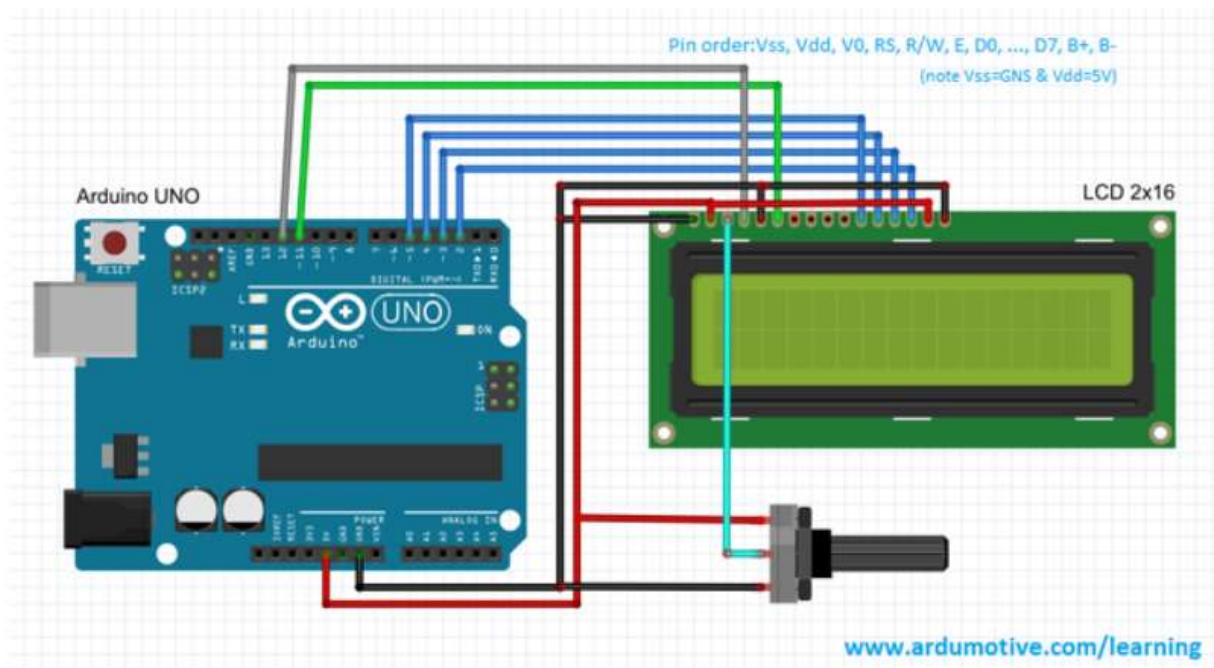


Η παράλληλη συνδεσμολογία διαθέτει τους παρακάτω ακροδέκτες:

- Πηγή/Τροφοδοσία (Vss/Vcc)
- Ρύθμιση αντίθεσης (Vo)
- Register Select (RS)
- Read/Write (R/W)
- Enable pin (EN)

- Ακροδέκτες δεδομένων (D0 -D7)
- Φωτισμός (Bkl+ and Bkl-)

Οι οθόνες που είναι συμβατές με το Hitachi driver μπορούν να οδηγηθούν με δυο λειτουργίες, 4-bit και 8-bit. Η συνδεσμολογία με 4-bit χρησιμοποιεί 7 I/O pins του Arduino ενώ η λειτουργία 8-bit χρησιμοποιεί 11. Για να την εκτύπωση μηνύματος στην οθόνη, χρειαζόμαστε απλά την λειτουργία με τα 4-bit, έτσι σε αυτό το tutorial θα εργαστούμε πάνω σε αυτή.



5.4.4 Ποτενσιόμετρο για ρύθμιση αντίθεσης της οθόνης με τους ψηφιακούς χαρακτήρες της (Potentiometer Linear B10Kohm - D6mm H9mm)



Πίνακας 16:Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Potentiometer Linear B10Kohm - D6mm H9mm.

