



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Internet of Things: Εφαρμογή στον κλάδο της οινοποιίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΞΕΖΩΝΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Επιβλέπων : Ευστάθιος Συκάς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Internet of Things: Εφαρμογή στον κλάδο της οινοποιίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΞΕΖΩΝΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Ευστάθιος Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννα Ρουσσάκη
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Στασινόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

.....
ΞΕΖΩΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

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

Copyright © ΞΕΖΩΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Η παρούσα διπλωματική παρουσιάζει το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων με εφαρμογή στον τομέα της οινοποιίας. Το δίκτυο αποτελείται από τον root node που αποτελεί τον εξυπηρετητή της εφαρμογής και επικοινωνεί με τον κεντρικό κόμβο. Ο κεντρικός κόμβος αναλαμβάνει την μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας του κελαριού. Επίσης, επικοινωνεί με τους αισθητήριους κόμβους του δικτύου που βρίσκονται στα βαρέλια και λαμβάνει μετρήσεις από αυτούς που αφορούν τη θερμοκρασία του οίνου και το επίπεδο του στο βαρέλι. Η επικοινωνία επιτυγχάνεται με το πρωτόκολλο Wi-Fi.

Αρχικά γίνεται αναφορά στον τομέα του Internet of Things, όπου πραγματοποιείται μία εισαγωγή στην έννοια του όρου και παρουσιάζεται η γενική αρχιτεκτονική που διέπει τις εφαρμογές που αναπτύσσονται στα πλαίσιά του. Επίσης καταγράφονται τα πεδία ανάπτυξής του και δίνονται παραδείγματα ήδη υπάρχουσων, αλλά και μελλοντικών εφαρμογών.

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται μία σειρά από εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί στον τομέα της οινοποιίας. Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το στάδιο της οινοποίησης στο οποίο εφαρμόζονται.

Ακολουθεί το κομμάτι που αφορά την ανάπτυξη του δικτύου. Αναλύεται η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU καθώς και οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή των μετρήσεων.

Επίσης, παρουσιάζεται το περιβάλλον ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή. Γίνεται λεπτομερή αναφορά στην λειτουργία των κόμβων του δικτύου, στη συνδεσμολογία των κυκλωμάτων και στον τρόπο επικοινωνίας τους. Τέλος, παρουσιάζεται η ιστοσελίδα στην οποία δημοσιεύονται οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες.

Λέξεις κλειδιά:

Internet of Things, WSN, Οινοποιία, Κελάρι, Βαρέλι, Wi-Fi, αισθητήρες, μικροελεγκτής, NodeMCU, ESP8266, DS18B20, DHT11, HC-SR04, ESPlorer IDE.

Abstract

This diploma thesis presents the design and implementation of a wireless network of sensors with application in the field of winemaking. The network consists of the root node that is the application's server and communicates with the central node. The central node undertakes the measurement of the humidity and temperature of the cellar. It also communicates with the sensor nodes of the network in the barrels and takes measurements of those relating to the temperature of the wine and its level in the barrel. Communication is achieved with the Wi-Fi protocol.

Firstly, we refer to the Internet of Things sector, where an introduction to the term is made and then we present the general architecture that governs the applications developed in the IoT field. We also write down its development fields and give examples of existing, as well as future applications.

Moreover, a series of applications that have been implemented in the field of winemaking are presented. They are categorized according to the winemaking stage to which they apply.

After that is the section of network development. It's analyzed the NodeMCU development board and the sensors used to receive the measurements.

Also, it's presented the development environment used to program the microcontroller. A detailed reference is made to the operation of the network nodes, the circuits' connection and the way they communicate. Finally, it is presented the website in which the measurements taken by the sensors are published.

Key words:

Internet of Things, WSN, Winery, Cellar, Barrel, Wi-Fi, Sensors, Microcontroller, NodeMCU, ESP8266, DS18B20, DHT11, HC-SR04, ESPlorer IDE.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
Κατάλογος Εικόνων.....	12
Κατάλογος Πινάκων.....	13
Κεφάλαιο 1.....	14
Εισαγωγή	14
1.1 Πρόλογος.....	14
1.2 Αντικειμενικός σκοπός.....	14
1.3 Δομή της διπλωματικής.....	14
1.4 Ευχαριστίες.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	16
Internet of Things	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Γενική Αρχιτεκτονική.....	17
2.2.1 Perception Layer.....	18
2.2.2 Network Layer.....	18
2.2.3 Middleware Layer.....	19
2.2.4 Application Layer.....	19
2.2.5 Business Layer.....	19
2.3 Εφαρμογές IoT.....	19
2.3.1 Έξυπνη πόλη.....	20
2.3.2 Έξυπνο σπίτι.....	21
2.3.3 Εφαρμογές στα οχήματα και στις μεταφορές.....	22
2.3.4 Εφαρμογές στη βιομηχανία.....	24
2.3.5 Εφαρμογές στην υγεία.....	25
2.3.6 Περιβαλλοντολογικές Εφαρμογές.....	26
2.3.7 Εφαρμογές στη γεωργία.....	26
2.3.8 Εφαρμογές στην κτηνοτροφία.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	28

Οινοποιία και εφαρμογές	28
3.1 Εισαγωγή.....	28
3.2 Καλλιέργεια αμπελώνα	29
3.3 Αλκοολική ζύμωση.....	31
3.4 Μηλογαλακτική ζύμωση.....	33
3.5 Παλαίωση	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	38
Το Υλικό	38
4.1 Η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMcu	38
4.1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά	39
4.1.2 Pins.....	40
4.1.3 Κατανάλωση ισχύος.....	40
4.1.4 Παράμετροι.....	41
4.1.5 Radio.....	42
4.1.5.1 Κανάλια συχνοτήτων.....	42
4.1.5.2 2.4 GHz δέκτης.....	43
4.1.5.3 2.4 GHz πομπός	43
4.1.6 Power Management.....	43
4.2 Ο αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20	45
4.2.1 Λειτουργία-Μέτρηση θερμοκρασίας	45
4.3 Ο αισθητήρας απόστασης HC-SR04.....	47
4.3.1 Λειτουργία-Μέτρηση απόστασης	48
4.4 Ο αισθητήρας υγρασίας DHT11	49
4.4.1 Διαδικασία επικοινωνίας με μικροελεγκτή.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	53
Υλοποίηση Εφαρμογής	53
5.1 Εισαγωγή.....	53
5.2 Φόρτωση firmware	55
5.3 Περιβάλλον Ανάπτυξης.....	57
5.4 Κόμβος-ρίζα του δικτύου	58
5.4.1 Λειτουργία κόμβου-ρίζα	59
5.4.2 GPIO Control.....	61
5.5 Κεντρικός κόμβος του δικτύου.....	62
5.5.1 Λειτουργία κεντρικού κόμβου.....	63
5.5.2 Συνδεσμολογία κεντρικού κόμβου	66

5.6	Αισθητήριοι κόμβοι μέτρησης παραμέτρων κρασιού	67
5.6.1	Λειτουργία κόμβων μέτρησης	68
5.6.2	Συνδεσμολογία κόμβων μέτρησης.....	70
5.7	Κόστος υλοποίησης	71
5.8	Port forwarding.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	73
	Ιστοσελίδα της εφαρμογής.....	73
Κεφάλαιο 7	78
	Επίλογος	78
7.1	Σύνοψη και συμπεράσματα	78
7.2	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	78
Βιβλιογραφία.....		80

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Έρευνα της Cisco IBSG.....	17
Εικόνα 2: IoT generic architecture.....	18
Εικόνα 3: Smart City	21
Εικόνα 4: Smart House.....	22
Εικόνα 5: Internet of Vehicles.....	23
Εικόνα 6: Smart Health.....	25
Εικόνα 7: Παράδειγμα έξυπνης γεωργίας.....	27
Εικόνα 8: Στάδια ερυθρής οινοποίησης.....	28
Εικόνα 9: Αμπελώνας.....	29
Εικόνα 10: Αισθητήρας εταιρείας SmartVineyard™	30
Εικόνα 11: Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια αλκοολικής ζύμωσης.....	31
Εικόνα 12: Σχέδιο έξυπνου βαρελιού με τους αισθητήρες.....	32
Εικόνα 13: Σχηματική απεικόνιση κατασκευής «Wireless Sensor Bung».....	34
Εικόνα 14: Η εγκατάσταση μέτρησης οξυγόνου στα βαρέλια κρασιού.....	36
Εικόνα 15: NodeMCU.....	38
Εικόνα 16: ESP-12E.....	38
Εικόνα 17: NodeMCU Pins.....	40
Εικόνα 18: Power Management	44
Εικόνα 19: DS18B20	45
Εικόνα 20: 2-byte καταχωρήτης.....	46
Εικόνα 21: : Χάρτης μνήμης DS18B20	47
Εικόνα 22: HC-SR04.....	47
Εικόνα 23: Διάγραμμα χρονισμού HC-SR04.....	49
Εικόνα 24: DHT11.....	49
Εικόνα 25: Επικοινωνία DHT11-μικροελεγκτή	51
Εικόνα 26: Αποστολή σήματος εκκίνησης από το μικροελεγκτή και απάντηση από τον αισθητήρα	51
Εικόνα 27: Αποστολή δεδομένων από το DHT11	52
Εικόνα 28: Τοπολογία δέντρου	53
Εικόνα 29: Τοπολογία δικτύου εφαρμογής.....	54
Εικόνα 30: Esp8266 Flasher	55
Εικόνα 31: Φόρτωση firmware	56
Εικόνα 32: Διαδικασία φορτώματος.....	56
Εικόνα 33: ESPlorer IDE.....	57
Εικόνα 34: Αποτυχία εύρεσης αρχείου init.lua	58
Εικόνα 35: Κατάσταση μνήμης κεντρικού κόμβου	59
Εικόνα 36: WiFi Connection Status.....	60
Εικόνα 37: Http Request	60
Εικόνα 38: Central Node-Root Node communication.....	61
Εικόνα 39: Leds αναπτυξιακής πλακέτας	62

Εικόνα 40: Ο κεντρικός κόμβος συνδεδεμένος σε breadboard	63
Εικόνα 41: Κατάσταση μνήμης κεντρικού κόμβου	64
Εικόνα 42: First measurements	65
Εικόνα 43: Central node communication example	65
Εικόνα 44: Συνδεσμολογία κεντρικού κόμβου.....	66
Εικόνα 45: Κόμβος μέτρησης συνδεδεμένος στο breadboard	67
Εικόνα 46: Κατάσταση μνήμης ενός από τους κόμβους μέτρησης.....	68
Εικόνα 47: Παράδειγμα αποστολής μετρήσεων.....	69
Εικόνα 48: Συνδεσμολογία κόμβων μέτρησης	70
Εικόνα 49: Αρχική σελίδα εφαρμογής.....	73
Εικόνα 50: Παράμετροι κελαριού.....	74
Εικόνα 51: Παράμετροι βαρελιού 1	75
Εικόνα 52: Παράμετροι βαρελιού 2	75
Εικόνα 53: Αποτυχία αποστολής δεδομένων	76
Εικόνα 54: Αποτυχία επικοινωνίας Central node-Root node.....	77

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κατανάλωση Ισχύος	41
Πίνακας 2: Παράμετροι αναπτυξιακής πλακέτας Nodemcu	42
Πίνακας 3: Κανάλια συχνοτήτων	43
Πίνακας 4: Ανάγνωση θερμοκρασίας	46
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά DHT11	50
Πίνακας 6: Κόστος εξαρτημάτων	71

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος

Η έννοια του IoT έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια και αφορά τη σύνδεση «αντικειμένων» στο διαδίκτυο. Τα αντικείμενα μπορούν να ανιχνεύονται ή να ελέγχονται απομακρυσμένα, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα βασισμένα σε υπολογιστή, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της ακρίβειας και του οικονομικού οφέλους εκτός από τη μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση. Με την έλευση του τομέα IoT δημιουργήθηκαν νέες προκλήσεις σε επίπεδο τεχνολογικών εφαρμογών. Αφορά ένα ευρύ φάσμα, που απευθύνεται σε κάθε πολίτη ατομικά αλλά και σε κάθε επιχείριση που ενδιαφέρεται να εισέλθει δυναμικά στην νέα αυτή πραγματικότητα που υπόσχεται πολλαπλά οφέλη.

1.2 Αντικειμενικός σκοπός

Στα πλαίσια της πρακτικής εφαρμογής του IoT, σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η υλοποίηση ενός δικτύου αισθητήρων που αφορά τον κλάδο της οινοποιίας. Στόχος μας είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος, μέσω ιστοσελίδας, των παραμέτρων του οίνου που διατηρείται σε βαρέλι (θερμοκρασία, επίπεδο) καθώς και της υγρασίας και της θερμοκρασίας που αφορούν το χώρο του κελαριού.

1.3 Δομή της διπλωματικής

Η εργασία αποτελείται από επτά κεφάλαια. Πιο συγκεκριμένα, στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται μία εισαγωγή στον τομέα του Internet of Things. Παρουσιάζεται γενικά η αρχιτεκτονική του και αναλύονται με παραδείγματα κάποια πεδία εφαρμογών του. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια της οινοποίησης. Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της εφαρμογής. Γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών της αναπτυξιακής πλακέτας NodeMCU καθώς και των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν. Εν συνεχεία, στο πέμπτο κεφάλαιο

γίνεται μία εκτενής παρουσίαση της μεθόδου υλοποίησης της εφαρμογής. Γίνεται αναφορά στην τοπολογία του δικτύου, στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε, στην συνδεσμολογία των κυκλωμάτων και στον τρόπο επικοινωνίας των κόμβων του δικτύου. Το έκτο κεφάλαιο αφορά την ιστοσελίδα της εφαρμογής, όπου παρουσιάζεται η λειτουργία της και η εικόνα της από πλευράς χρήστη. Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο καταγράφονται παρατηρήσεις και συμπεράσματα καθώς και οι μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής.

1.4 Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον καθηγητή μου κ. Συκά και τον υποψήφιο διδάκτορα κ.Κοτοπούλη που μου εμπιστεύτηκαν αυτή την εργασία. Η παροχή πολύτιμων συμβουλών και γενικότερα η άριστη συνεργασία που είχαμε έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ολοκλήρωση της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου για την ενθάρρυνση, τη συμπαράσταση και τη στήριξή τους κατά τη διάρκεια όλων αυτών των χρόνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Internet of Things

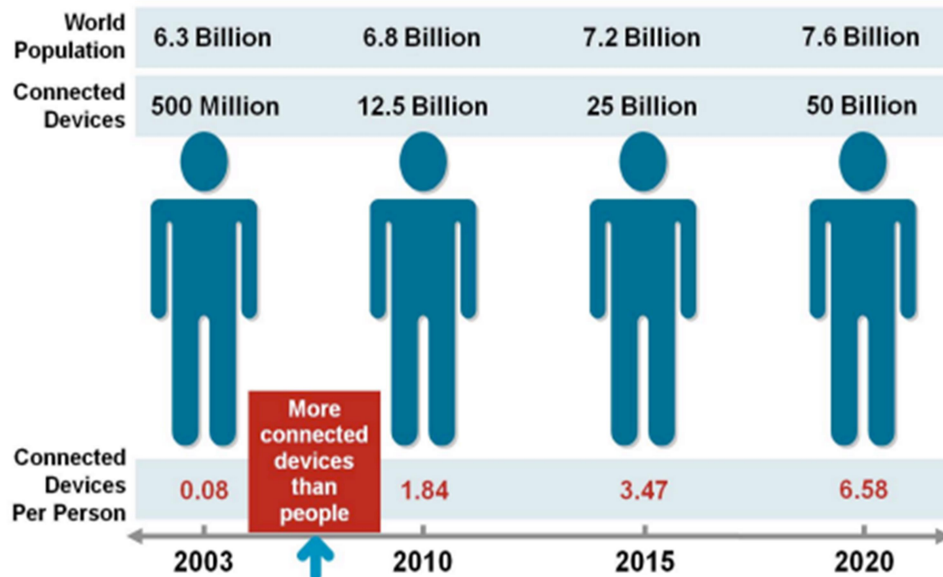
2.1 Εισαγωγή

Το Internet of Things (IoT) αναφέρεται σε ένα δίκτυο αντικειμένων οποιασδήποτε φύσης, τα οποία ενσωματώνουν ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικά, αισθητήρες και διαδικτυακή δυνατότητα σύνδεσης, που τους δίνει τη δυνατότητα να συλλέγουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες, να μπορούν να ανιχνευτούν αλλά και να επικοινωνούν μεταξύ τους και με άλλες υπηρεσίες μέσω του Παγκόσμιου Ιστού. Σε αυτό το πλαίσιο, οι προκλήσεις που δημιουργούνται για έναν νέο, πιο «έξυπνο» κόσμο είναι μεγάλες. Το «Διαδίκτυο των πραγμάτων» έχει ως στόχο να δημιουργήσει έναν κόσμο στον οποίο το πραγματικό, το ψηφιακό και το εικονικό συγκλίνουν για να δημιουργήσουν υπηρεσίες που θα κάνουν έξυπνες τις πόλεις, τα οχήματα τα σπίτια και θα βοηθήσουν σε πολλούς τομείς τη ζωή του ανθρώπου αλλά και των επιχειρήσεων. Αν πρόκειται για άτομα τότε τα αποτελέσματα μπορούν να είναι άμεσα στην εργασιακή αλλά και οικιακή ζωή και πιο συγκεκριμένα σε τομείς όπως είναι η υγεία, η κοινωνική ζωή, η επικοινωνία και η μάθηση. Από την οπτική γωνία του κόσμου των επιχειρήσεων, οι τομείς που επηρεάζονται είναι η βιομηχανική παραγωγή, η διαχείριση των επιχειρησιακών διαδικασιών όπως και η έξυπνη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών. Έτσι μελλοντικά μπορεί να είναι ένας από τους παράγοντες που μπορεί να συνεισφέρει στην οικονομική ανάπτυξη των χωρών

Ο όρος «Internet of Things» επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. Ο Ashton, ο οποίος είναι ένας από τους ιδρυτές του Auto-ID Center στο MIT, ήταν μέρος μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το διαδίκτυο μέσω μιας ετικέτας RFID. Έχει δηλώσει ότι χρησιμοποίησε πρώτη φορά τη φράση “Internet of Things” σε μια παρουσίαση που έκανε το 1999 και ο όρος αυτός έχει παραμείνει από τότε.

Σύμφωνα με την Cisco IBSG το Internet of Things «γεννήθηκε» τα έτη 2008-2009 όταν και είχαμε εκρηκτική αύξηση στον αριθμό των συσκευών με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, το έτος 2003 με πληθυσμό 6.3 δισεκατομμύρια είχαμε 500 εκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές. Το έτος 2010 ο πληθυσμός της γης αυξήθηκε σε 6.8 δισεκατομμύρια και οι συνδεδεμένες

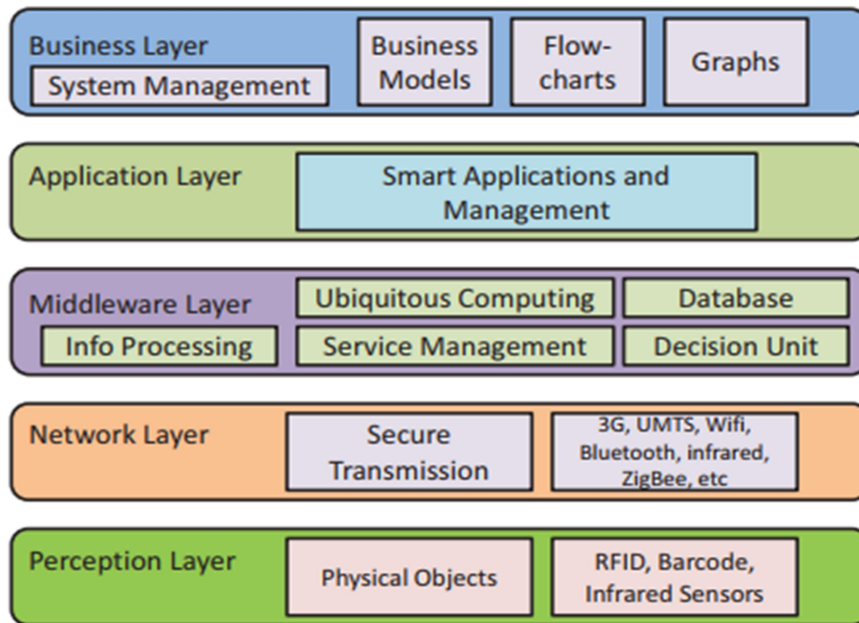
συσκευές σε 12.5 δισεκατομμύρια που σημαίνει ότι αναλογούσαν 1.84 συσκευές στον κάθε άνθρωπο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις της ίδιας εταιρείας το 2020 θα έχουμε 50 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες στο διαδίκτυο συσκευές. Παρακάτω δίνεται η εικόνα που αποτυπώνει τα παραπάνω στοιχεία.



Εικόνα 1: Έρευνα της Cisco IBSG

2.2 Γενική Αρχιτεκτονική

Το σημερινό Internet χρησιμοποιεί στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP για επικοινωνία μεταξύ κεντρικών υπολογιστών δικτύου που προτάθηκε πολύ καιρό πριν. Ωστόσο, το IoT συνδέει δισεκατομμύρια αντικείμενα γεγονός που θα δημιουργήσει πολύ μεγαλύτερη κίνηση και κατά συνέπεια απαιτούνται πολλά περισσότερα δεδομένα για αποθήκευση. Επίσης, το IoT θα αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις που σχετίζονται ειδικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την ασφάλεια. Έτσι, η νέα προτεινόμενη αρχιτεκτονική για το IoT πρέπει να αντιμετωπίσει πολλούς παράγοντες όπως η κλιμάκωση, η διαλειτουργικότητα, η αξιοπιστία, η QoS κ.λπ. Συνδέει τα πάντα και όλους για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους με αποτέλεσμα η κίνηση και τα αποθηκευμένα δεδομένα στο δίκτυο να αυξάνονται επίσης με εκθετικό τρόπο. Έτσι, η ανάπτυξη του IoT εξαρτάται από την τεχνολογική πρόοδο και το σχεδιασμό διαφόρων νέων εφαρμογών και επιχειρηματικών μοντέλων. Γενικά η δομή του IoT χωρίζεται σε 5 επίπεδα όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2: IoT generic architecture

2.2.1 Perception Layer

Το επίπεδο perception είναι επίσης γνωστό ως «επίπεδο συσκευής». Αποτελείται από τα φυσικά αντικείμενα και συσκευές αισθητήρων. Οι αισθητήρες μπορούν να είναι RFID, 2D-barcode, ή αισθητήρες υπερύθρων ανάλογα με την μέθοδο αναγνώρισης αντικειμένων. Αυτό το στρώμα κατά βάση ασχολείται με την ταυτοποίηση και τη συλλογή συγκεκριμένων πληροφοριών από τις συσκευές αισθητήρων. Ανάλογα με τον τύπο των αισθητήρων, οι πληροφορίες μπορούν να αφορούν τοποθεσία, θερμοκρασία, προσανατολισμό, κίνηση, δόνηση, επιτάχυνση, υγρασία, χημικές μεταβολές του αέρα κλπ. Οι πληροφορίες που συλλέγονται μεταβιβάζονται στο επόμενο επίπεδο που είναι το επίπεδο δικτύου (Network Layer).

2.2.2 Network Layer

Το συγκεκριμένο επίπεδο μπορεί εναλλακτικά να ονομαστεί και «επίπεδο μετάδοσης». Αυτό το επίπεδο αναλαμβάνει το ρόλο της ασφαλούς μεταφοράς των δεδομένων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες στο σύστημα επεξεργασίας πληροφορίας που βρίσκεται στο αμέσως επόμενο επίπεδο. Το μέσο μετάδοσης μπορεί να είναι είτε ενσύρματο είτε ασύρματο και η τεχνολογία μπορεί να είναι 3G, UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, υπέρυθρο, ZigBee, κ.λπ. ανάλογα με

τις συσκευές αισθητήρων. Κατά συνέπεια, το επίπεδο δικτύου μεταφέρει τις πληροφορίες από το επίπεδο Perception στο Middleware.

2.2.3 Middleware Layer

Οι συσκευές του IoT εφαρμόζουν διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών. Κάθε συσκευή συνδέεται και επικοινωνεί μόνο με τις άλλες συσκευές που εφαρμόζουν τον ίδιο τύπο υπηρεσίας. Αυτό το στρώμα είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση υπηρεσιών και τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων. Λαμβάνει τις πληροφορίες από το επίπεδο δικτύου και τις αποθηκεύει στη βάση δεδομένων. Εκτελεί επεξεργασία πληροφοριών και ενδέχεται να λαμβάνει αυτόματες αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα.

2.2.4 Application Layer

Αυτό το επίπεδο παρέχει παγκόσμια διαχείριση της εφαρμογής με βάση τις πληροφορίες των συνδεδεμένων αντικειμένων που έχουν ληφθεί από το προηγούμενο επίπεδο. Οι εφαρμογές που υλοποιούνται ποικίλουν και ανήκουν σε ένα ευρύ φάσμα. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά διάφορες κατηγορίες εφαρμογών IoT.

2.2.5 Business Layer

Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του συνολικού συστήματος IoT, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών και των υπηρεσιών. Χτίζει επιχειρηματικά μοντέλα, γραφήματα, διαγράμματα ροής κ.λπ., με βάση τα δεδομένα που ελήφθησαν από το στρώμα εφαρμογής. Η πραγματική επιτυχία του IoT επίσης εξαρτάται από τα καλά επιχειρηματικά μοντέλα. Βασισμένο στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, αυτό το επίπεδο συμβάλλει στον προσδιορισμό των μελλοντικών δράσεων και επιχειρηματικών στρατηγικών.

2.3 Εφαρμογές IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να βρει τις εφαρμογές του σχεδόν σε κάθε πτυχή της καθημερινής μας ζωής. Με την τεχνολογία ολοένα να αναπτύσσεται είναι αδύνατον να ληφθούν υπόψιν όλες οι πιθανές εφαρμογές του IoT. Οι τομείς που μπορεί να επηρεάσει απλώνονται σε ένα ευρύ φάσμα έχοντας άμεσο

αντίκτυπο στην ζωή του ανθρώπου. Η κατηγοριοποίηση των εφαρμογών του IoT θα γίνει με βάση τους τομείς που εισήλθε ή πρόκειται να εισέλθει μελλοντικά. Με την ραγδαία αύξηση των συνδεδεμένων συσκευών που παρουσιάστηκε και προηγουμένως, η τεχνολογία του IoT έχει ως στόχο να βελτιώσει την υπάρχουσα τεχνολογία σε τομείς που ήδη στηρίζονται σε αυτήν, όπως οι βιομηχανίες ή η αυτοκίνηση, αλλά και να επιδράσει σε αχαρτογράφητα μέχρι τώρα νερά, όπως η γεωργική παραγωγή για παράδειγμα. Παρακάτω παρατίθενται τομείς στους οποίους έχουν υλοποιηθεί ή βρίσκονται υπό διερεύνηση διάφορες τέτοιες εφαρμογές.

2.3.1 Έξυπνη πόλη

Μια έξυπνη πόλη ορίζεται ως μια πόλη που παρακολουθεί και ενσωματώνει τις συνθήκες όλων των κρίσιμων υποδομών της, συμπεριλαμβανομένων των οδών, των γεφυρών, των σιδηροδρόμων/μετρό, αεροδρομίων, λιμανιών, του συστήματος ύδρευσης, παροχής ενέργειας και να βελτιστοποιήσει καλύτερα τους πόρους της, να σχεδιάσει την συντήρησή τους ενώ ταυτόχρονα μεγιστοποιεί τις υπηρεσίες των πολιτών της. Οι κυβερνήσεις αν αποφασίσουν να εκμεταλευτούν τις δυνατότητες που προσφέρει το IoT τότε θα μπορούν να παρέχουν στους πολίτες τους ποιοτικές υπηρεσίες που αποσκοπούν στην ασφάλεια τους καθώς και στην απλούστευση της καθημερινότητάς τους. Παρακάτω δίνονται ενδεικτικά παραδείγματα.

- **Έξυπνος χώρος στάθμευσης**

Παρακολούθηση της διαθεσιμότητας χώρων στάθμευσης στην πόλη.

- **Παρακολούθηση κτηριακών εγκαταστάσεων**

Έλεγχος για τυχόν κραδασμούς και παρακολούθηση της κατάστασης των υλικών σε κτίρια, γέφυρες και ιστορικά μνημεία.

- **Χάρτες θορύβου**

Παρακολούθηση ήχου σε περιοχές μπαρ και κεντρικές ζώνες σε πραγματικό χρόνο.

- **Ανίχνευση Smartphone**

Εντοπισμός συσκευών iPhone και Android και γενικά οποιασδήποτε συσκευής που λειτουργεί με διασυνδέσεις Wi-Fi ή Bluetooth.

- **Κυκλοφοριακή συμφόρηση**

Παρακολούθηση οχημάτων και πεζών για βελτιστοποίηση του κυκλοφοριακού συστήματος.

- **Έξυπνος φωτισμός**

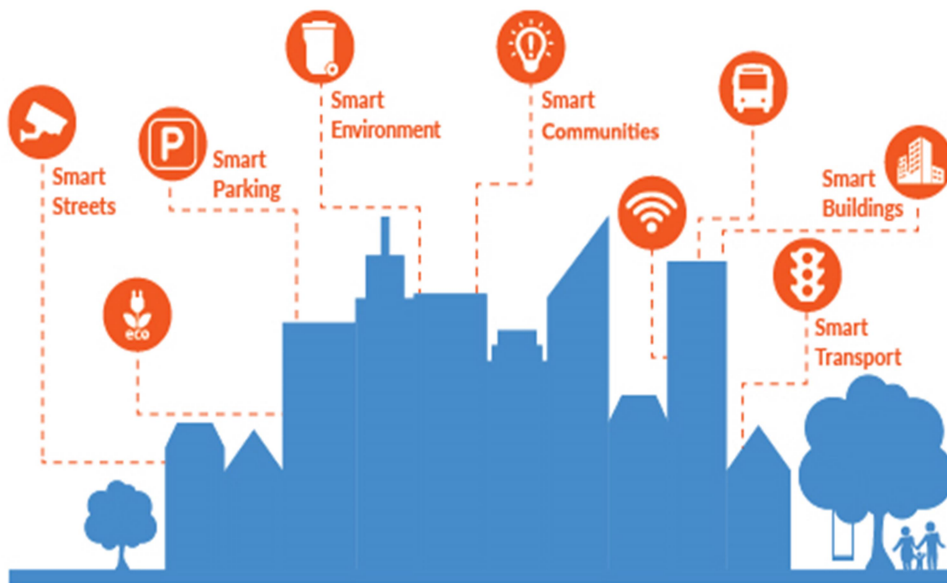
Ευφυής και προσαρμοστικός, με τις καιρικές συνθήκες, φωτισμός στα φώτα του δρόμου που θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση πολύτιμης ενέργειας.

- **Διαχείριση των αποβλήτων**

Ανίχνευση των ποσοτήτων σκουπιδιών σε κάδους για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών συλλογής απορριμμάτων.

- **Έξυπνοι δρόμοι**

Ευφυείς αυτοκινητόδρομοι με προειδοποιητικά μηνύματα και ανακατευθύνσεις ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και απροσδόκητα γεγονότα, όπως ατυχήματα ή κυκλοφοριακή συμφόρηση.



Εικόνα 3: Smart City

2.3.2 Έξυπνο σπίτι

Η άνοδος του ρόλου του Wi-Fi στον αυτοματισμό του σπιτιού οφείλεται κατά κύριο λόγο στη δικτυωμένη φύση των εφαρμοζόμενων ηλεκτρονικών συσκευών, όπου οι ηλεκτρονικές συσκευές (τηλεοράσεις, ψυγεία, κλιματιστικά, κινητές συσκευές κ.λπ.) έχουν αρχίσει να γίνονται μέρος του οικιακού δικτύου IP και λόγω του αυξανόμενου ρυθμού υιοθέτησης της κινητών υπολογιστικών συσκευών όπως για παράδειγμα smartphone και tablet. Αρκετές επιχειρήσεις εργάζονται για να εξοπλίσουν τα σπίτια με τεχνολογία που επιτρέπει στους ιδιοκτήτες να χρησιμοποιούν μία μόνο συσκευή για τον έλεγχο όλων των ηλεκτρονικών συσκευών. Οι λύσεις επικεντρώνονται κυρίως στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος, στη διαχείριση ενέργειας και γενικά στην παροχή περαιτέρω άνεσης και ασφάλειας. Βασίζονται σε πλατφόρμες που χρησιμοποιούν ένα δίκτυο ευφώνων αισθητήρων και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του σπιτιού.



Εικόνα 4: Smart House

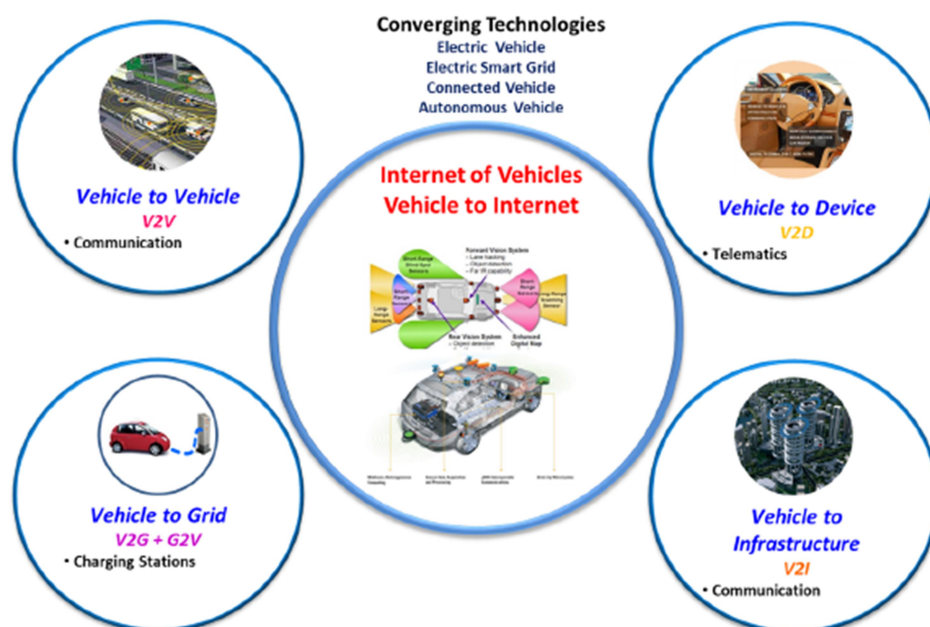
Κάποιες βασικές λειτουργίες του έξυπνου σπιτιού που μπορούμε να ελέγχουμε παρουσιάζονται παρακάτω.

- Απομακρυσμένος έλεγχος θερμοσίφωνα.
- Άναμμα και σβήσιμο λαμπτήρων φωτισμού, κάτι που θα συμβάλλει στον περιορισμό της άσκοπης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Άναμμα και σβήσιμο του καλοριφέρ και κλιματιστικού που σε συνδιασμό με αισθητήρες θερμοκρασίας εξασφαλίζουν την ιδανική θερμοκρασία στο σπίτι.
- Έλεγχος ηλεκτροβάνας κεντρικής παροχής νερού.
- Έλεγχος ποτίσματος κήπου συνδιασμένος με αισθητήρες υγρασίας εδάφους για βέλτιστα και οικονομικά αποτελέσματα.
- Έλεγχος ασφάλειας οικίας μέσω αισθητήρων κίνησης, απομακρυσμένος έλεγχος συναγερμού.
- Ανέβασμα και κατέβασμα ηλεκτρικών ρολών και τεντών.

2.3.3 Εφαρμογές στα οχήματα και στις μεταφορές

Η σύνδεση των οχημάτων με το διαδίκτυο δημιουργεί πληθώρα νέων δυνατοτήτων και εφαρμογές που φέρνουν νέες λειτουργίες που αποσκοπούν

στην ευκολότερη και ασφαλέστερη μεταφορά. Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια του Internet of Vehicle (IoV) που συνδέεται με την έννοια του Internet of Energy (IoE) αντιπροσωπεύουν τις μελλοντικές τάσεις για έξυπνες μεταφορές και ανάπτυξη νέων εφαρμογών προσκείμενων σε αυτόν τον τομέα.



Εικόνα 5: Internet of Vehicles

Όταν μιλάμε για το IoT στα πλαίσια της αυτοκινητοβιομηχανίας και της τηλεματικής αναφερόμαστε σε μία πληθώρα σεναρίων εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν.

- **Το IoT ως εγγενές τμήμα του συστήματος ελέγχου και διαχείρισης του οχήματος:** Ήδη σήμερα ορισμένες τεχνικές λειτουργίες των οχημάτων μπορούν να παρακολουθούνται σε απευθείας σύνδεση από το κέντρο εξυπηρέτησης για την προληπτική συντήρηση, την απομακρυσμένη διάγνωση, την έγκαιρη υποστήριξη και διαθεσιμότητα ανταλλακτικών. Για το σκοπό αυτό, δεδομένα από αισθητήρες συλλέγονται από μια έξυπνη μονάδα εγκατεστημένη στο όχημα που επικοινωνεί μέσω του διαδικτύου με το κέντρο εξυπηρέτησης. Κάτι τέτοιο βοηθάει τον οδηγό αλλά και την εταιρεία που αναλαμβάνει την παρακολούθηση και επισκευή των οχημάτων, καθώς γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την τρέχουσα κατάσταση των οχημάτων της και μπορεί ευκολότερα να μοιράσει αρμοδιότητες και να οργανώσει τις παραγγελίες ανταλλακτικών και άλλων προμηθειών.
- **Το IoT ως μέσο ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας:** Τα αυτοκίνητα πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να οργανώνονται για να

αποφεύγουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να εξοικονομείται όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον συντονισμό και την άρρηκτη συνεργασία με το σύστημα ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας, μίας έξυπνης πόλης (V2I). Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο αυξάνονται τα επίπεδα ασφάλειας της κυκλοφορίας, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του αριθμού των τροχαίων ατυχημάτων.

- **Το IoT επιτρέπει νέα σενάρια μεταφορών (πολυτροπικές μεταφορές):** Ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να εξετάσει μια βέλτιστη λύση για τη μεταφορά του από ένα σημείο A στο B, με βάση όλα τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς. Έτσι, με βάση τη στιγμιαία κατάσταση της κυκλοφορίας και των θέσεων για πάρκινγκ μια ιδανική λύση θα μπορούσε είναι να μετακινηθεί με το αυτοκίνητό του μέχρι κάποιο σημείο στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει το λεωφορείο, το μετρό/τραμ ή οτιδήποτε άλλο προκειμένου να γίνει δυνατή η μεταφορά του.

2.3.4 Εφαρμογές στη βιομηχανία

Η νέα πραγματικότητα που προδιαγράφεται με την ανάπτυξη του IoT δεν θα μπορούσε να μην επηρεάσει την βιομηχανία. Είναι ένας τομέας στον οποίο πάντα αναζητούνται πρακτικά υλοποιήσιμες λύσεις που προσφέρουν το μέγιστο δυνατό κέρδος με μικρό κόστος κάτι που υποδεικνύει ότι το IoT μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά προς αυτήν την κατεύθυνση. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών που θα είχαν θέση στο χώρο της βιομηχανίας παρουσιάζονται παρακάτω.

- **Παρακολούθηση προϊόντων:** Σε μία παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού οι επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να μπορούν να εντοπίζουν την τοποθεσία των προϊόντων τους μέσω ετικετών αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας.
- **Συντήρηση μηχανημάτων:** Με την ενσωμάτωση αισθητήρων στον εξοπλισμό των επιχειρήσεων επιτρέπεται η συνεχή και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση της κατάστασης και της απόδοσης των μηχανημάτων και αυτοματοποιούνται οι αποφάσεις σχετικά με τη συντήρηση ή την αντικατάστασή τους.
- **Παρακολούθηση εσωτερικών χώρων:** Έλεγχος τοξικών επιπέδων φυσικού αερίου καθώς και οξυγόνου για την εξασφάλιση της υγείας των εργαζομένων. Επιπλέον, είναι θεμιτή η παρακολούθηση θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο αποθήκευσης των προϊόντων γεγονός που εγγυάται την ποιότητα τους.

Αναμφίβολα, δημιουργούνται σκέψεις για το κατά πόσον η διείσδυση του IoT και οι αυτοματισμοί τους οποίους υπόσχεται θα αντικαταστήσουν τα εργατικά χέρια στη βιομηχανία. Είναι γεγονός ότι ήδη αποτελεί πραγματικότητα, αλλά ταυτόχρονα ανοίγονται νέες θέσεις εργασίας για τεχνικούς που είναι υπεύθυνοι

για τον προγραμματισμό και τη συντήρηση των μηχανημάτων και δημιουργείται έτσι μία πρόκληση για εξέλιξη τέτοιων ειδών εργασίας για την αποφυγή της ανεργίας.

2.3.5 Εφαρμογές στην υγεία

Η επανάσταση του IoT επανασχεδιάζει τη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη με ελπιδοφόρες τεχνολογικές, οικονομικές και κοινωνικές προοπτικές. Η πρόληψη πλέον καθίσταται ευκολότερη με τη βοήθεια της απομακρυσμένης και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθησης του ασθενή. Παράλληλα, η ευκολότερη διαχείριση και παρακολούθηση του ιστορικού υγείας παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για ιατρική αξιολόγηση.



Εικόνα 6: Smart Health

Το IoT εισέρχεται στον τομέα της υγείας με τα ακόλουθα σενάρια εφαρμογών.