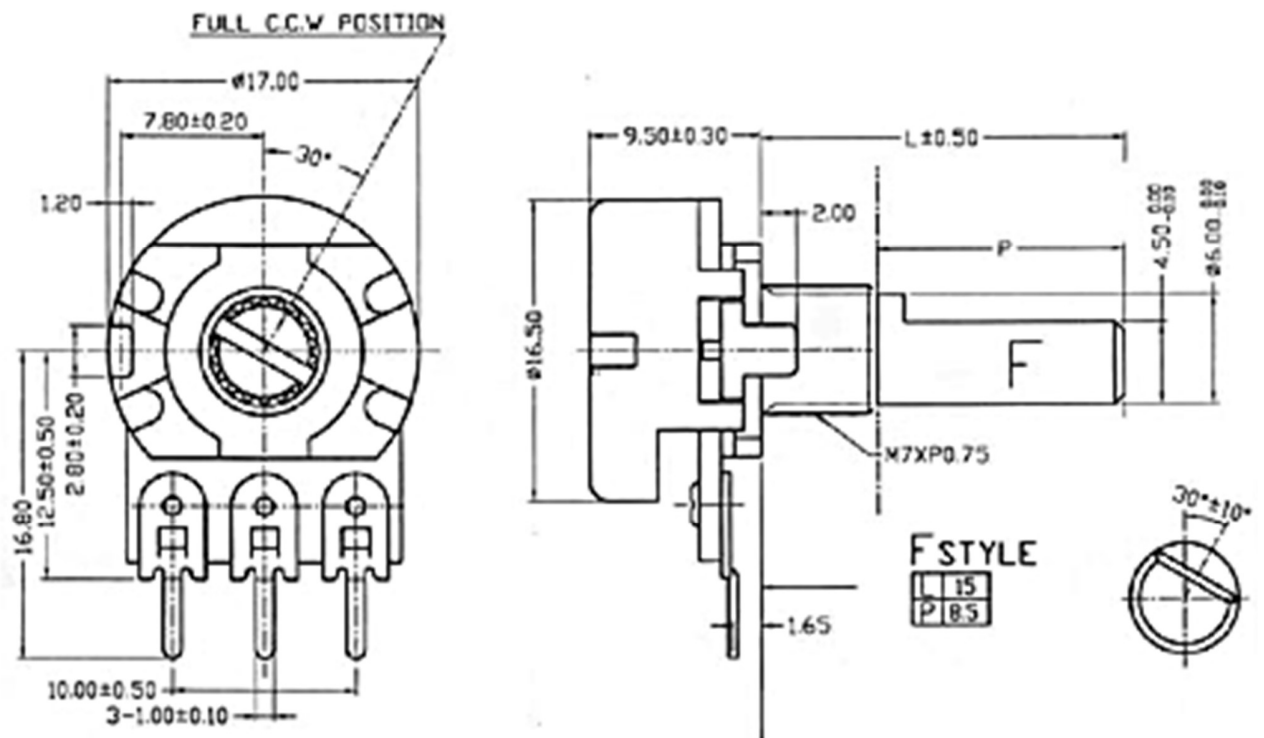
Τεχνικά χαρακτηριστικά

<i>Είδος Ποτενσιόμετρον</i>	Single turn
<i>Τοποθέτηση</i>	THT
<i>Αντίσταση</i>	10KΩ
<i>Power</i>	0.125 - 1/8W
<i>Ανοχή</i>	±20%
<i>Max. Operating Voltage</i>	200Volt

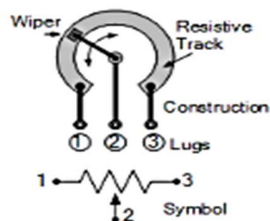
Επιπλέον χαρακτηριστικά

<i>Type of potentiometer</i>	Shaft
<i>Kind of potentiometer</i>	Single turn
<i>Resistance</i>	100kΩ
<i>Tolerance</i>	±20%
<i>Mounting</i>	On cable
<i>Shaft diameter</i>	6mm
<i>Shaft length</i>	9mm
<i>Characteristics</i>	Linear
<i>Body dimensions</i>	Ø17x9.2mm
<i>Thread length</i>	6mm
<i>Body material</i>	Metal
<i>Potentiometer features</i>	Mono
<i>Leads</i>	Solder lugs
<i>Track material</i>	Carbon
<i>Shaft surface</i>	Knurled
<i>Mechanical rotation angle</i>	300°
<i>L shaft length</i>	15mm
<i>Poles number</i>	1
<i>Panel cutout diameterl</i>	7.2mm
<i>Max. operating voltage</i>	200V

- **Schematic**



-Circuit Diagram:



Το διάγραμμα δείχνει τα μέρη που υπάρχουν μέσα σε ένα ποτενσιόμετρο. Έχουμε μια τροχιά αντίστασης της οποίας η πλήρης αντίσταση θα είναι ίση με την ονομαστική τιμή αντίστασης του POT. Όπως υποδηλώνει το σύμβολο, ένα ποτενσιόμετρο δεν είναι παρά μια αντίσταση με ένα μεταβλητό άκρο. Έτσι, οι ακροδέκτες 1 και 2 ή οι ακροδέκτες 2 και 3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη της μεταβλητής αντίστασης και το κουμπί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταβολή της αντίστασης και τον καθορισμό της απαιτούμενης τιμής.

5.5 Βαθμονόμηση load cell και λήψη μετρήσεων

Αρχικά βαθμονομούμε την κυψέλη φόρτωσης χρησιμοποιώντας αντικείμενα γνωστού βάρους και υπολογίζουμε τον συντελεστή βαθμονόμησης. Με την βοήθεια του παρακάτω κώδικα και λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες για τη βαθμονόμηση του κελιού φορτίου υπολογίστηκε ο συντελεστής.

```
// Calibrating the load cell
#include "HX711.h"

// HX711 circuit wiring
const int LOADCELL_DOUT_PIN = 2;
const int LOADCELL_SCK_PIN = 3;

HX711 scale;

void setup() {
  Serial.begin(57600);
  scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
}

void loop() {

  if (scale.is_ready()) {
    scale.set_scale();
    Serial.println("Tare... remove any weights from the scale.");
    delay(5000);
    scale.tare();
    Serial.println("Tare done...");
    Serial.print("Place a known weight on the scale...");
    delay(5000);
    long reading = scale.get_units(10);
    Serial.print("Result: ");
    Serial.println(reading);
  }
  else {
    Serial.println("HX711 not found.");
  }
  delay(1000);
}

//calibration factor will be the (reading)/(known weight)
```

Μετά τη μεταφόρτωση, ανοίξαμε τη σειριακή οθόνη με ρυθμό baud 57600 και, στη συνέχεια, πατήσαμε το κουμπί RESET του Arduino. Ακολουθώντας τις οδηγίες στη σειριακή οθόνη: αφαιρέσαμε τυχόν βάρη από τη ζυγαριά (η ένδειξη βάρους μειώθηκε αυτόματα). Στη συνέχεια, τοποθετήσαμε ένα αντικείμενο

με γνωστό βάρος στη ζυγαριά και περιμέναμε μέχρι να πάρουμε μια τιμή. Τέλος, υπολογίσαμε τον συντελεστή βαθμονόμησης χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\text{calibration factor} = (\text{reading}) / (\text{known weight})$$

Στην περίπτωση μας, η ένδειξη που πήραμε ήταν ίση με -49165. Το βάρος του αντικείμενου με το γνωστό βάρος ήταν 104 και επομένως ο συντελεστή βαθμονόμησης είναι ίσος με -472.74.

```
//Program code for digital weighing scale using Arduino and HX711 with load
cell
#include <Arduino.h>
#include "HX711.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// HX711 circuit wiring
const int LOADCELL_DOUT_PIN = 2;
const int LOADCELL_SCK_PIN = 3;

// define HX711
HX711 scale;
// Create the lcd object address 0x3F and 16 columns x 2 rows
LiquidCrystal_I2C lcd (0x3F, 16,2);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.print( "WEIGHT SCALE" );

#ifdef DEBUG_HX711
  Serial.begin(57600);
  Serial.println("[HX7] Sensor start HX711");
  Serial.println("Initializing the scale");
#endif

  //Initializing sensor
  scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
  // apply the calibration value
  scale.set_scale(-472.741);
  // Initialize the tare
  //Assuming there is no weight on the scale at start up, reset the scale
to 0
  scale.tare();
}

void loop() {

#ifdef DEBUG_HX711
  Serial.print("[HX7] Reading: ");
  Serial.print(scale.get_units(), 2);
  Serial.print(" grams");
  Serial.println();
#endif
  lcd.setCursor (0, 1);
```

```

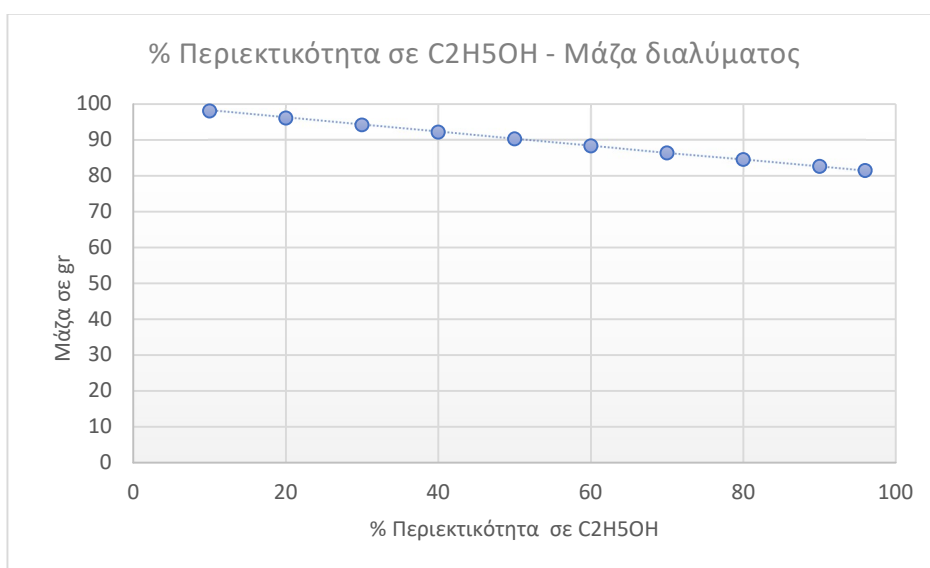
lcd.print( "Reading:" );
lcd.print(scale.get_units(), 2);
lcd.print(" grams");
}