- **Wearable συσκευές:** Ενσωματωμένοι αισθητήρες σε συσκευές που μετρούν κρίσιμες για τον εκάστοτε ασθενή παραμέτρους όπως για παράδειγμα ο καρδιακός παλμός, τα επίπεδα οξυγόνου ή η αρτηριακή πίεση με τα δεδομένα να είναι άμεσα διαθέσιμα στον θεράποντα ιατρό και στο smartphone του ασθενή.
- **Παρακολούθηση παραμέτρων στον εξωτερικό χώρο σχετικών με την υγεία:** Στο πλαίσιο της έξυπνης πόλης ο εκάστοτε πολίτης θα μπορεί να παίρνει πληροφορίες για την ατμοσφαιρική ρύπανση ή για τα επίπεδα γύρης ή σκόνης στα οποία ενδεχομένως να είναι αλλεργικός.

- **Παρακολούθηση ηλικιωμένων:** Τα κρούσματα αγνοούμενων ηλικιωμένων θα μπορούσαν να αποφευχθούν αν είχαν μια φορητή συσκευή ανίχνευσης τοποθεσίας.

2.3.6 Περιβαλλοντολογικές Εφαρμογές

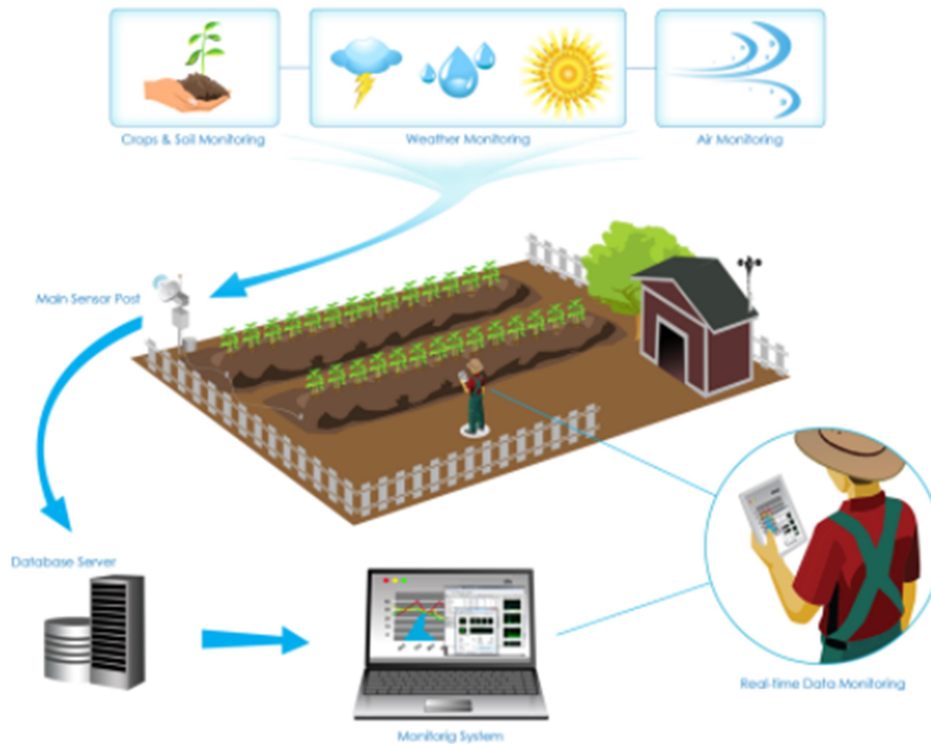
Εδώ βρίσκουμε ένα πεδίο εφαρμογών που συνδέεται άρρηκτα με αυτό της έξυπνης πόλης που περιγράψαμε παραπάνω. Αναφερόμαστε ουσιαστικά σε ένα έξυπνο περιβάλλον που αποτελείται από αισθητήρες, ελεγκτές και άλλα υπολογιστικά στοιχεία ενταγμένα σε ένα ενιαίο δίκτυο. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών είναι τα εξής.

- **Ατμοσφαιρική ρύπανση:** Έλεγχος των εκπομπών CO₂ των εργοστασίων, της ρύπανσης που εκπέμπεται από τα αυτοκίνητα και των τοξικών αερίων που παράγονται σε αγροκτήματα.
- **Πρόληψη πυρκαγιών:** Παρακολούθηση των αερίων καύσης και των συνθηκών που θα μπορούσαν να ευνοήσουν πυρκαγιές.
- **Έλεγχος επιπέδου χιονιού:** Μέτρηση της στάθμης του χιονιού για την πρόληψη χιονοστιβάδων.
- **Πρώιμη ανίχνευση σεισμών:** Κατανεμημένος έλεγχος σε συγκεκριμένα σημεία δονήσεων.

2.3.7 Εφαρμογές στη γεωργία

Οι εφαρμογές στον τομέα αυτόν σχετίζονται με την ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση της αγροτικής παραγωγής. Μερικές από αυτές είναι:

- **Βελτίωση της ποιότητας του κρασιού:** Παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους και της διαμέτρου κορμού σε αμπελώνες για τον έλεγχο της ποσότητας ζάχαρης στα σταφύλια και την υγεία των αμπελώνων.
- **Θερμοκήπια:** Έλεγχος των μικροκλιματικών συνθηκών για την μεγιστοποίηση της παραγωγής φρούτων και λαχανικών και την διασφάλιση της ποιότητάς τους.
- **Φροντίδα γηπέδων:** Επιλεκτική άρδευση σε ξηρές ζώνες για τη μείωση των υδάτινων πόρων που απαιτούνται στο πράσινο.
- **Δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών:** Μελέτη των καιρικών συνθηκών για την πρόβλεψη σχηματισμού πάγου, βροχής, ξηρασίας, χιονιού ή ανέμου.



Εικόνα 7: Παράδειγμα έξυπνης γεωργίας

2.3.8 Εφαρμογές στην κτηνοτροφία

Όπως ακριβώς η γεωργία έτσι και η κτηνοτροφία εντάσσεται στον τομέα του IoT γεγονός που αποσκοπεί στην βελτίωση των παραγωγικών διαδικασιών της.

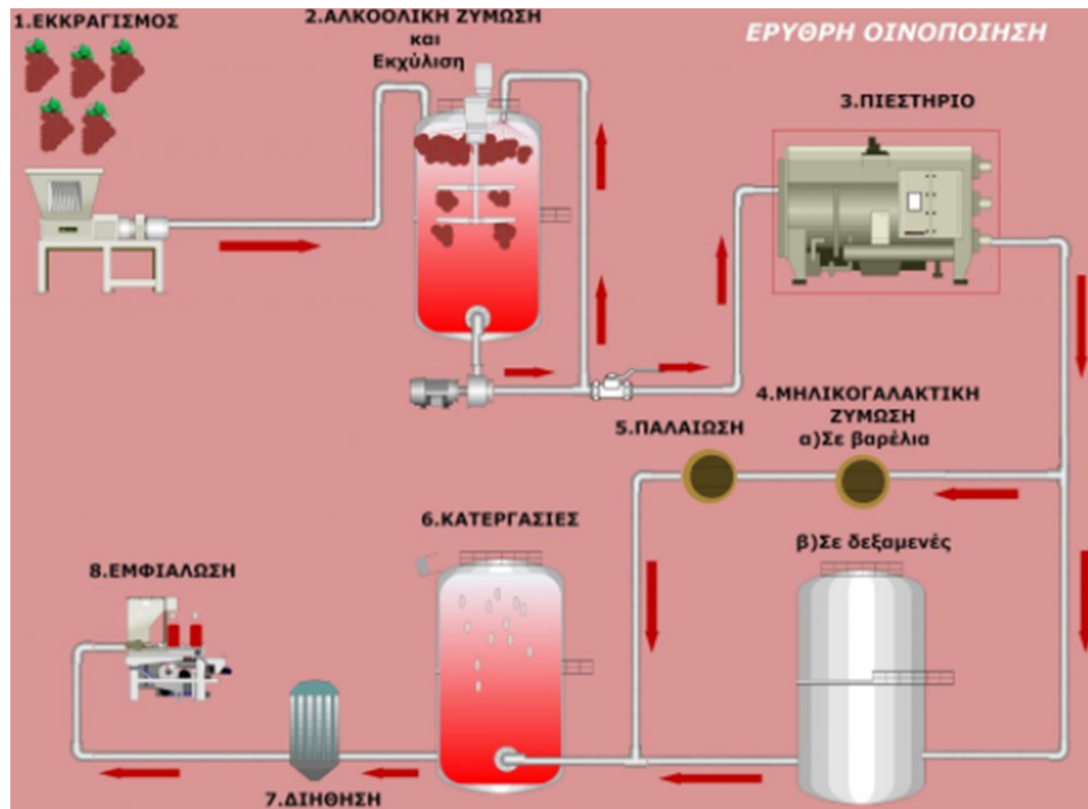
- **Υδροπονία:** Έλεγχος των συνθηκών των φυτών που αναπτύσσονται στο νερό για την απόκτηση πιο αποδοτικών καλλιεργειών.
- **Παρακολούθηση ζώων:** Εντοπισμός και ταυτοποίηση των ζώων που βόσκουν σε ανοιχτά βοσκοτόπια ή βρίσκονται σε μεγάλους στάβλους.
- **Επίπεδα τοξικού αερίου:** Μελέτη αερισμού και ποιότητας του αέρα στα αγροκτήματα και ανίχνευση επιβλαβών αερίων από τα περιττώματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Οινοποιία και εφαρμογές

3.1 Εισαγωγή

Η παραγωγή κρασιού είναι μία διαδικασία η οποία διέρχεται από πολλά διαφορετικά στάδια μέχρι την ολοκλήρωσή της. Από το πρώτο στάδιο που είναι η καλλιέργεια του αμπελιού μέχρι και το τελευταίο που είναι η εμφιάλωση και τυποποίηση του, απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση του οινοπαραγωγού. Επίσης, η επεξεργασία η οποία υπόκειται για τη μετατροπή του σταφυλιού σε κρασί προϋποθέτει διαρκή έλεγχο για τη σωστή πορεία της διαδικασίας για να αποφέρει το αναμενόμενο αποτέλεσμα.



Εικόνα 8: Στάδια ερυθρής οινοποίησης

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται τα στάδια που απαιτείται να προηγηθούν πριν την τελική εμφιάλωση του κρασιού. Εκτός από την καλλιέργεια των σταφυλιών, διαδικασίες όπως η αλκοολική και η μηλογαλακτική ζύμωση, καθώς και η παλαίωση απαιτούν λεπτούς χειρισμούς από τον οινοπαραγωγό. Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, η οινοποίηση καθίσταται μία βιομηχανική διαδικασία η οποία μπορεί να πραγματοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια, αλλά μπορεί να βελτιωθεί και να αυτοματοποιηθεί με τη βοήθεια της τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα με εφαρμογές του τομέα Internet of Things.

3.2 Καλλιέργεια αμπελώνα



Εικόνα 9: Αμπελώνας

Η καλλιέργεια του αμπελιού είναι απόλυτα συνυφασμένη με την οινοποίηση. Η παραγωγή υψηλής ποιότητας οίνου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον καρπό από τον οποίο θα προέλθει. Στην αμπελουργία οι καλλιεργητικές φροντίδες και μεταχειρίσεις που θα λάβουν χώρα στη φροντίδα του αμπελιού μπορεί να έχουν πολύ μεγάλη επίδραση στην παραγωγή.

Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθοφορία της αμπέλου είναι το φως, η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η υγρασία καθώς και η ποιότητα του

εδάφους. Σε συνθήκες καύσωνα, η υψηλή θερμοκρασία ξεραίνει το φύλλωμα και καταστρέφει τον καρπό. Όσον αφορά τις ανθικές καταβολές της αμπέλου, όταν η υγρασία του εδάφους παραμένει για μεγάλο διάστημα χαμηλότερα από το σημείο μόνιμης μάρανσης, παρατηρείται αρνητική επίδραση στο σχηματισμό τους για το επόμενο έτος κάτι που σημαίνει ότι είναι ορατός ο κίνδυνος για μείωση της παραγωγής. Άλλοι κρίσιμοι παράγοντες που αφορούν το έδαφος είναι η μηχανική του σύσταση, η δομή του, το pH και χημικά στοιχεία όπως το άζωτο (N), το φώσφορο (P), το κάλιο (K), το μαγνήσιο (Mg) και το ασβέστιο (Ca). Παράλληλα, πρέπει να ληφθεί επίσης σοβαρά υπόψιν και η αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία που συνήθως ενισχύει συχνά τις μυκητολογικές προσβολές. Επίσης, η ανθοφορία επηρεάζεται από την λίπανση καλίου και αζώτου που χρησιμοποιείται. Η λίπανση με τα στοιχεία αυτά, επηρεάζει θετικά την έκπτυξη των ανθικών καταβολών, ενώ σε περίπτωση υπερβολικής εφαρμογής αζώτου, παρατηρείται δυσμενής επίδραση στο σχηματισμό ανθέων.

Οι παραπάνω παράγοντες σίγουρα χρήζουν προσοχής και ο οινοπαραγωγός πρέπει να τις λαμβάνει σοβαρά υπόψιν για να είναι σίγουρος για το αποτέλεσμα της οινοποίησης. Για τον έλεγχο των παραπάνω παραμέτρων ήδη έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές που εστιάζουν σε αυτόν το σκοπό. Για παράδειγμα η εταιρεία **SmartVineyard™** χρησιμοποιώντας κατάλληλο δίκτυο αισθητήρων και συστημάτων λογισμικού υπόσχεται προστασία του αμπελώνα από ασθένειες, ελέγχοντας τις παραμέτρους που τις προκαλούν.



Εικόνα 10: Αισθητήρας εταιρείας SmartVineyard™

Με τη βοήθεια αισθητήρων ακριβείας, οι σταθμοί της SmartVineyard™ παρέχουν στο χρήστη δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που αφορούν το κλίμα, όπως η

υγρασία και η θερμοκρασία, καθώς και δεδομένα που αφορούν το φύλλωμα του αμπελώνα. Μετά από ειδική επεξεργασία των δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να γνωρίζει την πιθανότητα ασθένειας της καλλιέργειάς του και να προγραμματίσει τις επόμενες κινήσεις του καθώς και να βελτιστοποιήσει την παραγωγή του.

3.3 Αλκοολική ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση είναι η διαδικασία μετατροπής του φρέσκου χυμού των σταφυλιών (γλεύκος) σε κρασί και αποτελεί το πλέον κρίσιμο σημείο της οινοποίησης για την παραγωγή ενός οίνου υψηλής ποιότητας. Κατά συνέπεια επιβάλλεται η επίβλεψη της όλης διαδικασίας η οποία διαρκεί από 8 έως και 25 ημέρες, ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση των σακχάρων, τη θερμοκρασία στην οποία πολλαπλασιάζονται και δρουν οι μύκητες, το οξυγόνο που έχουν στη διάθεσή τους και άλλους παράγοντες.



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια αλκοολικής ζύμωσης

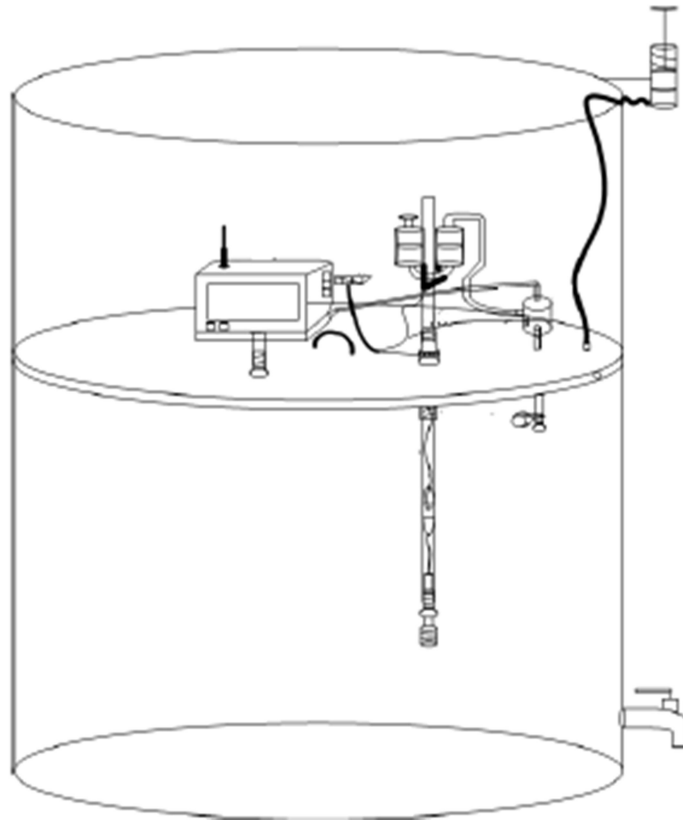
Οι αιτίες που κάνουν μια ζύμωση προβληματική είναι:

- Υψηλές θερμοκρασίες (>35 °C). Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία (εξωτερική), τόσο πιο γρήγορη είναι η ζύμωση και μεγαλύτερες οι πιθανότητες να σταματήσει αφήνοντας αζύμωτα σάκχαρα. Ωστόσο,

χαμηλή θερμοκρασία θα μείωνε την δραστηριότητα των ζυμών και η δράση τους σταματάει.

- Έλλειψη O₂ στην εκθετική φάση της ανάπτυξης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ζύμες για να αναπτυχθούν έχουν την ανάγκη οξυγόνου στην αρχή της ζύμωσης.
- Έλλειψη θρεπτικών στοιχείων (N₂, θειαμίνη).
- Υπολειμματικότητα φυτοφαρμάκων.
- Υψηλή συγκέντρωση σακχάρων.

Στα πλαίσια του IoT έχει δημοσιευθεί το 2016 από τους Τομτσή, Κοντογιάννη, Κοκκώνη και Ζηνά ένα άρθρο που αφορά την κατασκευή συστήματος έξυπνου βαρελιού (Smart Barrel System) για τον έλεγχο της διαδικασίας ζύμωσης του κρασιού ποικιλίας Ντεμπίνα.



Εικόνα 12: Σχέδιο έξυπνου βαρελιού με τους αισθητήρες

Παραπάνω παρουσιάζεται το σχέδιο της κατασκευής του έξυπνου βαρελιού. Περιλαμβάνει πολλών ειδών αισθητήρες για να μπορέσει να ελέγξει κάποιες από τις παραμέτρους που αναλύθηκαν παραπάνω. Διαθέτει:

- Αισθητήρα θερμοκρασίας καθώς κατά τη διάρκεια της ζύμωσης παρατηρείται σημαντική αύξησή της.
- Αισθητήρα αερίου αλκοόλης.
- Μια βαλβίδα αέρα 3 κατευθύνσεων και αισθητήρας πίεσης για τη ρύθμιση της πίεσης του βαρελιού. Το CO₂ είναι ένα από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα αέρια για την συμπίεση και κάλυψη του κενού χώρου του κρασιού μέσα σε ένα βαρέλι. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης, το CO₂ παράγεται κατά τη ζύμωση και ελέγχεται από τη βαλβίδα.
- Αισθητήρα pH. Για το κρασί Ντεμπίνα τα ονομαστικά επίπεδα pH είναι από 3,3 έως 3,5.
- Αισθητήρα RGB με led, για τον προσδιορισμό του επιπέδου συγκέντρωσης ζύμης στο μούστο παρακολουθώντας την καθαριότητα του κρασιού.
- Αισθητήρα photo gate για τον έλεγχο συνέχισης της διαδικασίας της ζύμωσης. Αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο μέτρησης του αριθμού των φυσαλίδων που δημιουργούνται.

Οι μετρήσεις των αισθητήρων δημοσιεύονται στο διαδίκτυο και παράλληλα μεταφέρονται σε ένα κεντρικό σταθμό για την επεξεργασία και ανάλυσή τους.