```

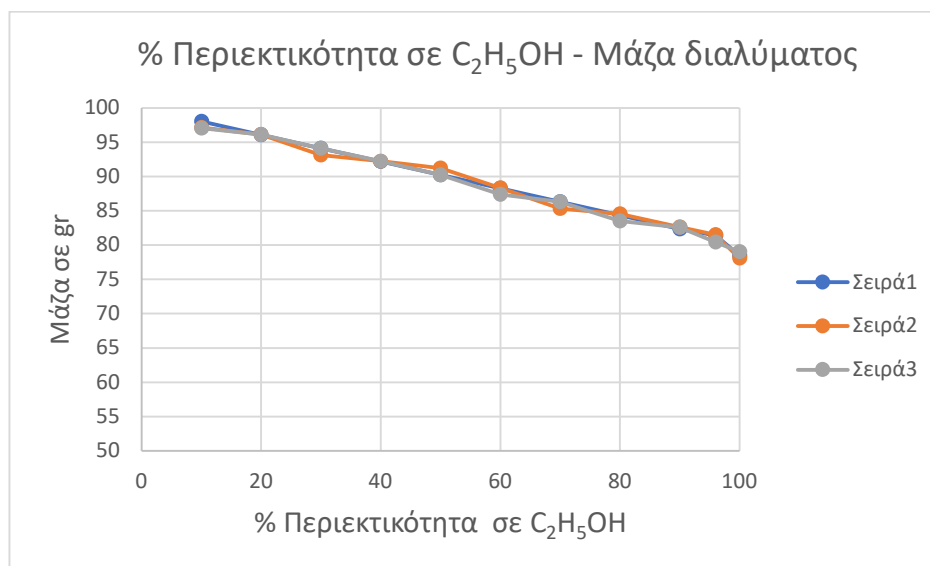
Οι μετρήσεις βάρους σε σχέση με τον αλκοολικό βαθμό των ένυδρων αλκοολικών διαλυμάτων που πήραμε από την διάταξη παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 17:Μετρήση μάζας συναρτήσει του αλκοόλικου βαθμού.

Αλκοολικός Βαθμός (%)	Μάζα (gr)
10	97,050
20	96,10
30	94,1100
40	92,1915
50	90,2021
60	87,3907
70	86,3001
80	83,5118
90	82,600
96	80,4510
100	79,0310



Διάγραμμα 3: Μέτρηση του βάρους των διαλυμάτων με αισθήτηρες.



Διάγραμμα 4: Συγκριτικό διαγραμμα των μεθόδων μέτρησης του βάρους των διαλυμάτων.

Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλάμβανε την κατασκευή ενός ενσωματωμένου συστήματος αισθητήρων για την επόπτευση σε πραγματικό χρόνο μίας διάταξης μέτρησης βάρους και αντιστοίχισης στο εκάστοτε αλκοολικό βαθμό των διαλυμάτων με τη χρήση IoT. Στην συνέχεια, μελετήθηκε ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του συνολικού αυτού συστήματος και αφότου τέθηκε σε λειτουργία για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να ταυτοποιηθεί η έγκυρη απόκριση του συστήματος αποδείχθηκε πως ήταν πλήρως λειτουργικό. Τα αποτελέσματα που λάβαμε ήταν πολύ κοντά στις πειραματικές μας μετρήσεις.

Το σύστημα, λοιπόν, όπως υλοποιήθηκε είναι ιδιαίτερος εύχρηστο, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί και να εγκατασταθεί στην βιομηχανία παραγωγής αιθανόλης. Συνεπώς, με την εγκατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος αυτού, είναι σε θέση να μεταβεί από την χειροκίνητη επόπτευση στον εξολοκλήρου αυτοματισμό για την παραγωγή αιθανόλης. Είναι μια μεγάλη καινοτομία στον χώρο της βιομηχανίας αιθυλικής αλκοόλης. Επίσης, δεδομένου πως μέσω του διαδικτύου όλες οι μετρήσεις στέλνονται απομακρυσμένα στην πλατφόρμα που έχει πρόσβαση ο χρήστης καθόλη την διάρκεια της ημέρας και στέλνει μέσω email ειδοποιήσεις όταν κάποια μέτρηση είναι εκτός ορίων, με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αποφύγουμε τα σφάλματα

που μπορεί να υπάρξουν κατά την διάρκεια της παραγωγής, που χωρίς την ύπαρξη του συγκεκριμένου αυτοματισμού θα γίνονταν αντιληπτό μετά από αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Είναι ένα σύστημα το οποίο είναι εύκολο στη χρήση και πρόκειται για ένα αρκετά οικονομικό σύστημα προσιτό προς εγκατάσταση.

Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επιπλέον, πως για τη λήψη των μετρήσεων δεν απαιτεί ενσύρματη σύνδεση σε υπολογιστή, απαιτείται μόνο η σύνδεση με το email των χρηστών στην πλατφόρμα ασύρματης επικοινωνίας. Επιπροσθέτως, η απόκριση των αισθητήρων είναι γρήγορη χωρίς να απαιτείται αναμονή από την εγκατάσταση μέχρι τη λήψη των πρώτων μετρήσεων. Οι αισθητήρες είναι ανεξάρτητοι κι έτσι στην περίπτωση που κάποιος σταματήσει να λειτουργεί λόγω κάποιου σφάλματος και σταματήσει να λαμβάνει μετρήσεις, το υπόλοιπο σύστημα συνεχίζει να λειτουργεί κανονικά ανεξάρτητα από αυτόν.

Βιβλιογραφία

- [1] [35] “Internet of Things Global Standards Initiative,” ITU. <https://www.itu.int:443/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx> (accessed Jun.25, 2022).
- [2] Towards a definition of the Internet of Things(IoT).” IEEE Internet Initiative, May 27, 2015. [Online].Available:https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf.
- [3] IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey Muhammad Burhan, Rana Asif Rehman ID, Bilal Khan and Byung-Seo Kim, Accepted: 18 August 2018.
- [4] Wireless Communication Technologies in Internet of Things: A Critical Evaluation, Karunarathne, K. A. D. T. Kulawansa, M.F.M. Firdhous, 7 December 2018.
- [5] Dushyant Kumar Singh, Rajeev Sobti, "Wireless Communication Technologies for Internet of Things and Precision Agriculture: A Review", 2021 6th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPPCC), pp.765-769, 2021.
- [6] M. Elkhodr, S. Shahrestani, and H. Cheung, “Emerging wireless technologies in the Internet of Things: A comparative study,” *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, vol. 8, no. 5, pp. 67–82, 2016.
- [7] S. Mukherjee and G. P. Biswas, “Networking for IoT and applications using existing communication technology,” *Egyptian Informatics Journal*, vol. 9, pp. 107–127, 2018.
- [8] L. Garca, J. M. Jimenez, M. Taha, and J. Lloret, “Wireless technologies for IoT in smart cities,” *Network Protocols and Algorithms*, vol. 10, no. 1, pp. 23–66, 2018.
- [9] I. Yaqoob, I. A. T. Hashem, Y. Mehmood, A. Gani, S. Mokhtar, and S. Guizani, “Enabling communication technologies for smart cities,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 1, pp. 1–19, 2017.
- [10] J. S. Lee, Y. W. Su, and C. C. Shen, “A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi,” in *33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Taipei, Taiwan, 2007, pp. 46–51.

- [11] M. R. Mallick, "A comparative study of wireless protocols with Li-Fi technology: A survey," in 43rd IRF International Conference, Chennai, India, 2016, pp. 8–12.
- [12] M. Pareek and S. Buriya, "A study of link layer protocols in IoT," *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 355–359, 2018.
- [13] J. K. Parmar and A. Desai, "IoT: Networking technologies and research challenges," *International Journal of Computer Applications*, vol. 154, no. 7, pp. 1–6, 2016.
- [14] W. Mengdi, "Wireless communication technologies in Internet of Things (IoT)," MSc Thesis, Faculty of Technology, Communication and Systems Engineering, University of Vaasa, Vaasa, Finland, 2017.
- [15] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow, and M. N. Hindia, "An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, pp. 1–17, 2018.
- [16] N. M. Turab, "IoT wireless home automation technologies and their relation to specific absorption rate," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 96, no. 14, pp. 4597–4609, 2018.
- [17] H. Kaur and S. Sharma, "A comparative study of wireless technologies: Zigbee, Bluetooth LE, EnOcean, Wavenis, Insteon and UWB," in *International Conference on Recent Trends In Computing and Communication Engineering*, Hamirpur, India, 2013, pp. 273–276.
- [18] T. Salman and R. Jain, "A survey of protocols and standards for Internet of Things," *Advanced Computing and Communications*, vol. 1, no. 1, pp. 1–20, 2017.
- [19] A. S. Abdul-Qawy, P. P. J. E. Magesh, and T. Srinivasulu, "The Internet of Things (IoT): An overview," *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 5, no. 12, pp. 71–82, 2015.
- [20] P. K. Sharma, Y. S. Jeong, and J. H. Park, "EH-HL: Effective communication model by integrated EH-WSN and hybrid LiFi/WiFi for IoT," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 1719–1726, 2018.