3.4 Μηλογαλακτική ζύμωση

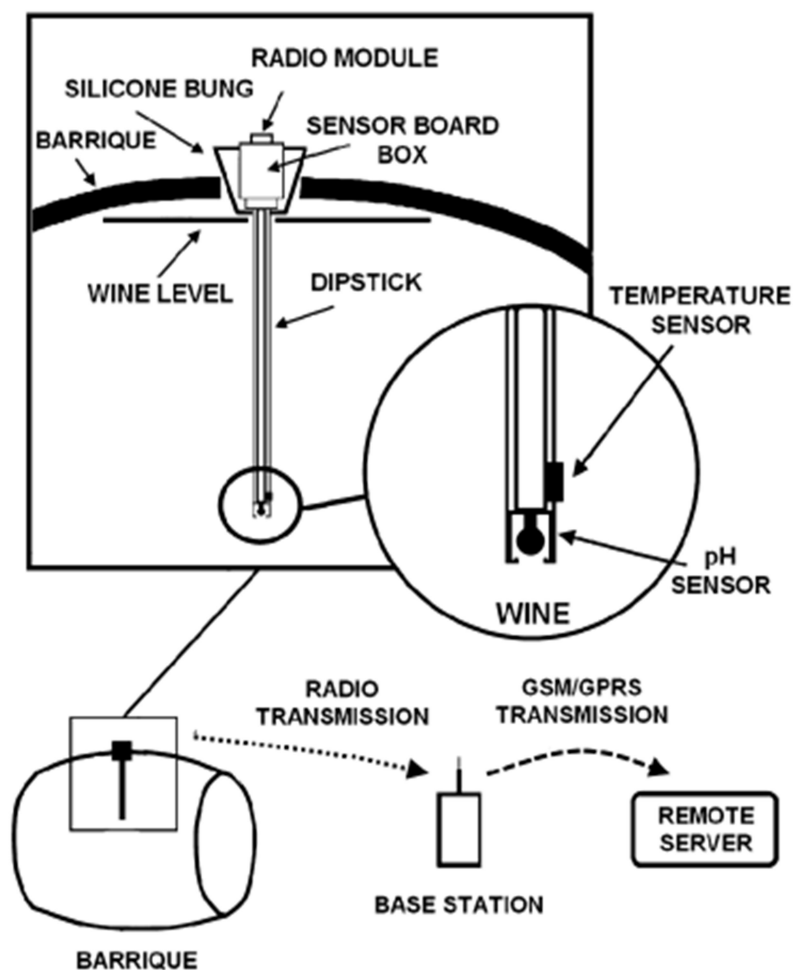
Η μηλογαλακτική είναι μια δεύτερη ζύμωση που πολλές φορές είναι αναγκαίο να κάνουν κάποια κρασιά. Σε αυτή τη διαδικασία ζύμωσης μετατρέπεται ένα οξύ του σταφυλιού, το μηλικό οξύ, σε ένα άλλο οξύ το γαλακτικό οξύ (εξού και μηλογαλακτική ζύμωση). Πραγματοποιείται κυρίως μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης και επιφέρει σημαντικές αλλαγές στους οίνους οι οποίες έχουν είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στην ποιότητα τους, δηλαδή δεν είναι πάντοτε επιθυμητή. Για εκείνους τους οίνους που επιλέγεται να υποβληθούν σε μια τέτοια ζύμωση, οι οινοποιοί θα πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν την πρόοδο της και να αποφανθούν πότε η μετατροπή του μηλικού οξέος σε γαλακτικό οξύ είναι πλήρης. Η μηλογαλακτική ζύμωση επιδιώκεται για τρεις κυρίως λόγους:

- i) Μείωση της οξύτητας σε κρασιά που προκύπτουν από γλεύκη με υψηλή οξύτητα.
- ii) Βελτίωση του αρώματος των κρασιών.
- iii) Σταθεροποίηση των κρασιών από βακτηριολογική προσβολή μετά την εμφιάλωση.

Η πιο αξιοσημείωτη αλλαγή πραγματοποιείται όταν καταναλώνεται το μηλικό οξύ και παράγεται το γαλακτικό. Αυτό έχει σημαντική επίδραση στο pH και την οξύτητα των οίνων, καθώς το μηλικό οξύ είναι ισχυρότερο από το γαλακτικό με αποτέλεσμα να μειώνεται η ολική οξύτητα και να αυξάνεται το pH. Για να ευνοηθεί η μηλογαλακτική ζύμωση το pH του κρασιού πρέπει να είναι

μεγαλύτερο από 2,8 και η θερμοκρασία του οίνου πρέπει να κυμαίνεται από 18 μέχρι 22 βαθμούς Κελσίου.

Το 2012 οι Di Gennaro, Matese, Primicerio, Genesio, Sabatini, Di Blasi, και Vaccari, δημοσίευσαν μία μελέτη που αφορά την κατασκευή μίας τάπας βαρελιού στην οποία έχει προσαρμοστεί σύστημα αισθητήρων (Wireless Sensor Bung system) για τη μελέτη και την παρακολούθηση της διαδικασίας της μηλογαλακτικής ζύμωσης.



Εικόνα 13: Σχηματική απεικόνιση κατασκευής «Wireless Sensor Bung»

Το σύστημα «Wireless Sensor Bung» αποτελείται από έναν αισθητήριο κόμβο ο οποίος διατηρείται στο καπάκι σιλικόνης ενός βαρελιού κρασιού καθώς και από ένα σταθμό βάσης που λαμβάνει τις μετρήσεις. Ο αισθητήριος κόμβος αποτελείται από ένα probe με αναλογικά και ψηφιακά κανάλια για τη σύνδεση διαφόρων αισθητήρων, έχοντας παράλληλα τη δυνατότητα ασύρματης

μεταφοράς δεδομένων. Οι αισθητήρες που έχουν προσαρμοστεί στον κόμβο μετρούν το pH καθώς και τη θερμοκρασία του κρασιού. Ο κόμβος στο καπάκι του βαρελιού μετρά τις παραμέτρους του κρασιού και στη συνέχεια τα δεδομένα στέλνονται ασύρματα στον σταθμό βάσης. Ακολούθως, τα δεδομένα μεταφέρονται σε απομακρυσμένο διακομιστή και αναλύονται με τη βοήθεια εξειδικευμένων προγραμμάτων.

Εν κατακλείδι το σύστημα «Wireless Sensor Bung», μπορεί να λειτουργήσει για την απομακρυσμένη και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση των παραμέτρων του κρασιού (θερμοκρασία και pH) που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην μηλογαλακτική ζύμωση. Ο οινοπαραγωγός μπορεί με ένα οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο να ελέγχει την διαδικασία αυτή και να γνωρίζει το πότε έχει ολοκληρωθεί.

3.5 Παλαίωση

Η παλαίωση των κρασιών είναι μια διεργασία η οποία διακρίνεται σε δύο είδη:

- i) την οξειδωτική παλαίωση (ή ωρίμανση) που πραγματοποιείται μέσα στο βαρέλι,
- ii) και την αναγωγική παλαίωση στη φιάλη.

Κατά την ωρίμανση, πραγματοποιείται μικρή οξείδωση του οίνου καθώς από τους πόρους του βαρελιού επιτρέπεται η είσοδος μικρών ποσοτήτων οξυγόνου, το οποίο αντιδρά με τις ουσίες του οίνου με αποτέλεσμα ο οίνος να χάνει με την πάροδο του χρόνου τον άγριο και επιθετικό του χαρακτήρα. Παράλληλα, από το ξύλο του βαρελιού μεταφέρονται στο κρασί ορισμένες ουσίες, οι οποίες εμπλουτίζουν την αρωματική του σύνθεση.

Η παλαίωση του κρασιού συνεχίζεται και στη φιάλη, η οποία ονομάζεται αναγωγική, αφού ο φελλός εξασφαλίζει την απουσία του οξυγόνου. Σε αυτή τη φάση, που μπορεί να διαρκέσει από μήνες έως πολλά χρόνια, αναπτύσσεται το μπουκέτο του κρασιού. Με τον όρο μπουκέτο οι ειδικοί αναφέρονται στο συνδυασμό όλων των άλλων αρωμάτων (ποικιλία σταφυλιού, αρώματα που αναπτύσσονται πριν και κατά τη διάρκεια των ζυμώσεων) μαζί με τα αρώματα που απέκτησε το κρασί με την ωρίμανση-παλαίωση του.

Κατά τη διάρκεια παλαίωσης ελέγχονται η θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου (όσο πιο σταθερές τόσο το καλύτερο), ο οποίος πρέπει να είναι άοσμος, σκοτεινός και χωρίς κραδασμούς. Κατάλληλες συνθήκες παλαίωσης σε βαρέλι και φιάλη θεωρούνται οι εξής:

- θερμοκρασία 12 - 16 °C. Σε ένα πιο ψυχρό κελάρι, η πολύπλοκη διαδικασία της ωρίμανσης επιβραδύνεται. Αντιθέτως σε ένα πιο θερμό κελάρι η διαδικασία της ωρίμανσης επιταχύνεται. Αν η θερμοκρασία παραμείνει υψηλή για μεγάλο διάστημα, το κρασί τελικώς καταρρέει χωρίς να φτάσει στο απόγειό του και χωρίς να έχει αποδόσει πλήρως. Το

πιο σημαντικό είναι να διατηρείται μια σταθερή θερμοκρασία στα επίπεδα που προαναφέρθηκαν. Επαναλαμβανόμενες και απότομες αλλαγές είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς καθώς μεταβάλλουν τη ζωντάνια του κρασιού.

- σχετική υγρασία 60 - 80 %. Το άρωμα του κρασιού αναπτύσσεται μέσα από μια διαδικασία μείωσης, σε απόλυτη απουσία οξυγόνου, πράγμα που σημαίνει ότι ο φελλός πρέπει να είναι τελείως στεγανός. Για να διατηρηθεί αυτή η σφράγιση με την πάροδο του χρόνου, η φιάλη πρέπει να αποθηκεύεται ξαπλωμένη, έτσι ώστε ο φελλός να παραμένει σε επαφή με το κρασί. Επιπλέον, το μέσο επίπεδο υγρασίας στο υπόγειο θα πρέπει να διατηρείται άνω του 60%. Αν η υγρασία πέφτει κάτω από το 60% για πάρα πολύ καιρό, ο φελλός είναι πιθανό να στεγνώσει και το κρασί να αρχίσει να μπαίνει μέσα στο φελλό. Ένα σημαντικό υψηλότερο επίπεδο υγρασίας πάνω από το 80% δεν θα βλάψει το κρασί, αλλά μπορεί να αλλοιώσει τις ετικέτες. Ένα σωστό κελάρι πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να εγγραφή μια συνεχής μέση υγρασία μεταξύ 60% και 80%.

Ένας άλλος παράγοντας που απασχολεί τον οινοποιό κατά το στάδιο της παλαίωσης σε βαρέλι είναι η στάθμη του κρασιού. Όπως έχει προαναφερθεί οι πόροι των βαρελιών εξυπηρετούν την ωρίμανση του οίνου καθώς επιτρέπουν την οξείδωσή του. Παράλληλα όμως, προκαλείται και εξάτμιση του οίνου οπότε πρέπει να ελέγχεται τακτικά η στάθμη του και να συμπληρώνεται.

Αναφορικά με το ζήτημα της οξείδωσης του οίνου η εταιρεία **PyroScience** έχει υλοποιήσει ένα σύστημα για την παρακολούθηση των εισροών οξυγόνου σε δρύινα βαρέλια που χρησιμοποιούνται συνήθως στην ωρίμανση του οίνου. Η επιλογή του βαρελιού από τον οινολόγο είναι μια σημαντική διαδικασία και πρέπει να είναι σύμφωνη με το κρασί και τα αρωματικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που επιθυμούμε να αποκτήσει. Το διαλυμένο οξυγόνο που διατίθεται σε όλη αυτή τη διαδικασία είναι ένα ζωτικό στοιχείο καθώς ρυθμίζει όλη τη διαδικασία ωρίμανσης.



Εικόνα 14: Η εγκατάσταση μέτρησης οξυγόνου στα βαρέλια κρασιού

Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου (dissolved oxygen-DO) στο κρασί μέσα σε ένα βαρέλι δρυός πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας οκτώ "Robust Trace Oxygen Miniprobos" (TROXROB10) σε διαφορετικά ύψη. Ο οινολόγος θα μπορεί να παρακολουθεί την εισροή οξυγόνου, αποφεύγοντας την έκθεση του οίνου σε υψηλά επίπεδα οξειδωσης γεγονός που αλλοιώνει τη γεύση και το χαρακτήρα του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Το Υλικό

4.1 Η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU



Εικόνα 15: NodeMCU



Εικόνα 16: ESP-12E

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU της Espressif Systems. Είναι βασισμένη στο μοντέλο ESP-12E του ESP8266 Wi-Fi SoC (System-on-Chip). Ο όρος System-on-Chip αναφέρεται στην τεχνολογία της ενσωμάτωσης σε ένα chip, όλων των απαραίτητων κυκλωμάτων και στοιχείων για ένα σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, ο ESP8266 ενσωματώνει 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n, υποστηρίζοντας WPA/WPA2),

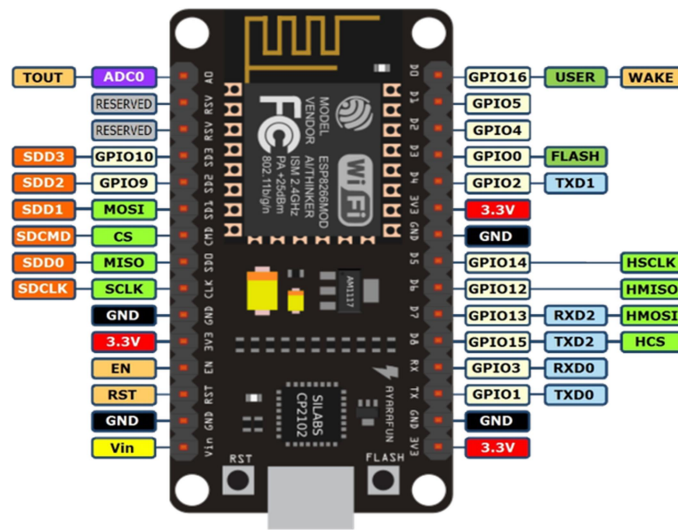
TCP/IP protocol stack, 32-bit επεξεργαστή και 4 MB μνήμη Flash. Αν συμπεριλάβουμε στα παραπάνω τη χαμηλή κατανάλωση ο ESP8266 καθίσταται ένα πολύ καλό εργαλείο για ανάπτυξη εφαρμογών στον ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα του Internet of Things.

Η επιλογή της αναπτυξιακής πλακέτας NodeMCU αντί του απλού μοντέλου ESP-12E έγινε για καθαρά πρακτικούς λόγους. Το NodeMCU διαθέτει θύρα USB που παρέχει την απαραίτητη τάση των 5V στην πλακέτα και επιτυγχάνεται το φόρτωμα των δεδομένων και ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή. Επίσης, ενσωματώνονται μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης στα 3.3V για την τάση εισόδου του ESP-12E. Η διαφορά στο κόστος των δύο εξαρτημάτων είναι μηδαμινή γεγονός που ενισχύει την επιλογή της πλακέτας NodeMCU.

4.1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- Wi-Fi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <60μA, Power down leakage current < 5μA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, TELEC, Wi-Fi Alliance, and SRRC certified

4.1.2 Pins



Εικόνα 17: NodeMCU Pins

Η αναπτυξιακή πλακέτα διαθέτει 16 GPIO (General Purpose Input/Output, γενικού σκοπού είσοδοι/έξοδοι) καθώς και εισόδους τάσης 3.3V, 5V και ground. Το pin GPIO16 χρησιμοποιείται για το «ξύπνημα» του μικροελεγκτή σε περίπτωση που έχει τεθεί σε κατάσταση deep sleep.

4.1.3 Κατανάλωση ισχύος

Ο ESP8266 έχει σχεδιαστεί για κινητές και wearable ηλεκτρονικές συσκευές που εντάσσονται στον τομέα του IoT με σκοπό την επίτευξη της χαμηλότερης δυνατής κατανάλωσης ισχύος. Η αρχιτεκτονική εξοικονόμησης ισχύος λειτουργεί σε τρεις καταστάσεις:

- i) Modem Sleep: Προϋποθέτει τη λειτουργία της CPU. Σύμφωνα με τα πρότυπα 802.11 (όπως U-APSD) εξοικονομείται ενέργεια αποκόπτοντας το κύκλωμα Wi-Fi Modem ενώ παράλληλα διατηρείται σύνδεση Wi-Fi χωρίς όμως μετάδοση δεδομένων. Για παράδειγμα διατηρείται ένας κύκλος sleep 300ms – wake 3ms για τη λήψη πακέτων από ένα access point.
- ii) Light Sleep: Με την ίδια λογική όπως προηγουμένως και σύμφωνα με τα πρότυπα 802.11 με τη διαφορά όμως πως η λειτουργία της CPU εδώ αναστέλεται για την εξοικονόμηση περαιτέρω ενέργειας.

- iii) Deep Sleep: Δεν χρειάζεται σύνδεση Wi-Fi για να διατηρηθεί. Είναι χρήσιμη λειτουργία σε εφαρμογές που υπάρχουν χρονικά κενά ανάμεσα στις μεταδόσεις πακέτων δεδομένων.

Παρακάτω δίνεται ένας αναλυτικός πίνακας κατανάλωσης ισχύος:

Mode	Typical	Unit
Tx802.11b, CCK 11Mbps, Pout=+17dBm	12	mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, Pout =+15dBm	197	mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13dBm	145	mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm	135	mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm	100	mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm	100	mA
Modem-Sleep	15	mA
Light-Sleep	0.9	mA
Deep-Sleep	60	μA
Power Down	0.5	μA

Πίνακας 1: Κατανάλωση Ισχύος

4.1.4 Παράμετροι

Categories	Items	Values
Wi-Fi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Wi-Fi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)
	Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip

Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0-3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°-125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
Software Parameters	Wi-Fi Mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP

Πίνακας 2: Παράμετροι αναπτυξιακής πλακέτας NodeMCU

4.1.5 Radio

- Δέκτης 2,4 GHz
- Πομπός 2,4 GHz
- Γεννήτριες ρολογιού υψηλής ταχύτητας και ταλαντωτής κρυστάλλων
- Ρολόι πραγματικού χρόνου

4.1.5.1 Κανάλια συχνοτήτων

Ο RF πομποδέκτης υποστηρίζει τα ακόλουθα κανάλια σύμφωνα με τα πρότυπα IEEE 802.11b/g/n.

Channel No	Frequency (MHz)	Channel No	Frequency (MHz)
1	2412	8	2447
2	2417	9	2452
3	2422	10	2457
4	2427	11	2462
5	2432	12	2467
6	2437	13	2472
7	2442	14	2484

Πίνακας 3: Κανάλια συχνοτήτων

4.1.5.2 2.4 GHz δέκτης

Ο δέκτης 2,4 GHz μετατρέπει το σήμα RF σε σήματα βασικής ζώνης και τα μετατρέπει στο ψηφιακό πεδίο με 2 ADC υψηλής ταχύτητας και ανάλυσης. Για την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες στο κανάλι σήματος, ενσωματώνονται στον ESP8266 φίλτρα RF, automatic gain control (AGC), κυκλώματα ακύρωσης DC offset και φίλτρα βασικής ζώνης.

4.1.5.3 2.4 GHz πομπός

Ο πομπός 2.4GHz μετατρέπει τα σήματα βασικής ζώνης σε 2.4GHz και οδηγεί την κεραία με ενισχυτή ισχύος CMOS υψηλής ισχύος. Η χρήση της ψηφιακής βαθμονόμησης βελτιώνει περαιτέρω τη γραμμικότητα του ενισχυτή ισχύος, επιτρέποντας την παροχή + 19,5dBm μέσης ισχύος για μετάδοση 802.11b και +16dBm για μετάδοση 802.11n. Επιπρόσθετες βαθμονομήσεις είναι ενσωματωμένες για την ακύρωση οποιωνδήποτε ατελειών του ραδιοφώνου, όπως:

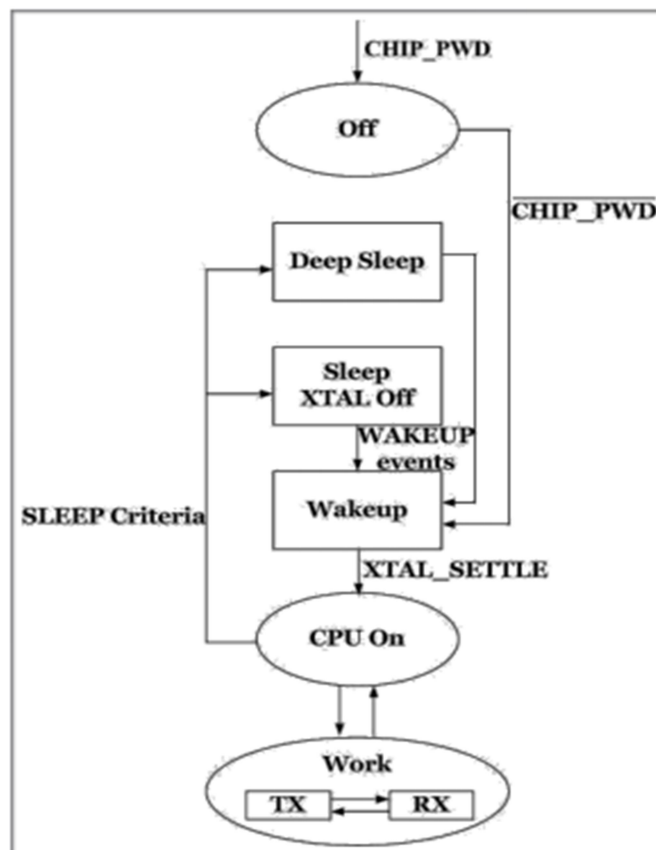
- διαρροή φορέα,
- αντιστοίχιση φάσης I / Q, και
- μη γραμμικότητας βασικής ζώνης.

4.1.6 Power Management

Το chip μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- **OFF:** Το pin CHIP_PD είναι low. Το RTC είναι απενεργοποιημένο. Όλοι οι καταχωρητές είναι κενοί.
- **DEEP_SLEEP:** Μόνο το RTC είναι ενεργοποιημένο.

- **SLEEP:** Το RTC είναι σε λειτουργία, ο κρυσταλλικός ταλαντωτής είναι απενεργοποιημένος. Οποιαδήποτε wakeup events (MAC, host, RTC timer, εξωτερικές διακοπές) θέτουν το chip σε κατάσταση WAKEUP.
- **WAKEUP:** Σε αυτή την κατάσταση έχουμε τη μετάβαση από την κατάσταση sleep στην PWR. Ο κρυσταλλικός ταλαντωτής και τα PLLs ενεργοποιούνται.
- **ON:** Το RTC και η CPU έχουν τεθεί σε λειτουργία.



Εικόνα 18: Power Management

4.2 Ο αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20

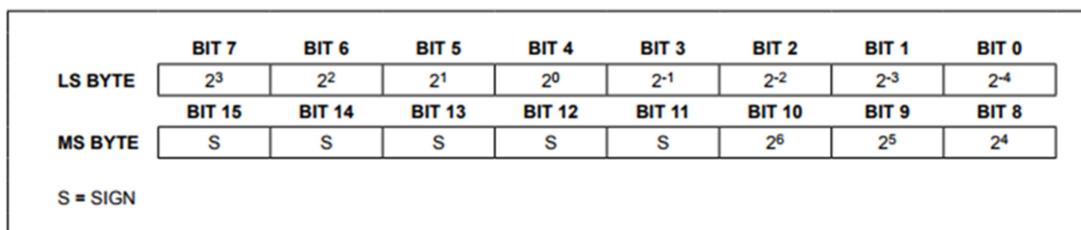


Εικόνα 19: DS18B20

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό θερμόμετρο DS18B20. Αποτελείται από 3 pins: Ground, Vdd και Data. Το θερμόμετρο αυτό χρησιμοποιεί 1-Wire επικοινωνία και παρέχει μετρήσεις θερμοκρασίας από 9 έως 12 bits, ανάλογα με το resolution που έχει τεθεί. Έχει εύρος τιμών από τους -55 έως $+125$ °C και ακρίβεια ± 0.5 °C, όταν βρίσκεται ανάμεσα στους -10 έως $+85$ °C. Μπορεί επιπλέον να λειτουργήσει παρασιτικά στο κύκλωμα, τροφοδοτούμενο από την γραμμή δεδομένων, με αποτέλεσμα να μην χρειαστεί εξωτερική τροφοδοσία. Επίσης, κάθε τέτοιο θερμόμετρο φέρει έναν μοναδικό 64-bit κωδικό, πράγμα που του επιτρέπει την πολλαπλή σύνδεση τέτοιων αισθητήρων σε έναν μικροελεγκτή.

4.2.1 Λειτουργία-Μέτρηση θερμοκρασίας

Η κύρια λειτουργία του DS18B20 είναι ο ψηφιακός αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας. Η ανάλυση του ρυθμίζεται από τον χρήστη σε 9, 10, 11, 12 bit και βήμα που αντιστοιχεί σε μεταβολές 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, 0.0625°C. Η προκαθορισμένη ανάλυση είναι 12 bit. Όταν τροφοδοτηθεί ο αισθητήρας, βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής. Για να ξεκινήσει μια μέτρηση θερμοκρασίας και να γίνει η μετατροπή της σε ψηφιακή τιμή, χρειάζεται να του σταλθεί το 44h (44 HEX) το οποίο είναι η Convert T εντολή. Μετά την μετατροπή, ο DS18B20 θα απαντήσει μεταδίδοντας 0 αν η μετατροπή της θερμοκρασίας βρίσκεται σε εξέλιξη ή 1 όταν η μετατροπή έχει ολοκληρωθεί. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε έναν 2-byte καταχωρητή.



Εικόνα 20: 2-byte καταχωρήτης

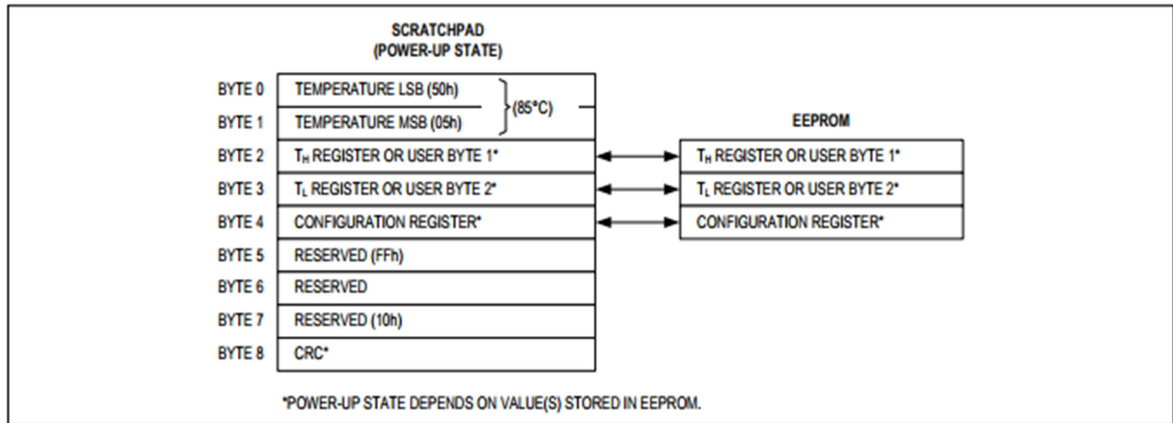
Τα δεδομένα θερμοκρασίας εξόδου DS18B20 βαθμονομούνται σε βαθμούς Κελσίου. Για εφαρμογές Fahrenheit, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ρουτίνες μετατροπής. Τα δεδομένα θερμοκρασίας αποθηκεύονται στον 2-byte καταχωρητή που παρουσιάζεται παραπάνω. Τα bit σήμανσης (S) υποδεικνύουν εάν η θερμοκρασία είναι θετική ή αρνητική: για θετικούς αριθμούς S = 0 και αρνητικούς αριθμούς S = 1. Αν το DS18B20 είναι διαμορφωμένο για 12-bit ανάλυση, όλα τα bits στον καταχωρητή θερμοκρασίας θα περιέχουν έγκυρα δεδομένα. Για ανάλυση 11 bit, το bit 0 είναι απροσδιόριστο. Για την ανάλυση 10 bit, τα bits 1 και 0 είναι απροσδιόριστα και για 9-bit τα bit 2, 1 και 0 της ανάλυσης δεν είναι καθορισμένα. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται παραδείγματα ψηφιακών δεδομένων εξόδου και των αντίστοιχων δεδομένων ανάγνωσης θερμοκρασίας για μετατροπές ανάλυσης 12 bit.

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

Πίνακας 4: Ανάγνωση θερμοκρασίας

Η οργάνωση της μνήμης του DS18B20 παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Αποτελείται από ένα SRAM sketchpad (Static Ram) με μη πτητική (nonvolatile) EEPROM μνήμη, η οποία περιέχει τους TH και TL καταχωρητές που λειτουργούν σαν καταχωρητές γενικού σκοπού στην περίπτωση μας, όπως και τον καταχωρητή ρύθμισης (configuration register). Τα byte 0 και 1 περιέχουν το LSB και το MSB του καταχωρητή θερμοκρασίας και είναι για ανάγνωση μόνο. Τα byte 2 και 3 παρέχουν πρόσβαση στους TH και TL καταχωρητές. Το byte 4

περιέχει τα δεδομένα του configuration register. Τα bytes 5,6 και 7 είναι για εσωτερική χρήση και δεν μπορούν να αντικατασταθούν. Τέλος το byte 8 είναι μόνο για ανάγνωση και περιέχει τον CRC κωδικό, έναν κωδικό που δίνει μοναδική ταυτότητα στην συγκεκριμένη συσκευή που χρησιμοποιείται, μια λειτουργία που εμείς δεν θα χρησιμοποιήσουμε και δεν θα αναλύσουμε.



Εικόνα 21: : Χάρτης μνήμης DS18B20

4.3 Ο αισθητήρας απόστασης HC-SR04



Εικόνα 22: HC-SR04

Για τη μέτρηση της στάθμης του κρασιού από την κορυφή του βαρελιού χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα υπερήχων HC-SR04. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας παρέχει ένα εύρος μέτρησης από 7cm έως 400 cm με ακρίβεια που αγγίζει τα 3mm. Το εξάρτημα αποτελείται από έναν πομπό (Trigger) και έναν δέκτη (Echo). Επίσης έχει ένα pin για την τάση λειτουργίας του Vcc καθώς και ένα για την γείωση, GND.

Σαν υπέρηχο καθορίζουμε εκείνο το κύμα το οποίο βρίσκεται πάνω από την μέγιστη συχνότητα που μπορεί να ακούσει το ανθρώπινο αυτί, το οποίο έχει τη δυνατότητα να αντιλαμβάνεται ήχους με συχνότητες από 20Hz ως 20kHz, ενώ οι υπέρηχοι που αποστέλλει ο αισθητήρας είναι συχνότητας 40kHz.

Ο αισθητήρας υπερήχων βασίζεται στο φαινόμενο Doppler. Το φαινόμενο Doppler, είναι η παρατηρούμενη αλλαγή στην συχνότητα και το μήκος κύματος ενός κύματος από παρατηρητή που βρίσκεται σε σχετική κίνηση με την πηγή των κυμάτων. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που χρειάζεται να είναι γνωστή η απόσταση του αισθητήρα, και γενικότερα της εφαρμογής από ένα πιθανό αντικείμενο/εμπόδιο.

4.3.1 Λειτουργία-Μέτρηση απόστασης

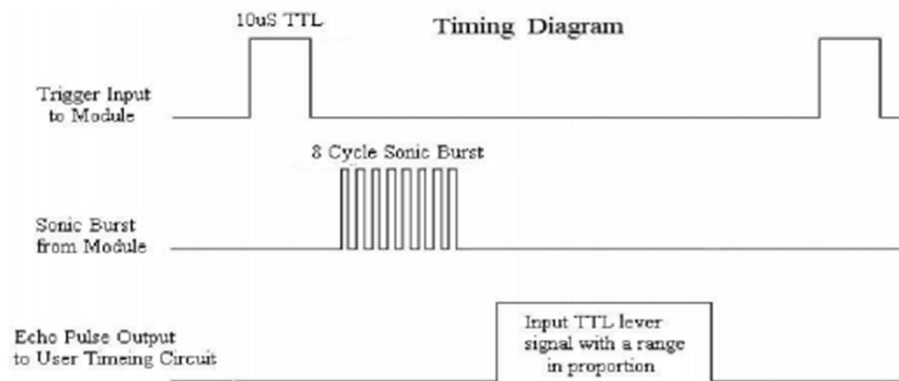
Η λειτουργία των αισθητήρων είναι ίδια με αυτή των σόναρ και των ραντάρ. Εκτιμούν την απόσταση ενός στόχου λαμβάνοντας υπόψη τους την αντανάκλαση ενός ραδιοκύματος ή ενός ηχητικού σήματος πάνω στο στόχο. Δημιουργούν υψηλής συχνότητας κύματα και χρησιμοποιώντας επιστρεφόμενο σήμα καθορίζουν την απόσταση ή ακόμα και την ταχύτητα του στόχου. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποιούν τον χρόνο που έκανε το σήμα για να καλύψει την απόσταση από τον αισθητήρα στο αντικείμενο και πίσω. Πιο συγκεκριμένα, από την πηγή του κύματος, γίνεται αποστολή ενός υπερήχου στο χώρο. Όλα τα σώματα έχουν την ιδιότητα να αντανακλούν τους ήχους που προσπίπτουν πάνω τους. Έτσι αν υπάρχει κάποιο αντικείμενο του οποίου η ηχώ του υπερήχου που στάλθηκε, αντανακλάστηκε και επιστέφει προς τον αισθητήρα, γίνεται αισθητή μέσω ενός μικροφώνου. Στην περίπτωση μας επειδή το κρασί διαθέτει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα οπότε το κύμα που αποστέλλεται από τον αισθητήρα προσπίπτει στην επιφάνεια του υγρού, αντανακλάται και επιστρέφει στον HC-SR04.

Τα αξιώματα για την ορθή λειτουργία του είναι :

- i) Χρησιμοποίηση παλμού ο οποίος να έχει τουλάχιστον 10μs διάρκεια.
- ii) Το εξάρτημα αυτόματα στέλνει 8 παλμούς συχνότητας 40kHz και ανιχνεύει αν υπάρχει παλμός που επέστρεψε.

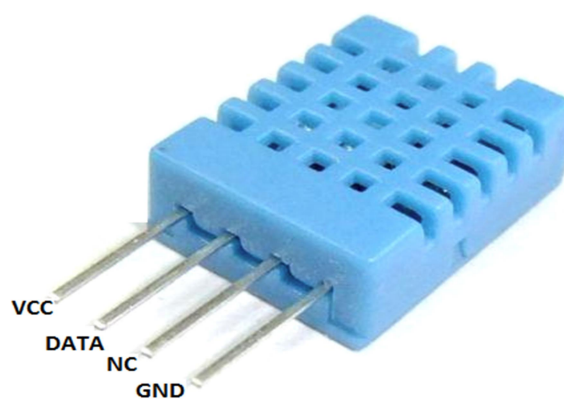
iii) Η απόσταση λαμβάνεται υπόψιν σύμφωνα με το χρόνο του σήματος στη αποστολή και λήψη του σήματος. Εξαρτάται βεβαίως από την ταχύτητα που ήχου που ανέρχεται στα 340 m/s.

Η τάση λειτουργίας του αισθητήρα είναι 5V και παρέχεται από το pin Vin της πλακέτας. Το ρεύμα λειτουργίας είναι 15mA και η συχνότητα λειτουργίας είναι 40Hz. Η γωνία μέτρησης που επιτυγχάνει είναι οι 15 μοίρες. Παρακάτω δίδεται το διάγραμμα χρονισμού του εξαρτήματος.



Εικόνα 23: Διάγραμμα χρονισμού HC-SR04

4.4 Ο αισθητήρας υγρασίας DHT11



Εικόνα 24: DHT11

Για την μέτρηση της υγρασίας στο κελάρι χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας υγρασίας/θερμοκρασίας DHT11. Χρησιμοποιεί έναν πυκνωτή για την υγρασία και ένα θερμίστορ για να μετρήσει τον περιβάλλοντα αέρα. Όλα αυτά συνδέονται με έναν υψηλής επίδοσης 8-bit μικροελεγκτή που προσφέρει πολύ καλή ποιότητα και ταχύτητα στα αποτελέσματα. Ο DHT διαθέτει 4 pins, εκ των οποίων χρησιμοποιήσαμε τα 3 για τη σύνδεση και λειτουργία του το Vcc για την τροφοδοσία, τη γείωση GND και το pin που αφορά τα data των μετρήσεων.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα θερμοκρασίας/υγρασίας DHT11 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Μέτρηση υγρασίας(ακρίβεια)	20-90%RH (ακρίβεια $\pm 5\%$)
Μέτρηση θερμοκρασίας(ακρίβεια)	από 0-50°C (ακρίβεια $\pm 2^\circ\text{C}$)
Τάση λειτουργίας	3 – 5 V
Ισχύς	2.5 mA (12.5 mW)
Μέγεθος	15.5 mm x 12 mm x 5.5 mm
Ανάλυση υγρασίας-θερμοκρασίας	8bits

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά DHT11

Η μορφή επικοινωνίας μεταξύ MCU και του αισθητήρα DHT11 είναι Single-Wire Two-Way. Μία διαδικασία επικοινωνίας διαρκεί περίπου 4ms. Τα δεδομένα αποτελούνται από δεκαδικά και ακέραια μέρη. Μια ολοκληρωμένη μετάδοση δεδομένων είναι 40bit και ο αισθητήρας στέλνει πρώτα το μεγαλύτερο bit δεδομένων. Τα 40 bit των δεδομένων αποτελούνται από 5 οκτάδες. Ξεκινώντας από το MSB έχουμε:

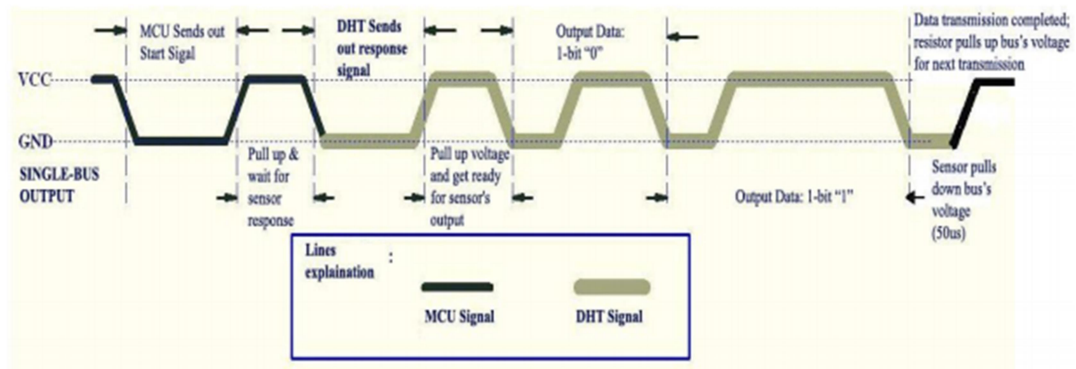
- i) Ακέραιο μέρος υγρασίας
- ii) Δεκαδικό μέρος υγρασίας
- iii) Ακέραιο μέρος θερμοκρασίας
- iv) Δεκαδικό μέρος θερμοκρασίας
- v) Άθροισμα ελέγχου.

Εάν η μεταφορά των δεδομένων είναι επιτυχής, τότε το άθροισμα της υγρασίας και θερμοκρασίας είναι ίσο με το άθροισμα ελέγχου.

4.4.1 Διαδικασία επικοινωνίας με μικροελεγκτή

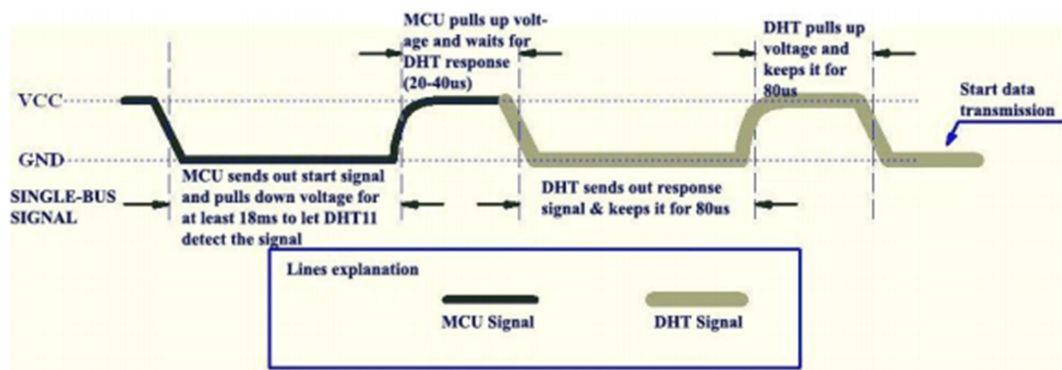
Όταν ο μικροελεγκτής στέλνει ένα σήμα έναρξης, ο DHT11 αλλάζει από τη λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης σε κατάσταση λειτουργίας, περιμένοντας την ολοκλήρωση του σήματος έναρξης. Μόλις ολοκληρωθεί, ο DHT11 στέλνει ένα μήνυμα απόκρισης με τα δεδομένων των 40-bit που αναλυσαμε παραπάνω. Χωρίς το σήμα εκκίνησης από τον μικροελεγκτή, ο DHT11 δεν θα δώσει το σήμα

απόκρισης. Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα, ο DHT11 θα αλλάξει σε χαμηλή κατανάλωση ενέργειας μέχρι να λάβει ξανά ένα σήμα έναρξης από τον μικροελεγκτή.