- [21] L. Metongnon and R. Sadre, "Fast and efficient probing of heterogeneous IoT networks," *International Journal of Network Management*, vol. 28, no. 1, pp. 1–19, 2017.
- [22] S. Haseeb, A. H. A. Hashim, O. O. Khalifa, and A. F. Ismail, "Connectivity, interoperability and manageability challenges in Internet of Things," in *International Conference on Electrical and Electronic Engineering*, Johor, Malaysia, 2017, pp. 1–7.
- [23] D. Christin, P. S. Mogre, and M. Hollick, "Survey on wireless sensor network technologies for industrial automation: The security and quality of service perspectives," *Future Internet*, vol. 2, no. 2, pp. 96–125, 2010.
- [24] O. Khutsoane, B. Isong, and A. M. Abu-Mahfouz, "IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN," in *43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Beijing, China, 2017, pp. 6107–6112.
- [25] H. C. Lee and K. H. Ke, "Monitoring of large-area IoT sensors using a Lora wireless mesh network system: Design and evaluation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 67, no. 9, pp. 2177–2187, 2018.
- [26] Z. Li, Z. Chen, J. Zhang, J. Zhu, and N. Xiong, "The evolution of IoT wireless networks for low-rate and real-time applications," *Journal of Internet Technology*, vol. 18, no. 1, pp. 175–188, 2017.
- [27] S. Akter, R. F. Olanrewaju, T. Islam, and Salma, "LiFi based automated shopping assistance application in IoT," in *1st International Conference on Big Data and Cloud Computing*, Kangar, Perlis, Malaysia, 2017, pp. 1–6.
- [28] S. Madakam, R. Ramaswamy and S. Tripathi, "Internet of Things (IoT): A Literature Review", *Journal of Computer and Communications*, vol. 3, pp 164-173, 2015.
- [29] M. Burgers, "What is the Internet of Things?", Available: <http://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot> [Accessed: 07- March - 2018].
- [30] V. Beal, "The Difference between the Internet and World Wide Web", Available: https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Internet/Web_vs_Internet.asp [Accessed: 07- March- 2018].

- [31] El.wikipedia.org, «Iot», https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD [Accessed: 07-March -2018].
- [32] J. Clark, “What is the Internet of Things”, <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/> [Accessed: 08-March- 2018].
- [33] D. Lake, A. Rayes, and M. Morrow, “The Internet of Things - The Internet Protocol Journal”, Cisco, V.15, No.3, <https://www.cisco.com/c/en/us/about/press/internet-protocol-journal/back-issues/table-contents-57/153-internet.html> [Accessed: 08- March- 2018].
- [34] INTEL, “The Internet of Things (IoT) starts with INTEL inside”, INTEL, <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/overview.html>, [Accessed: 25- May- 2018].
- [35] H. Tschofenig, “RFC 7452 - Architectural Considerations in Smart Object Networking”, IAB, ARM Ltd, 2015.
- [36] J. Wan, S. Tang, Q. Hua, D. Li, C. Liu και J. Lloret, “Context-Aware Cloud Robotics for Material Handling in Cognitive Industrial Internet of Things,” IEEE Internet of Things Journal, τόμ. 5, αρ. 4, σσ. 2272–2281, 2018.
- [37] From the Internet of Computers to the Internet of Things <http://vs.inf.ethz.ch/publ/papers/Internet-of-things.pdf>
- [38] Vermesan, Ovidiu και Friess, Peter. Internet of Things Applications. AIOTI WGOIIERC. 2015.
- [39] V. Scilimati, A. Petitti, P. Boccadoro, R. Colella, D. D. Paola, A. Milella και L. A. Grieco, “Industrial Internet of things at work: A case study analysis in robotic-aided environmental monitoring,” IET Wireless Sensor Systems, τόμ. 7, αρ. 5, σσ. 155–162, Ιαν. 2017.
- [40] S. Bohez, T. Verbelen, E. D. Coninck, B. Vankeirsbilck, P. Simoens and B. Dhoedt, “Sensor fusion for robot control through deep reinforcement learning,” 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), σσ. 2365–2370, 201

- [41] Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. The Internet Society (ISOC)
- [42] Mehmood, Y., Ahmad, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., & Guizani, S. (2017). Internet-of-thingsbased smart cities: Recent advances and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55.
- [43] Raza, U., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2017). Low Power Wide Area Networks: An Overview. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- [18] M. M. Hassan, B. Song, and E. Huh, "A framework of sensor-cloud integration opportunities and challenges", in *Proceedings of the 3rd International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, ICUIMC 2009, Suwon, Korea, January 15–16, pp. 618–626, 2009*.
- [44] A. Gluhak, M. Hauswirth, S. Krco, N. Stojanovic, M. Bauer, R. Nielsen, S. Haller, N. Prasad, V. Reynolds, and O. Corcho, "An Architectural Blueprint for a Real-World Internet", in *The Future Internet - Future Internet Assembly 2011: Achievements and Technological Promises, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6656, 1 st Edition, Chapter 3.3 Interaction Styles, 2011*.
- [45] Severi S., Abreu G., Sottile F., Pastrone C., Spirito M., Berens F. (2014). "M2M Technologies: Enablers for a Pervasive Internet of Things". *The European Conference on Networks and Communications*.
- [46] Wang H. (2012). "Enterprise cloud service architectures". *Information Technology and Management*. 13 (4): 445–454.
- [47] Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805
- [48] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito, *The Internet of Things: A survey* (<https://www.cs.mun.ca/courses/cs6910/IoT-Survey-Atzori-2010.pdf>)
- [49] Dave Evans, *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything* (https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)

- [50] Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges, 2017.
- [51] Kang, L., Poslad, S., Wang, W., Li, X., Zhang, Y., & Wang, C. (2016, September). A public transport bus as a flexible mobile smart environment sensing platform for IoT. In 2016 12th International Conference on Intelligent Environments (IE) (pp. 1-8). IEEE.
- [52] Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2012). Internet of things. *International journal of communication systems*, 25(9), 1101.
- [53] Rouse, M. (2014). Internet of Things (IoT). TechTarget. <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>.
- [54] Salisbury, W., Ferratt, T. W., & Wynn, D. (2015). Issues and opinions: Assessing the emphasis on information security in the systems analysis and design course. *Communications of the Association for Information Systems*, 36(1). <http://aisel.aisnet.org/cais/vol36/iss1/18>.
- [55] <https://grobotronics.com/mini-load-cell-500g-straight-bar-tal221.html>.
- [56] McKinsey & Company, “mHealth: A new vision for healthcare”, <http://www.mckinsey.com/Search.aspx?q=mHealth&l=Insights%20%26%20Publications>, 2010.
- [57] Henderson, Catherine, et al., “Cost effectiveness of telehealth for patients with long term conditions (Whole Systems Demonstrator telehealth questionnaire study): nested economic evaluation in a pragmatic, cluster randomized controlled trial,” *BMJ*, vol. 346, 2013.
- [58] Brewster, Liz, Gail Mountain, Bridgette Wessels, Ciara Kelly, and Mark Hawley, “Factors affecting front line staff acceptance of telehealth technologies: a mixed-method systematic review,” *Journal of Advanced Nursing*, 2013.
- [59] Dill, Michael J. and Edward S. Salsberg, “The Complexities of Physician Supply and Demand: Projects Through 2025”, Association of American Medical Colleges (AAMC), 2008.
- [60] Reisinger, Don. “Worldwide smartphone user base hits 1 billion”, Last Update: October 17th 2012, http://news.cnet.com/8301-1035_3-57534132-94/worldwide-smartphone-user-base-hits-1-billion/
- [61] Svensson, Peter. “Smartphone now outsell ‘dumb’ phones”, Last Update: April 29th 2013,

- [62] Topol, Eric, *The Creative Destruction of Medicine: How the Digital Revolution Will Create Better Health Care*. New York: Basic Books, 2012.
- [63] Evans, Dave, “The Internet of Things - How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything”, Cisco, 2011.
- [64] Gosling, Simon N. and Nigel W. Arnell, “A global assessment of the impact of climate change on water scarcity,” *Climatic Change*, pp. 1–15, 2013.
- [65] Harvey, Fiona. Global majority faces water shortages ‘within two generations’, *The Guardian*, <http://www.theguardian.com/environment/2013/may/24/global-majority-water-shortages-two-generations>, 2013.
- [66] Stockdale, Charles B., Michael B. Sauter, and Douglas A. McIntyre. “The Ten Biggest American Cities That Are Running Out Of Water”, Last Update: October 29th 2010,
- [67] <http://247wallst.com/investing/2010/10/29/the-ten-great-american-cities-that-are-dying-of-thirst/> Koch, Wendy. Global warming raises water shortage risks in one-third of U.S. counties, *USA Today*, 2010.
- [68] *The Economist*, “All dried up - Northern China is running out of water, but the government’s remedies are potentially disastrous”, <http://www.economist.com/news/china/21587813-northern-china-running-out-water-governments-remedies-are-potentially-disastrous-all>, 2013.
- [69] Duxfield, Flint. “Irrigation depleting global water stores”, Last Update: July 10th 2013, <http://www.abc.net.au/news/2013-07-10/nrn-dist-global-water-shortages/4811140>
- [70] Waslekar, Sundeep. “Will Water Scarcity Increase Tensions Across Asia”, Last Update: October 1st, 2012, <http://www.forbes.com/2012/01/09/forbes-india-water-wars-across-asia.html>
- [71] Connor, Steve. Water shortage in Dead Sea could increase tensions in Middle East, *The Independent*, <http://www.independent.co.uk/news/science/water-shortages-in-dead-sea-could-increase-tensions-inmiddle-east-6273289.html>, 2013.
- [72] Lederer, Edith M. “UN: Global population to reach 8.1 billion by 2025”, Last Update: June 13th 2013, <http://www.businessweek.com/ap/2013-06-13/un-world-population-to-reach-8-dot-1-billion-in-2025>