Εικόνα 25: Επικοινωνία DHT11-μικροελεγκτή

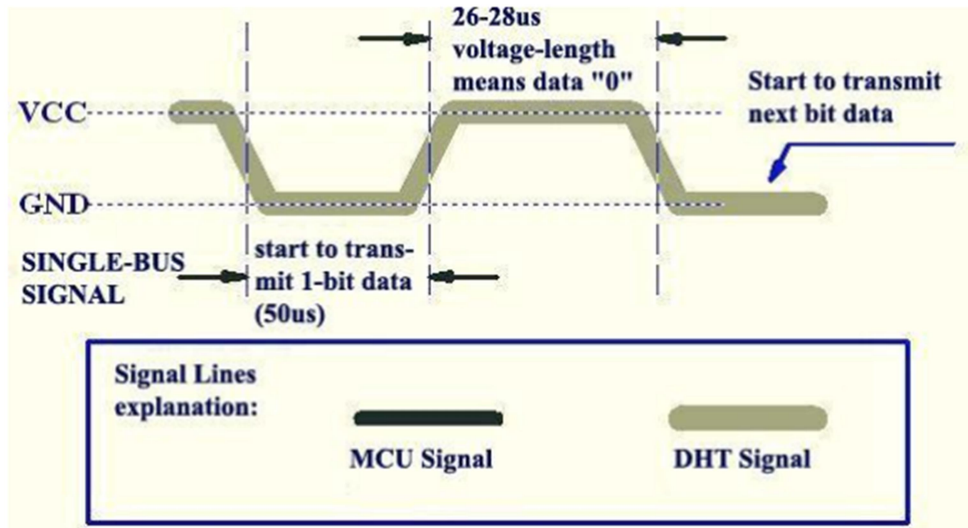
Όταν ο διάυλος επικοινωνίας είναι ελεύθερος είναι σε υψηλό δυναμικό. Η διαδικασία επικοινωνίας αρχίζει με το μικροελεγκτή να γράφει στο διάυλο λογικό μηδέν για τουλάχιστο 18ms, για να εξασφαλιστεί η ανίχνευση του σήματος από το DHT11. Αμέσως μετά, απελευθερώνεται ο διάυλος και ο μικροελεγκτής αναμένει για 20-40μs την απάντηση από το DHT11. Όλη αυτή η διαδικασία είναι το σήμα εκκίνησης. Από την στιγμή που ο DHT11 λάβει και αναγνωρίσει το σήμα εκκίνησης, στέλνει σαν απάντηση στο διάυλο λογικό μηδέν για τουλάχιστο 80μs. Τότε, απελευθερώνει τον διάυλο για 80μs με αποτέλεσμα η pull-up αντίσταση να κρατά τον διάυλο σε υψηλό δυναμικό και προετοιμάζεται το DHT11 να στείλει τα δεδομένα.



Εικόνα 26: Αποστολή σήματος εκκίνησης από το μικροελεγκτή και απάντηση από τον αισθητήρα

Μόλις ο DHT ανιχνεύσει το σήμα έναρξης, θα στείλει ένα σήμα απόκρισης χαμηλής τάσης, το οποίο διαρκεί 80μs. Στη συνέχεια, ο DHT θέτει το επίπεδο τάσης διαύλου δεδομένων από χαμηλό σε υψηλό και το διατηρεί για 80μs για προετοιμασία αποστολής δεδομένων. Όταν ο DHT στέλνει δεδομένα στο

μικροελεγκτή, κάθε bit δεδομένων ξεκινά με 50μs χαμηλής τάσης σήμα και μετά το μήκος της υψηλού δυναμικού κατάστασης καθορίζει αν το ακόλουθο bit δομένων είναι 0 ή 1. Η διαδικασία που περιγράφεται αποτυπώνεται στην παρακάτω εικόνα.



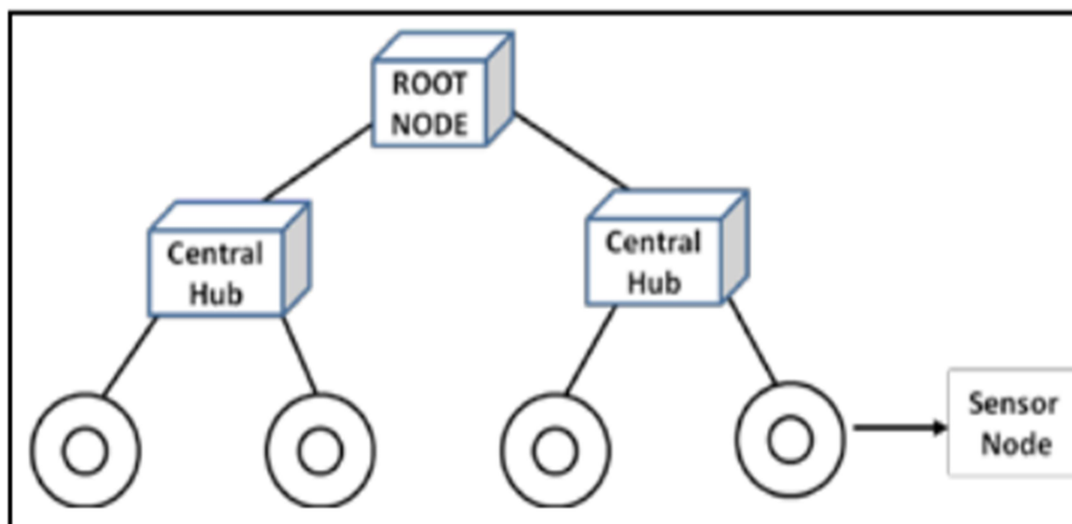
Εικόνα 27: Αποστολή δεδομένων από το DHT11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υλοποίηση Εφαρμογής

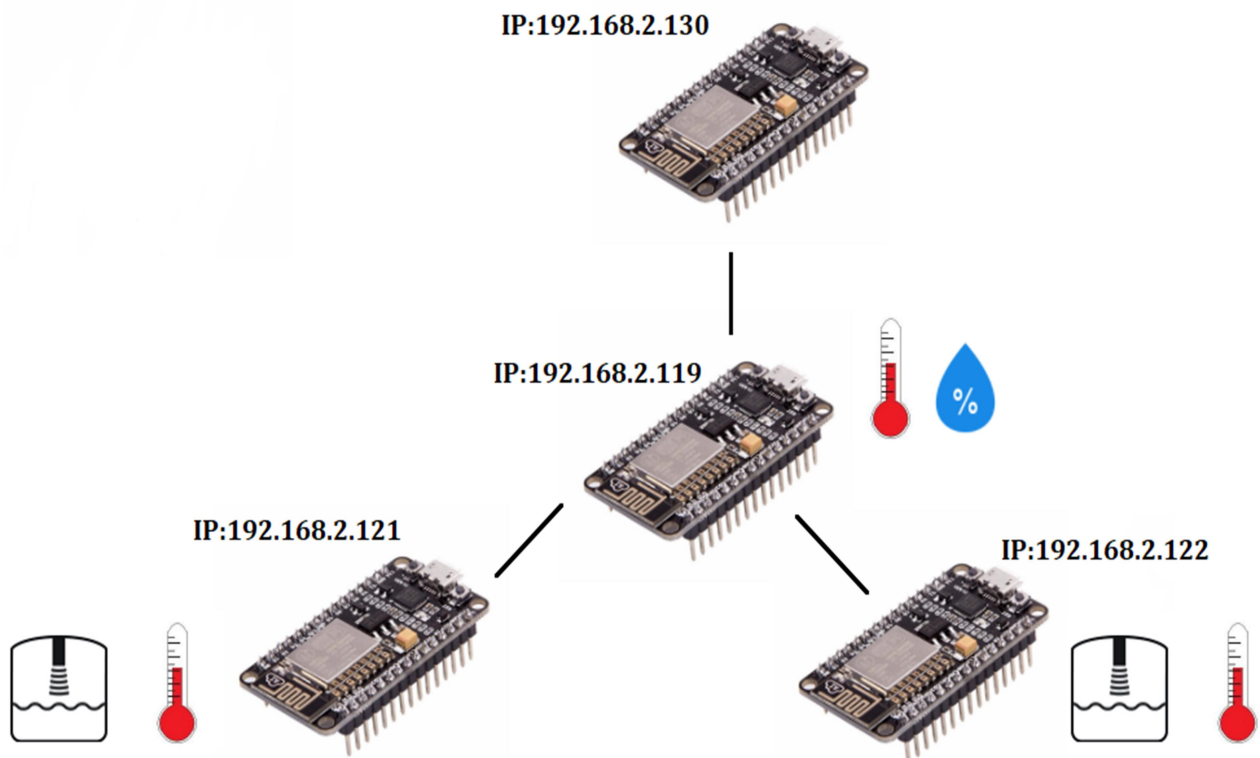
5.1 Εισαγωγή

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής υλοποιήθηκε ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (ΑΔΑ / Wireless Sensor Network - WSN) που ήταν απαραίτητο για τον έλεγχο των κρίσιμων παραμέτρων στα βαρέλια καθώς και στο κελάρι. Η τοπολογία που προτιμήθηκε ήταν αυτή του δέντρου. Τα δίκτυα με τοπολογία δέντρου αποτελούνται από έναν κόμβο-ρίζα του δικτύου οποίος επικοινωνεί με τον κεντρικούς κόμβους που βρίσκονται στο αμέσως επόμενο επίπεδο του δέντρου. Οι κεντρικοί κόμβοι επικοινωνούν με τους αισθητήριους κόμβους και προωθούν τα μηνύματα στο ανώτερο επίπεδο. Αυτό το είδος τοπολογίας διαθέτει το πλεονέκτημα της κλιμακωσιμότητας, καθώς κάθε νέος κόμβος μπορεί να εντάσσεται σε μια υπάρχουσα ομάδα, γεγονός που τον καθιστά άμεσα λειτουργικό.



Εικόνα 28: Τοπολογία δέντρου

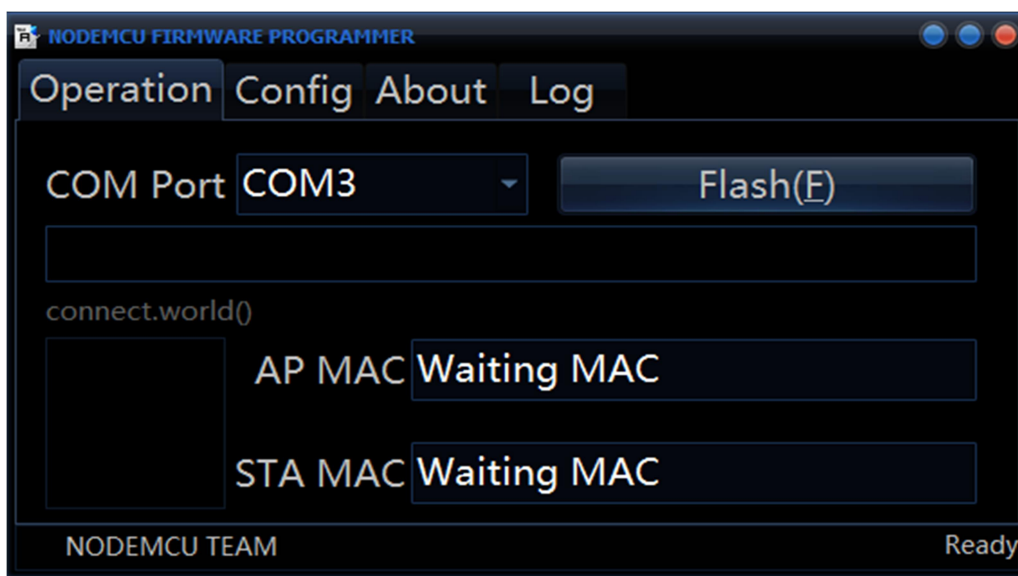
Στην περίπτωσή μας, δύο αισθητήριοι κόμβοι αναλαμβάνουν τη μέτρηση της θερμοκρασίας του οίνου και της στάθμης των βαρελιών. Για τις ανάγκες της διπλωματικής οι μετρήσεις λαμβάνονται κάθε δέκα δευτερόλεπτα και προωθούνται στο ανώτερο ιεραρχικά επίπεδο του δέντρου, στον κεντρικό κόμβο. Ο κεντρικός κόμβος ουσιαστικά συνδέει τους αισθητήριους κόμβους με τον κόμβο-ρίζα του δικτύου, καθώς λαμβάνει τις μετρήσεις από το κατώτερο επίπεδο του δέντρου και τις προωθεί εκ νέου στον κόμβο-ρίζα. Παράλληλα, ενσωματώνει αισθητήρες για μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο του κελαριού, παραμέτροι που επίσης αποστέλλονται στον κόμβο-ρίζα του δικτύου. Ο κόμβος στην κορυφή του δέντρου επικοινωνεί με τον κεντρικό κόμβο δεχόμενος τις μετρήσεις του κελαριού και των δύο βαρελιών και παράλληλα αποτελεί τον εξυπηρετητή της εφαρμογής. Ενημερώνει την ιστοσελίδα με τα δεδομένα που λαμβάνει από τον κεντρικό κόμβο και εξυπηρετεί τα http requests που λαμβάνει από τον χρήστη. Στις επόμενες υποενότητες αναλύονται λεπτομερώς οι λειτουργίες των κόμβων του δικτύου αφού πρώτα γίνει αναφορά στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της παρούσας εφαρμογής.



Εικόνα 29: Τοπολογία δικτύου εφαρμογής

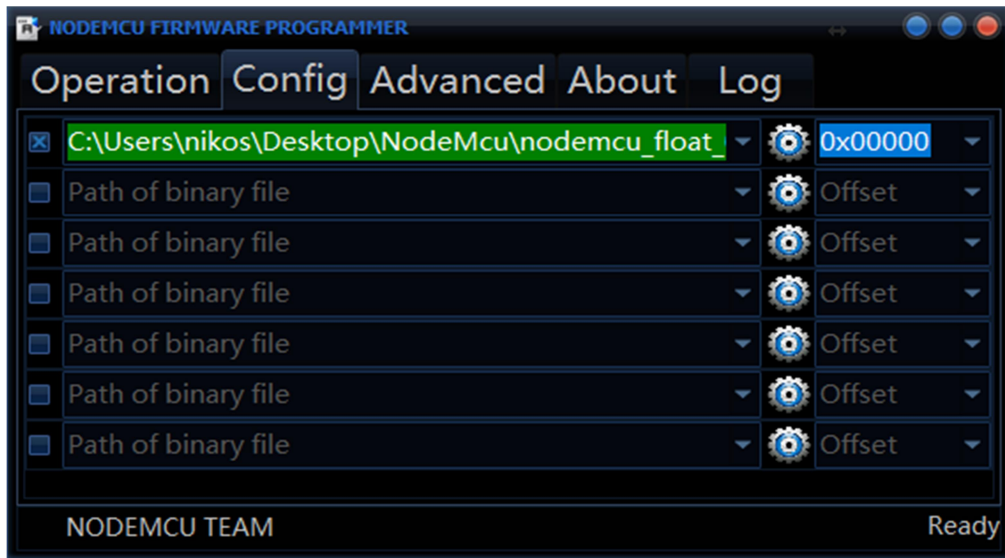
5.2 Φόρτωση firmware

Για τη φόρτωση δεδομένων και τον προγραμματισμό της πλακέτας απαιτείται να προηγηθεί η εγκατάσταση του firmware. Το υλικολογισμικό (firmware) είναι το λογισμικό των ηλεκτρονικών συσκευών. Το firmware είναι ένα είδος λογισμικού το οποίο είναι γραμμένο σε γλώσσα μηχανής (ή σε συμβολική γλώσσα) και είναι φτιαγμένο αποκλειστικά και μόνο για ένα μοντέλο συσκευής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το firmware είναι γραμμένο στη γλώσσα LUA. Η διαδικασία εγκατάστασης του firmware σημαίνει ολική αφαίρεση του προηγούμενου, εγγραφή του καινούριου και έλεγχο του καινούριου λογισμικού. Κύριος παράγοντας για την ασφαλή εγκατάσταση του είναι η αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Για την εγκατάσταση του firmware στην αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU χρησιμοποιήθηκε το NodeMCU-flasher-master.



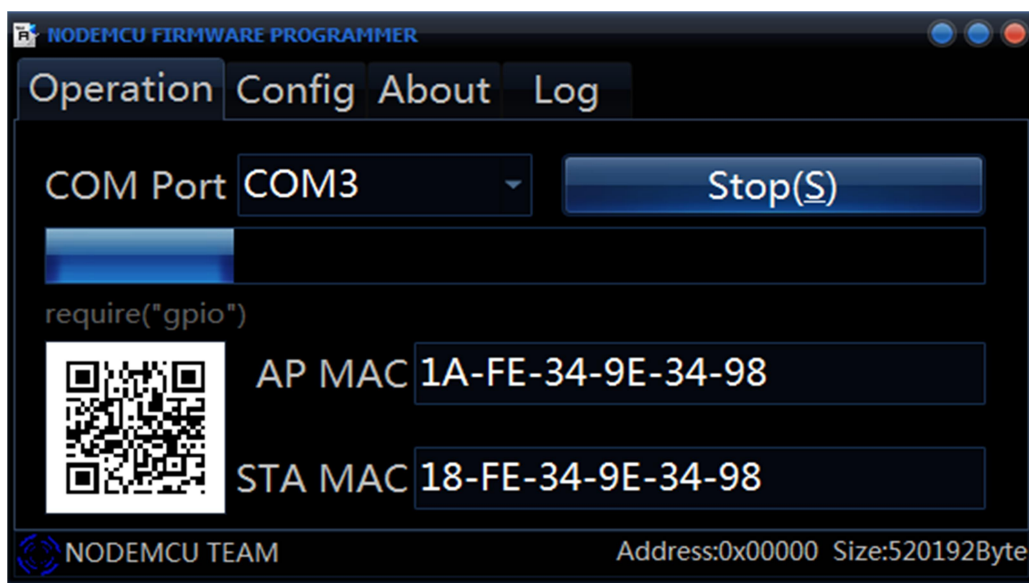
Εικόνα 30: Esp8266 Flasher

Με την εκτέλεση του προγράμματος αναγράφεται στα αριστερά η θύρα USB στην οποία έχει συνδεθεί το τερματικό μας με το NodeMCU. Κάνοντας κλικ στην επιλογή configuration μπορούμε να εγκαταστήσουμε το firmware της επιλογής μας. Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε η τελευταία και πιο ανανεωμένη version το **nodemcu_float_0.9.6-dev_20150704.bin**.



Εικόνα 31: Φόρτωση firmware

Στη συνέχεια κάνοντας κλικ στην επιλογή Flash ξεκινάει η διαδικασία φορτώματος του υλικολογισμικού στον μικροελεγκτή. Αναγράφονται επίσης οι MAC διευθύνσεις Access Point και Station του NodeMCU.

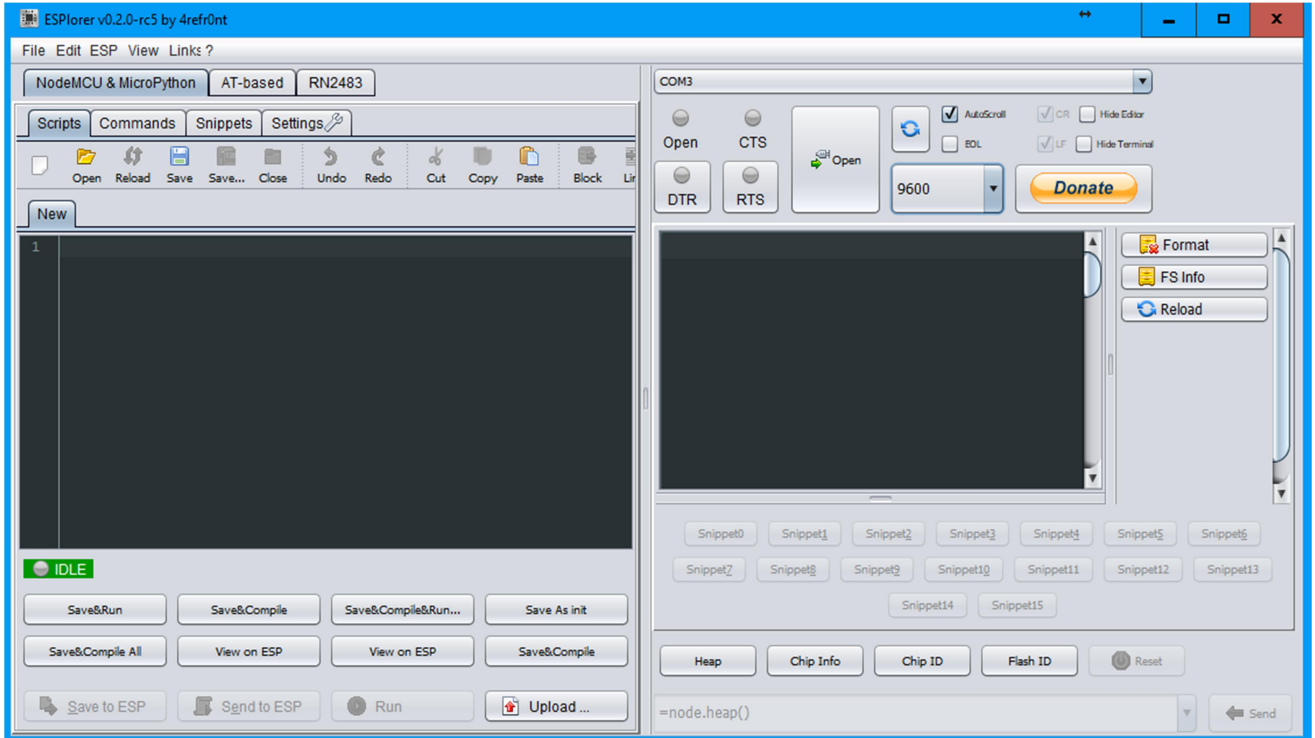


Εικόνα 32: Διαδικασία φορτώματος

5.3 Περιβάλλον Ανάπτυξης

Για τον προγραμματισμό της αναπτυξιακής πλακέτας NodeMCU υπήρχαν διάφορα εργαλεία που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε. Μία λύση ήταν η χρησιμοποίηση πλατφόρμας ανάπτυξης σε γλώσσα C/C++ όπως το Arduino IDE κατά κύριο λόγο, ή εναλλακτικά το Visual Studio που ουσιαστικά αποτελεί παραπλήσια λύση καθώς απαιτείται Arduino Plugin για την υλοποίηση σε αυτό το περιβάλλον. Για την υλοποίηση του project στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιήθηκε το Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης ESPlorer που αφορά αποκλειστικά τον προγραμματισμό μικροελεγκτών της οικογένειας ESP8266 όπως είναι και το NodeMCU. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται είναι η LUA που είναι και η γλώσσα που χρησιμοποιεί το υλικολογισμικό του NodeMCU, όπως έχει προαναφερθεί. Διαθέτει χαρακτηριστικά αυτόματης συμπλήρωσης κώδικα, Undo/Redo καθώς και έξυπνης αποστολής δεδομένων στον ESP8266, με επιβεβαίωση σωστής ανταπόκρισης από τον μικροελεγκτή μετά από κάθε γραμμή κώδικα που μεταγλωττίζεται.