- [73]Patrick, Stewart M. “The Coming Global Water Crisis”, Last Update: May 9th 2102, <http://www.theatlantic.com/international/archive/2012/05/the-coming-global-water-risis/256896/>
- [74]WHOd, “Global surveillance, prevention and control of chronic respiratory diseases: a comprehensive approach”, http://www.who.int/gard/publications/GARD_Manual/en/index.html, 2007.
- [75] American Academy of Allergy Asthma & Immunology, “Asthma Statistics”, <http://www.aaaai.org/about-the-aaaai/newsroom/asthma-statistics.aspx>, 2013.
- [76] McAdams, Eric, Claudine Gehin, Bertrand Massot, and James McLaughlin, “The Challenges Facing Wearable Sensor Systems,” in 9th International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health, Porto, 2012, pp. 196–202.
- [77] Banzi, M. (2011). Getting Started with Arduino (2nd Edition). USA: Make:Books(O' Reilly).
- [78] Borchers, J. (2013). Arduino In a Nutshell (v.1.8). Ανακτήθηκε 27/12/2014 από <http://hci.rwth-aachen.de/arduino>.
- [79] McRoberts, M. (2013). Beginning Arduino (2nd Edition). USA: Apress.
- [80] SparkFun Electronics (2012). Introduction to Arduino Educational Material. Ανακτήθηκε 27/12/2014 από https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/learn/materials/1/Arduino_final_handout.pdf
- [81] Arduino Project Handbook 25 Practical Projects to Get You Started, Mark Geddes, 2016.
- [82] The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook John G, Webster.
- [83] Choosing an Ultrasonic Sensor for Proximity or Distance Measurement Donald P. Massa, Massa Products Corp. www.sensormag.com/articles/0399/0399_28/index.htm
- [84] Verdone, R. (Ed.). (2008). Wireless Sensor Networks (Vol. 4913). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-77690-1>
- [85]<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%8C%CE%BB%CE%B5%CF%82>.
- [86]<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%B8%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CE%BB%CE%B7>.

- [87] «Azeotropedatabank,» https://web.archive.org/web/20070424062750/http://eweb.chemeng.ed.ac.uk/chem_eng/azeotrope_bank.html.
- [88] «WhatisBioethanol,» http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/0203/biofuels/what_bioethanol.htm.
- [89] «Wikimedia,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vapor-Liquid_Equilibrium_Mixture_of_Ethanol_and_Water.png.
- [90] M. Ravagnani, M. Reis, R. Maciel Filho και M. Wolf-Macie, «Anhydrous ethanol production by extractive distillation: A solvent case study,» *Process Safety and Environmental Protection*, pp. Vol. 88, p.67-73, 2010.
- [91] Z. Abdel-Rahman, M. Mahmood και A. Ali, «Ethanol-Water Separation by Pressure Swing Adsorption (PSA),» *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, pp. Vol.15, p. 1-7, June 2014.
- [92] P. Pruksathorn και T. Vitidsant, «Production of Pure Ethanol from Azeotropic Solution by Pressure Swing Adsorption,» *American Journal of Engineerign and Applied Sciences*, pp. vol.1, p.1-7, 2009.
- [93] R. Rogers και K. Seddon, *Ionic Liquids*, American Chemical Society, 2002.
- [94] Δ. Τασσιός, *Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική Χημικής Μηχανικής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2001.
- [95] Ethanol, Kenechukwu C. Onyekwelu, Submitted: February 12th, 2018, DOI:10.5772/intechopen.79861.
- [96] Σουφλερός Ηρ. Ευάγγελος, *Οινολογία Επιστήμη και Τεχνογνωσία Α'-Β Τόμος*, Θεσσαλονίκη.
- [97] Σουφλερός Ηρ. Ευάγγελος, *Τεχνογνωσία Οινολογίας και Αποσταγμάτων*, Θεσσαλονίκη.
- [98] Τσακίρης Ν. Αργύρης, *Πρώτες Ύλες Αλκοολούχων Ποτών*, Τ.Ε.Ι Αθήνας.
- [99] *Wine science: principles and applications*. R. S. Jackson Academic Press, New York, 1994, xiii + 474 pp, £77.00 ISBN 0-12-379060-3.
- [100] *Βιολογικά Μακρομόρια*, Στυλιανός Χαμηλάκης 2011.