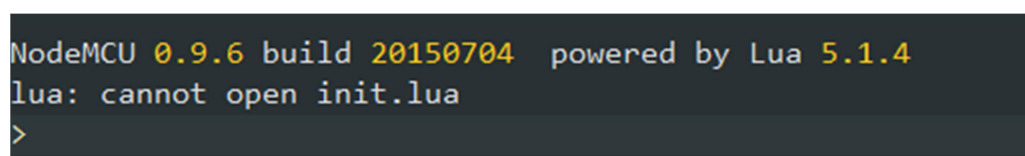
Μετά την εγκατάσταση του προγράμματος απαιτείται η εκτέλεση ενός αρχείου τύπου jar που οδηγεί στο περιβάλλον του προγράμματος, επομένως απαιτείται και η εγκατάσταση java έκδοσης 7 ή μεγαλύτερη.



Εικόνα 33: ESPlorer IDE

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο μετά το άνοιγμα του jar file που τρέχει την εφαρμογή. Έχοντας συνδέσει το NodeMCU στην θύρα USB (COM 3) εμφανίζεται η επιλογή της στο πάνω και δεξιά μέρος της οθόνης καθώς και η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης της σειριακής επικοινωνίας που στην περίπτωση μας έχει οριστεί στα 9200 bits ανα δευτερόλεπτο. Στα δεξιά υπάρχουν επίσης και οι επιλογές Format που κάνει ολική εκκαθάριση στη μνήμη του μικροελεγκτή, FS Info που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη χρησιμοποιούμενη και τη διαθέσιμη μνήμη καθώς και η Reload που εμφανίζει τα αρχεία που υπάρχουν στη μνήμη. Στην αριστερή πλευρά είναι ο χώρος στον οποίο γράφεται ο κώδικας σε γλώσσα LUA και στο κάτω μέρος οι επιλογές για αποθήκευση του αρχείου στον μικροελεγκτή ή/και η άμεση εκτέλεση του.

Γενικά, η φόρτωση των δεδομένων στο NodeMCU γίνεται ανά αρχείο. Κάθε αρχείο επιτελεί μία ξεχωριστή λειτουργία και μπορεί να καλεί συναρτήσεις από άλλα αρχεία ή και να αναλαμβάνει το πότε θα εκτελούνται. Αμέσως μετά την ενεργοποίηση του μικροελεγκτή γίνεται αναζήτηση για το αν υπάρχει αρχείο με όνομα **init.lua** που είναι και το αρχείο που αναλαμβάνει να επιτελέσει τις λειτουργίες που θέλουμε να πραγματοποιούνται μόλις ξεκινήσει η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο μικροελεγκτή. Αν δεν υπάρχει στη μνήμη αρχείο με τέτοιο όνομα τότε ο μικροελεγκτής δεν εκτελεί κάποιο άλλο αρχείο και κατα συνέπεια καμία συγκεκριμένη λειτουργία.



```
NodeMCU 0.9.6 build 20150704 powered by Lua 5.1.4
lua: cannot open init.lua
>
```

Εικόνα 34: Αποτυχία εύρεσης αρχείου `init.lua`

5.4 Κόμβος-ρίζα του δικτύου

Ο κόμβος που βρίσκεται στην κορυφή της δενδρικής τοπολογίας του δικτύου, επικοινωνεί με το αμέσως επόμενο κατώτερο επίπεδο (τον κεντρικό κόμβο) για τη λήψη των μετρήσεων στο κελάρι και στα βαρέλια. Λαμβάνει περιοδικά νέα δεδομένα και πρέπει να αναγνωρίσει που αναφέρονται (κελάρι, αριθμός βαρελιού) καθώς και να ενημερώσει κατάλληλα την ιστοσελίδα. Παράλληλα, όντας ο server της εφαρμογής απαντά στα αιτήματα των πελατών της ιστοσελίδας, δεχόμενος http requests, για την παρουσίαση των δεδομένων που ενδιαφέρουν τον χρήστη. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα ελέγχου του λογικού επιπέδου ενός από τα pin του κόμβου από το χρήστη λειτουργία που αναλύεται σε επόμενη υποενότητα.

5.4.1 Λειτουργία κόμβου-ρίζα

Για την εκτέλεση όλων των απαιτούμενων λειτουργιών του ο κεντρικός κόμβος του δικτύου χρειάζεται δύο αρχεία lua όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα μετά την εκτέλεση της εντολής Reload στο περιβάλλον του ESPlorer.

```
init.lua      : 21 bytes
server.lua    : 4059 bytes
-----
Total file(s) : 2
Total size    : 4080 bytes

Total : 3447234 bytes
Used   : 5020 bytes
Remain: 3442214 bytes
```

Εικόνα 35: Κατάσταση μνήμης κεντρικού κόμβου

Το αρχείο **init.lua**, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι το αρχείο που εκτελείται αμέσως μετά την εκκίνηση του μικροελεγκτή και το περιεχόμενό του είναι να μία εντολή που εκτελεί το αρχείο **server.lua**. Θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε το περιεχόμενο του αρχείου **server.lua** σε αυτό του **init.lua** και να έχουμε συνολικά τρία αρχεία αλλά για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιήσαμε αυτή την υλοποίηση (για παράδειγμα ο ίδιος μικροελεγκτής στο μέλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μία άλλη βασική λειτουργία). Το **server.lua** περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες που αφορούν:

- i) την επικοινωνία με τον κεντρικό κόμβο του δικτύου για τη λήψη των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν,
- ii) την ενημέρωση των κατάλληλων μεταβλητών μετά από κάθε λήψη νέας μέτρησης,
- iii) την εξυπηρέτηση των αιτημάτων των πελατών της ιστοσελίδας ανάλογα με τις παραμέτρους που ζητούνται,
- iv) τον έλεγχο του pin D4 του μικροελεγκτή.

Πιο αναλυτικά, αρχικά περιλαμβάνονται εντολές που αφορούν τη σύνδεση του μικροελεγκτή στο Wi-Fi router για την πρόσβαση της συσκευής στο διαδίκτυο. Η συσκευή τίθεται σε κατάσταση Wi-Fi Station και στη συνέχεια ακολουθεί εντολή για τη σύνδεση στο router που περιλαμβάνει το SSID και το password του δικτύου. Είναι απαραίτητο να δίνεται σε κάθε εκκίνηση της συσκευής σταθερή διεύθυνση IP κάτι που επιτυγχάνεται με την εντολή: **wifi.sta.setip({ip="192.168.2.130",netmask="255.255.255.0",gateway="192.168.2.1"}).** Στην περίπτωσή μας, από τις διαθέσιμες IP έχει γίνει επιλογή της διεύθυνσης 192.168.2.130. Με την εντολή **wifi.sta.getip()** μπορούμε να

επιβεβαιώσουμε ότι έχει επιτευχθεί η σύνδεση και έχουμε πάρει τη σωστή διεύθυνση IP όπως φαίνεται παρακάτω. Πρώτα αναγράφεται η διεύθυνση IP, στη συνέχεια η μάσκα του υποδικτύου και η διεύθυνση τοπικού δικτύου.

```
=wifi.sta.getip()  
192.168.2.130 255.255.255.0 192.168.2.1
```

Εικόνα 36: Wi-Fi Connection Status

Στη συνέχεια γίνεται αρχικοποίηση των μεταβλητών που αφορούν τις λαμβανόμενες μετρήσεις από τον κεντρικό κόμβο. Αρχικά τίθενται στην τιμή «Waiting...» μέχρι να υπάρξει ενημέρωση των τιμών. Μόλις ολοκληρωθούν τα παραπάνω ακολουθεί η συνάρτηση που δημιουργεί έναν TCP Server και στο σώμα της διαχειρίζεται τα αιτήματα των clients της ιστοσελίδας και επικοινωνεί με τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου. Γενικά το στυλ προγραμματισμού που ακολουθείται είναι ασύγχρονο και event-driven. Αρχικά, ο server ορίζεται να «ακούει» στη θύρα 80, εφόσον είναι και η προκαθορισμένη θύρα του πρωτόκολλου HTTP για την λήψη των αιτημάτων των πελατών της ιστοσελίδας. Ο server δεν επιτελεί κάποια λειτουργία και αναμένει τη λήψη αιτήματος για να ενεργήσει. Μόλις ο server λάβει ένα http request ελέγχει το πεδίο του get και εκτελεί μια διαδικασία string processing για το άνοιγμα της σελίδας που έχει ζητήσει ο χρήστης.

```
192.168.2.3  
GET /?cellar.html HTTP/1.1  
Host: 192.168.2.130  
Connection: keep-alive  
Upgrade-Insecure-Requests: 1  
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36  
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp  
Referer: http://192.168.2.130/  
Accept-Encoding: gzip, deflate  
Accept-Language: el-GR,el;q=0.8
```

Εικόνα 37: Http Request

Ως παράδειγμα δίνεται η παραπάνω εικόνα στην οποία παρουσιάζεται το αίτημα που λαμβάνει ο μικροελεγκτής (από το τερματικό με IP:192.168.2.3)

όταν ζητείται το άνοιγμα της σελίδας που αφορά τις μετρήσεις του κελαριού, όπως φαίνεται και από το πεδίο GET. Κατά συνέπεια, γίνεται αντιληπτή η συμβολοσειρά *cellar.html* και ανοίγεται κατ'αυτόν τον τρόπο η ζητούμενη σελίδα στο χρήστη. Με ανάλογο τρόπο γίνεται η εξυπηρέτηση των υπόλοιπων σελίδων ανάλογα με το ποιιά δέδομενα ενδιαφέρουν το χρήστη.

```
192.168.2.119
Cellar : Temperature 28.5625 °C<br>Humidity 41 %<br>
Barrel 1 : Temperature : 27.0625 °C<br>Distance : 81.74 cm<br><br>
Barrel 2 : Temperature : 28.125 °C<br>Distance : 82.08 cm<br>
```

Εικόνα 38: Central Node-Root Node communication

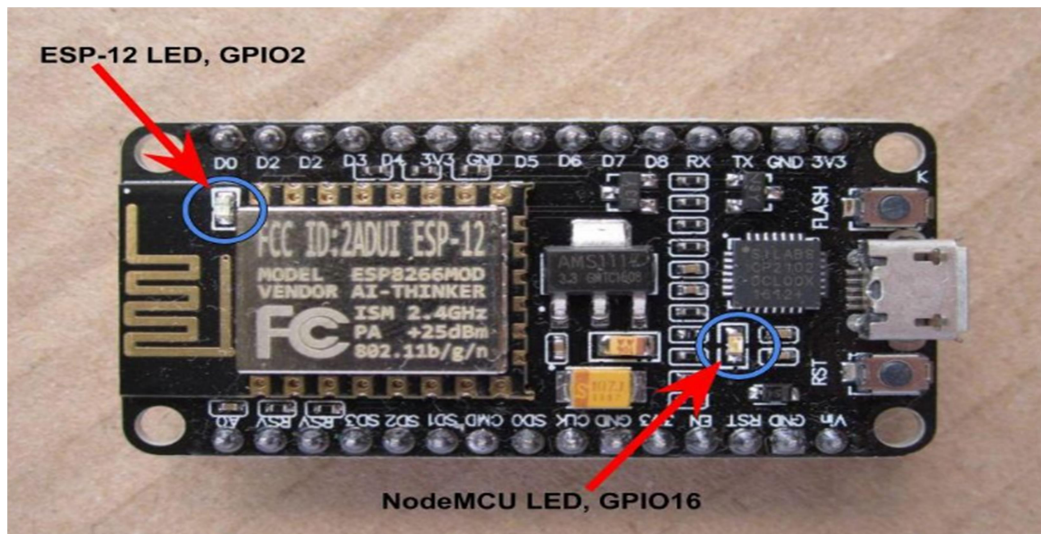
Στην παραπάνω εικόνα αποτυπώνεται στο περιβάλλον του ESPloer IDE η επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού κόμβου και του κόμβου-ρίζα του δικτύου. Αναγράφονται η IP η οποία επικοινωνήσε με τον κόμβο (IP:192.168.2.119) και το μήνυμα το οποίο εστάλη που είναι τα δεδομένα που αφορούν το χρήστη τα οποία στη συνέχεια θα δημοσιευτούν στην ιστοσελίδα της εφαρμογής.

Στο πρόγραμμα που τρέχει ο κεντρικός κόμβος κρίθηκε απαραίτητη η χρήση της τεχνικής συλλογής απορριμάτων (*garbage collection*). Είναι μία μορφή αυτόματης διαχείρισης μνήμης και στην περίπτωσή μας η λειτουργία της επιτυγχάνεται με την εντολή **collectgarbage()**. Ο συλλέκτης απορριμμάτων ή απλώς ο συλλέκτης επιχειρεί να ανακτήσει τη μνήμη που καταλαμβάνουν αντικείμενα που δεν χρησιμοποιούνται πλέον από το πρόγραμμα. Εφόσον εργαζόμαστε σε μία μικροσυσκευή που διαθέτει περιορισμένες δυνατότητες μία τέτοιου είδους τεχνική συμβάλλει στην ομαλότερη λειτουργία της.

5.4.2 GPIO Control

Εκτός των λειτουργιών επικοινωνίας με τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου, τη διατήρηση της ιστοσελίδας της εφαρμογής και τη μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας του κελαριού, έχει δοθεί η δυνατότητα στον κεντρικό κόμβο να μπορεί να μεταβάλλει το επίπεδο τάσης των εισόδων του. Αυτή η πρόσθετη λειτουργία εντάσσεται στον τομέα επικοινωνίας M2M (*Machine2Machine*) δηλαδή στην επικοινωνία μεταξύ συσκευών. Δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης κάποιας άλλης συσκευής στην κατάλληλη είσοδο/έξοδο γενικού σκοπού (GPIO) με αποτέλεσμα ο χρήστης αξιολογώντας τις παραμέτρους που τον ενδιαφέρουν από την ιστοσελίδα, να μπορεί να δρα απομακρυσμένα και να ελέγχει την εν λόγω συσκευή μέσω του κεντρικού κόμβου του δικτύου. Για παράδειγμα μπορεί να συνδεθεί σύστημα κλιματισμού στο κελάρι και όποτε κρίνεται απαραίτητο να ενεργοποιείται είτε να απενεργοποιείται.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, ορίσαμε το D4 (GPIO2) της αναπτυξιακής πλακέτας για είσοδο ελέγχου.

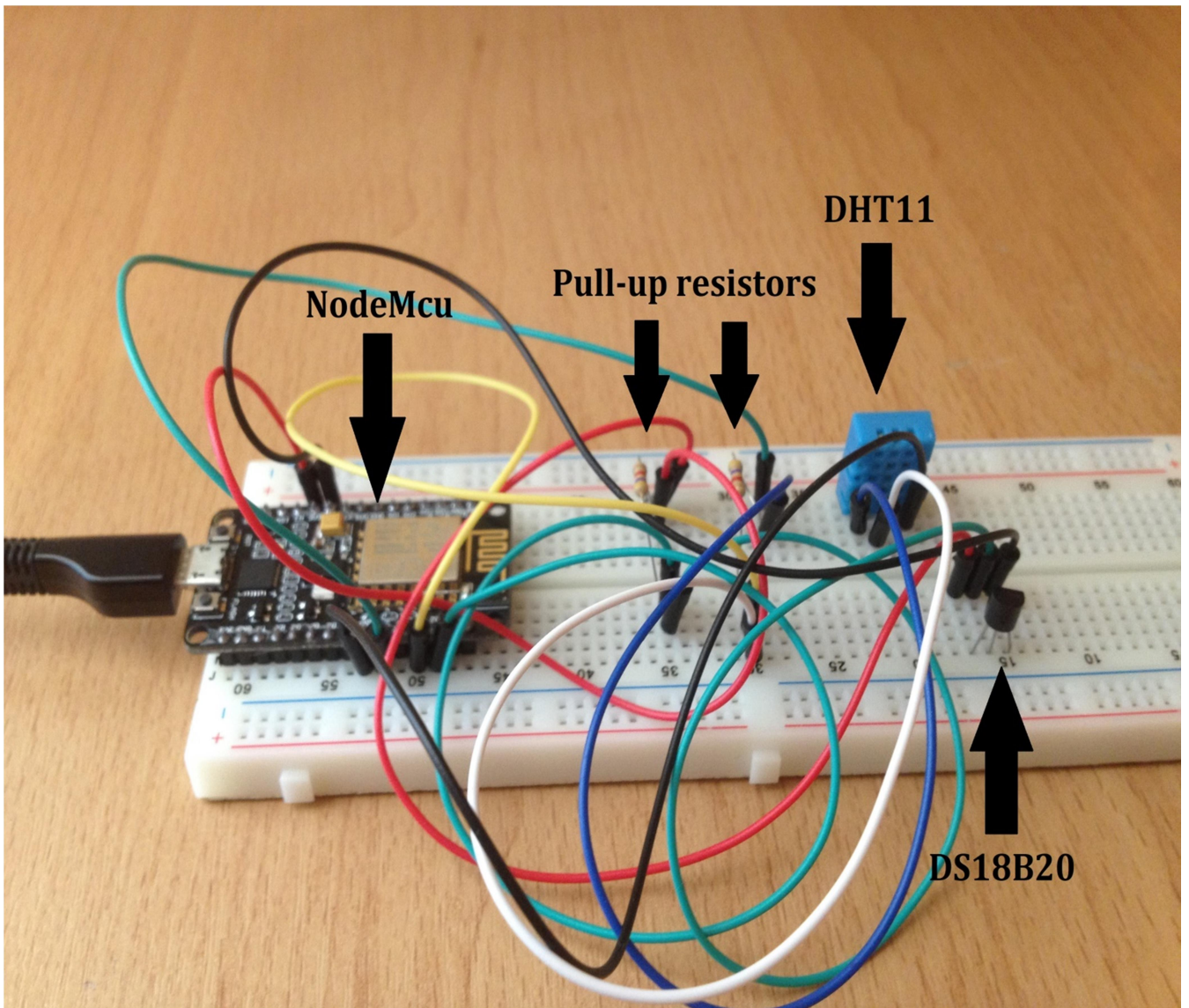


Εικόνα 39: Leds αναπτυξιακής πλακέτας

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα, η πλακέτα διαθέτει δυο leds τα οποία ανάβουν ή σβήνουν ανάλογα με την τάση στα pins GPIO2 ή GPIO16. Τα δύο αυτά leds λειτουργούν με «αντίστροφη» λογική, δηλαδή σβήνουν όταν τα pins είναι σε υψηλό λογικό επίπεδο (3.3V) και ανάβουν στα 0V. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση μας που ελέγχουμε το pin D4 (GPIO2), γνωρίζουμε ότι βρίσκεται στα 3,3V όταν είναι σβηστό το πάνω αριστερά led της φωτογραφίας ενώ ότι είναι στα 0V όταν είναι αναμμένο.

5.5 Κεντρικός κόμβος του δικτύου

Όπως έχει προαναφερθεί ο κεντρικός κόμβος του δικτύου επιφορτίζεται με την επικοινωνία με τους υπόλοιπους κόμβους που βρίσκονται στα βαρέλια καθώς και με τον κόμβο-ρίζα που αποτελεί τον server της εφαρμογής. Λαμβάνει περιοδικά δεδομένα από τους αισθητήριους κόμβους και κάθε δέκα δευτερόλεπτα τα αποστέλλει στον κόμβο-ρίζα του δικτύου. Εκτός των παραπάνω, διαθέτει δύο αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο του κελαριού, δεδομένα που επίσης προωθούνται στο ανώτερο ιεραρχικά επίπεδο του δέντρου.



Εικόνα 40: Ο κεντρικός κόμβος συνδεδεμένος σε breadboard

5.5.1 Λειτουργία κεντρικού κόμβου

Για την εκτέλεση όλων των απαιτούμενων λειτουργιών του ο κεντρικός κόμβος του δικτύου χρειάζεται τέσσερα αρχεία lua όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα μετά την εκτέλεση της εντολής Reload στο περιβάλλον του ESPlorer.


```
central_node.lua : 1970 bytes
dht11.lua       : 1546 bytes
ds18b20.lua     : 2517 bytes
init.lua        : 27 bytes
-----
Total file(s)   : 4
Total size      : 6060 bytes

> r,u,t=file.fsinfo() print("Total : "..t.." bytes\r\nUsed : "
Total : 3396281 bytes
Used   : 7781 bytes
Remain: 3388500 bytes
```

Εικόνα 41: Κατάσταση μνήμης κεντρικού κόμβου

Περιλαμβάνει τα αρχεία που είναι απαραίτητα για το διάβασμα των τιμών από τους αισθητήρες που έχουν συνδεθεί. Αυτά τα αρχεία είναι τα **dht11.lua** και το **ds18b20.lua** και ουσιαστικά εκτελούνται όταν ζητηθεί η πραγματοποίηση μέτρησης των παραμέτρων της υγρασίας και της θερμοκρασίας αντίστοιχα. Το αρχείο **init.lua**, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι το αρχείο που εκτελείται αμέσως μετά την εκκίνηση του μικροελεγκτή και το περιεχόμενό του είναι να μία εντολή που εκτελεί το τέταρτο κατά σειρά αρχείο **central_node.lua**. Το **central_node.lua** περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες που αφορούν:

- i) το διάβασμα των μετρήσεων των αισθητήρων που είναι συνδεδεμένοι στον συγκεκριμένο κόμβο του δικτύου,
- ii) την επικοινωνία με τους αισθητήριους κόμβους του δικτύου που βρίσκονται στα βαρέλια και την λήψη μετρήσεων από αυτούς,
- iii) την αποστολή των δεδομένων από τους αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας του κελαριού και αυτών που λαμβάνονται από τους αισθητήριους κόμβους στον κόμβο-ρίζα του δικτύου.

Πιο συγκεκριμένα, το αρχικό στάδιο αφορά και σε αυτήν την περίπτωση, τη σύνδεση του μικροελεγκτή στο Wi-Fi router. Η συσκευή τίθεται σε κατάσταση Wi-Fi Station και στη συνέχεια συμπληρώνονται τα πεδία του SSID και του password για την επίτευξη της σύνδεσης. Η IP που παρέχεται στη συσκευή είναι σταθερή (IP:192.168.2.119).

Στη συνέχεια γίνεται αρχικοποίηση των μεταβλητών που αφορούν τις λαμβανόμενες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας από τους αισθητήρες της συσκευής καθώς και αυτών της θερμοκρασίας και της απόστασης που πρόκειται να ληφθούν από τους άλλους κόμβους του δικτύου. Φορτώνονται οι απαραίτητες βιβλιοθήκες και ορίζονται τα pins που θα λάβουν τα δεδομένα από τους αισθητήρες. Παρακάτω παρουσιάζεται η κατάσταση του μικροελεγκτή

αμέσως μετά την εκκίνηση της λειτουργίας του. Έχει επιτευχθεί σύνδεση στο Wi-Fi router και έχει γίνει διάβασμα των πρώτων μετρήσεων.

```
NodeMCU 0.9.6 build 20150704 powered by Lua 5.1.4
192.168.2.119 255.255.255.0 192.168.2.1
Temperature: 27.0625 °C
Humidity: 29 %
```

Εικόνα 42: First measurements

Μόλις ολοκληρωθούν τα παραπάνω ακολουθεί η συνάρτηση που δημιουργεί έναν TCP Server και στο σώμα της διαχειρίζεται τα αιτήματα των clients που αποστέλλουν δεδομένα στον κόμβο. Οι clients είναι οι αισθητήριοι κόμβοι των βαρελιών που επικοινωνούν με τον κεντρικό κόμβο κάθε δέκα δευτερόλεπτα για την αποστολή των μετρήσεων. Με την εντολή `conn:getpeer()` γνωρίζουμε ποιός από τους κόμβους έχει επικοινωνήσει λαμβάνοντας την IP του. Έτσι ενημερώνουμε την κατάλληλη μεταβλητή που αφορά τις μετρήσεις του εκάστοτε βαρελιού με τη νέα τιμή που λαμβάνεται από τον αρμόδιο κόμβο. Στην παρακάτω εικόνα δίνεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας του κεντρικού κόμβου με τους αισθητήριους κόμβους του δικτύου. Απεικονίζονται τα δεδομένα των μετρήσεων που λαμβάνονται συνοδευόμενα από την IP που έχουν προέλθει. Το μήνυμα «Measurements received» αποστέλλεται στον κεντρικό κόμβο από τον server της εφαρμογής κάθε φορά που λαμβάνει νέα δεδομένα.

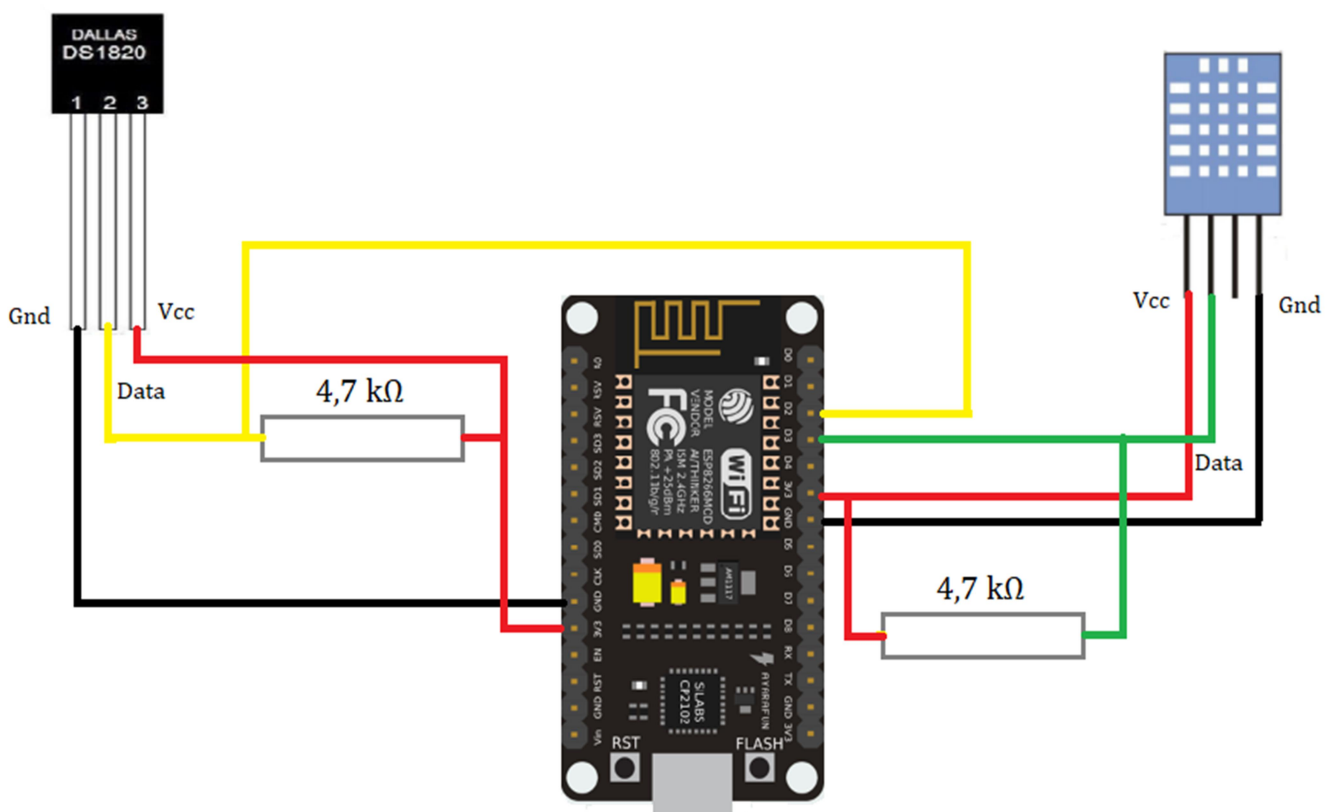
```
> 192.168.2.122
Temperature : 27.75 °C<br>Distance : 83.54 cm<br>
192.168.2.121
Temperature : 25.75 °C<br>Distance : 82.24 cm<br>
192.168.2.122
Temperature : 27.75 °C<br>Distance : 82.88 cm<br>
Measurements received
192.168.2.121
Temperature : 25.75 °C<br>Distance : 82.39 cm<br>
192.168.2.122
Temperature : 27.75 °C<br>Distance : 83.4 cm<br>
Measurements received
192.168.2.121
Temperature : 25.75 °C<br>Distance : 82.24 cm<br>
192.168.2.122
Temperature : 27.75 °C<br>Distance : 83.01 cm<br>
```

Εικόνα 43: Central node communication example

Όσον αφορά την επικοινωνία με το ανώτερο ιεραρχικά επίπεδο του δικτύου, με την εντολή `net.createConnection(net.TCP)` δημιουργείται TCP σύνδεση

ανάμεσα στον κεντρικό κόμβο (που στη συγκεκριμένη περίπτωση λειτουργεί ως client) και στον κόμβο-ρίζα του δικτύου στον οποίο πρέπει να αποστείλουμε τα δεδομένα. Γνωρίζοντας την IP του κόμβου προορισμού (192.168.2.130) και της θύρας από την οποία λαμβάνει δεδομένα (port:80) επιτυγχάνεται η επικοινωνία ανάμεσα στους δύο κόμβους.

5.5.2 Συνδεσμολογία κεντρικού κόμβου



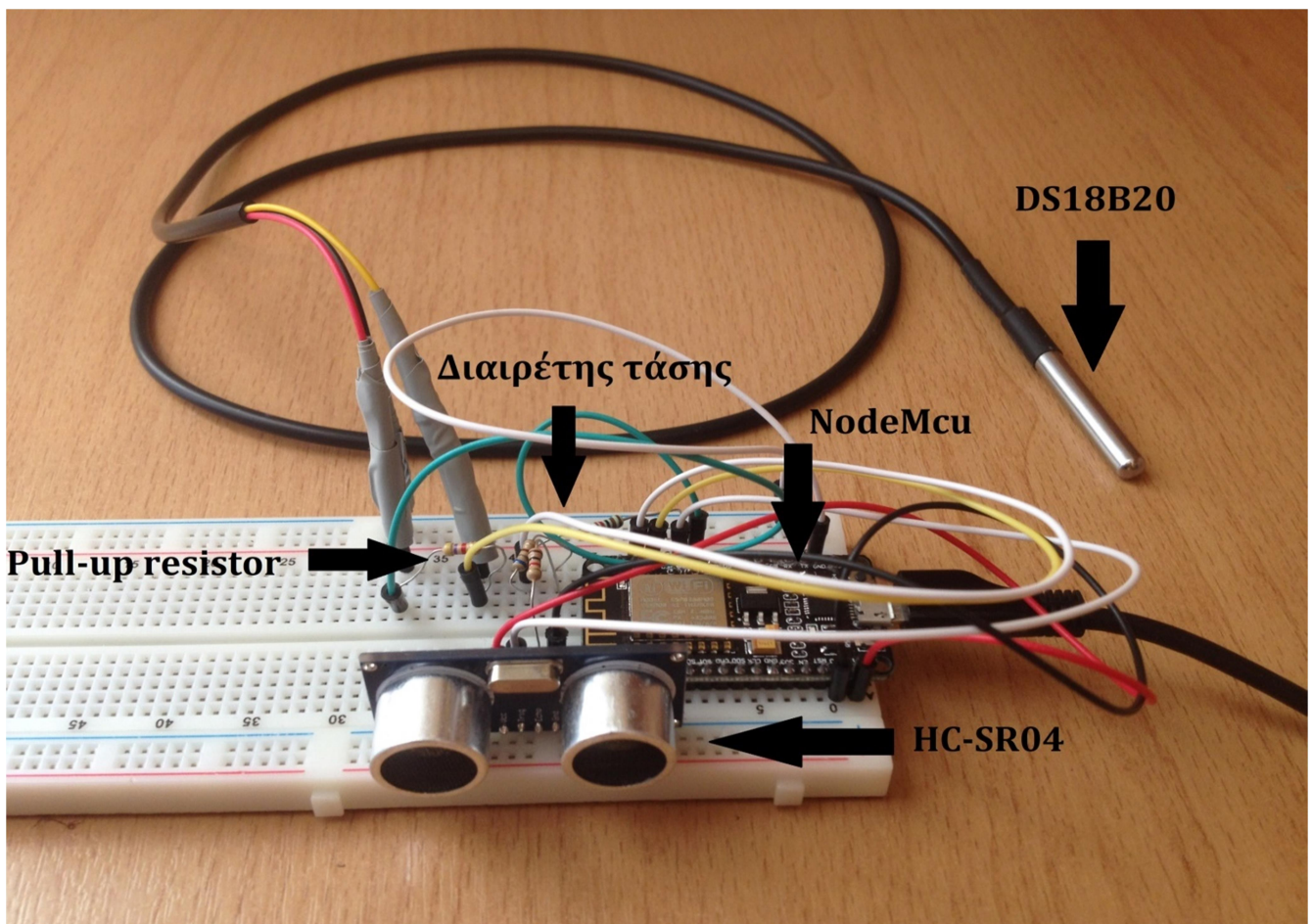
Εικόνα 44: Συνδεσμολογία κεντρικού κόμβου

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η συνδεσμολογία του κεντρικού κόμβου του δικτύου που αποτελείται από την αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU τον αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20 και τον αισθητήρα υγρασίας DHT11. Η τάση τροφοδοσίας και των δύο αισθητήρων είναι στα 3.3 Volt και παρέχεται από τα αντίστοιχα pins της αναπτυξιακής πλακέτας. Τα δεδομένα από τους αισθητήρες λαμβάνονται από τα pins D2 (από τον DS18B20) και D3 (από τον DHT11). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν pull-up αντιστάσεις των 4.7 kΩ ανάμεσα στη γραμμή τροφοδοσίας και στον αγωγό σήματος και στους δύο αισθητήρες. Η

προαναφερθείσα πρακτική χρησιμοποιείται για να διασφαλίζεται ότι το σήμα θα βρίσκεται σε έγκυρο λογικό επίπεδο.

5.6 Αισθητήριои κόμβοι μέτρησης παραμέτρων κρασιού

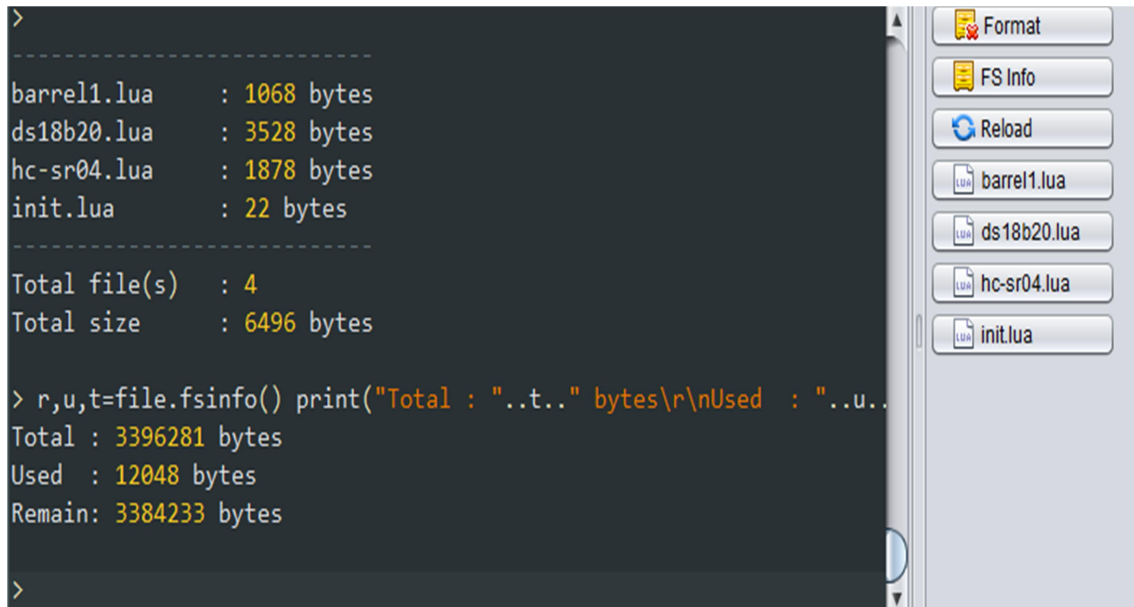
Οι κόμβοι που βρίσκονται στα βαρέλια του δικτύου περιλαμβάνουν δύο αισθητήρες, έναν για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του κρασιού και έναν για τη μέτρηση της απόστασης από την κορυφή του βαρελιού. Είναι προγραμματισμένοι ώστε να πραγματοποιούν τις απαραίτητες μετρήσεις και να αποστέλλουν τα δεδομένα στον κεντρικό κόμβο του δικτύου. Η επικοινωνία αυτή πραγματοποιείται κάθε δέκα δευτερόλεπτα ώστε να γίνεται ανανέωση των μετρήσεων στην ιστοσελίδα.



Εικόνα 45: Κόμβος μέτρησης συνδεδεμένος στο breadboard

5.6.1 Λειτουργία κόμβων μέτρησης

Η εκτέλεση των απαιτούμενων λειτουργιών του κάθε κόμβου απαιτεί την εγκατάσταση και την εκτέλεση τεσσάρων προγραμμάτων lua όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα που αποτυπώνει τη μνήμη του μικροελεγκτή.



```
>
-----
barrel1.lua      : 1068 bytes
ds18b20.lua     : 3528 bytes
hc-sr04.lua     : 1878 bytes
init.lua        : 22 bytes
-----
Total file(s)   : 4
Total size      : 6496 bytes

> r,u,t=file.fsinfo() print("Total : "..t.." bytes\r\nUsed : "..u.."
Total : 3396281 bytes
Used : 12048 bytes
Remain: 3384233 bytes

>
```

Εικόνα 46: Κατάσταση μνήμης ενός από τους κόμβους μέτρησης

Στη μνήμη του μικροελεγκτή περιλαμβάνονται οι βιβλιοθήκες που είναι υπεύθυνες για την ανάγνωση των παραμέτρων της θερμοκρασίας και της απόστασης που είναι τα αρχεία **ds18b20.lua** και **hc-sr04.lua** αντίστοιχα. Αφορούν τη λήψη δεδομένων από τους αισθητήρες και εκτελούνται κάθε φορά που ζητείται νέα μέτρηση από το χρήστη. Σε πλήρη αντιστοιχία με τον κεντρικό κόμβο, έχουμε το αρχείο **init.lua** που εκτελείται κατά την έναρξη λειτουργίας του NodeMCU και εκτελεί το αρχείο **barrel1.lua**. Το αρχείο **barrel1.lua** είναι αυτό που οργανώνει όλες τις βασικές λειτουργίες του κόμβου. Αναλαμβάνει την αλληλεπίδραση με τους αισθητήρες και την επικοινωνία με τον κεντρικό κόμβο.

Πιο αναλυτικά, όπως και στον κεντρικό κόμβο υλοποιείται η σύνδεση του μικροελεγκτή στο Wi-Fi router για την πρόσβαση της συσκευής στο δίκτυο. Θα μπορούσαμε να μη συνδέσουμε τους κόμβους των βαρελιών στο router αλλά να δημιουργήσουμε ένα τοπικό δίκτυο με gateway τον κεντρικό κόμβο. Στην πράξη όμως παρατηρήθηκε ότι η ασύρματη σύνδεση παρουσίαζε προβλήματα ακόμα και σε μικρές αποστάσεις κατά συνέπεια για πρακτικούς λόγους δεν υιοθετήθηκε αυτή η τεχνική. Η συσκευή και σε αυτήν την περίπτωση τίθεται σε κατάσταση Wi-Fi Station και στη συνέχεια ακολουθεί εντολή για τη σύνδεση στο router που περιλαμβάνει το SSID και το password του δικτύου. Είναι απαραίτητο να δίνεται σε κάθε εκκίνηση της συσκευής σταθερή διεύθυνση IP, για να είναι

δυνατή η ανίχνευση της από τον κεντρικό κόμβο. Στη συνέχεια, μόλις ολοκληρώνονται οι εντολές που αφορούν τη δικτύωση, γίνεται αρχικοποίηση των μεταβλητών που αφορούν τις λαμβανόμενες τιμές θερμοκρασίας και απόστασης από τους αισθητήρες της συσκευής. Φορτώνονται οι απαραίτητες βιβλιοθήκες και ορίζονται τα pins που θα λάβουν τα δεδομένα. Όλες οι παραπάνω διεργασίες πραγματοποιούνται κατά την εκκίνηση της συσκευής και αφορούν την προεργασία για τη λήψη των δεδομένων από τους αισθητήρες και την επικοινωνία της συσκευής με τον κεντρικό κόμβο.

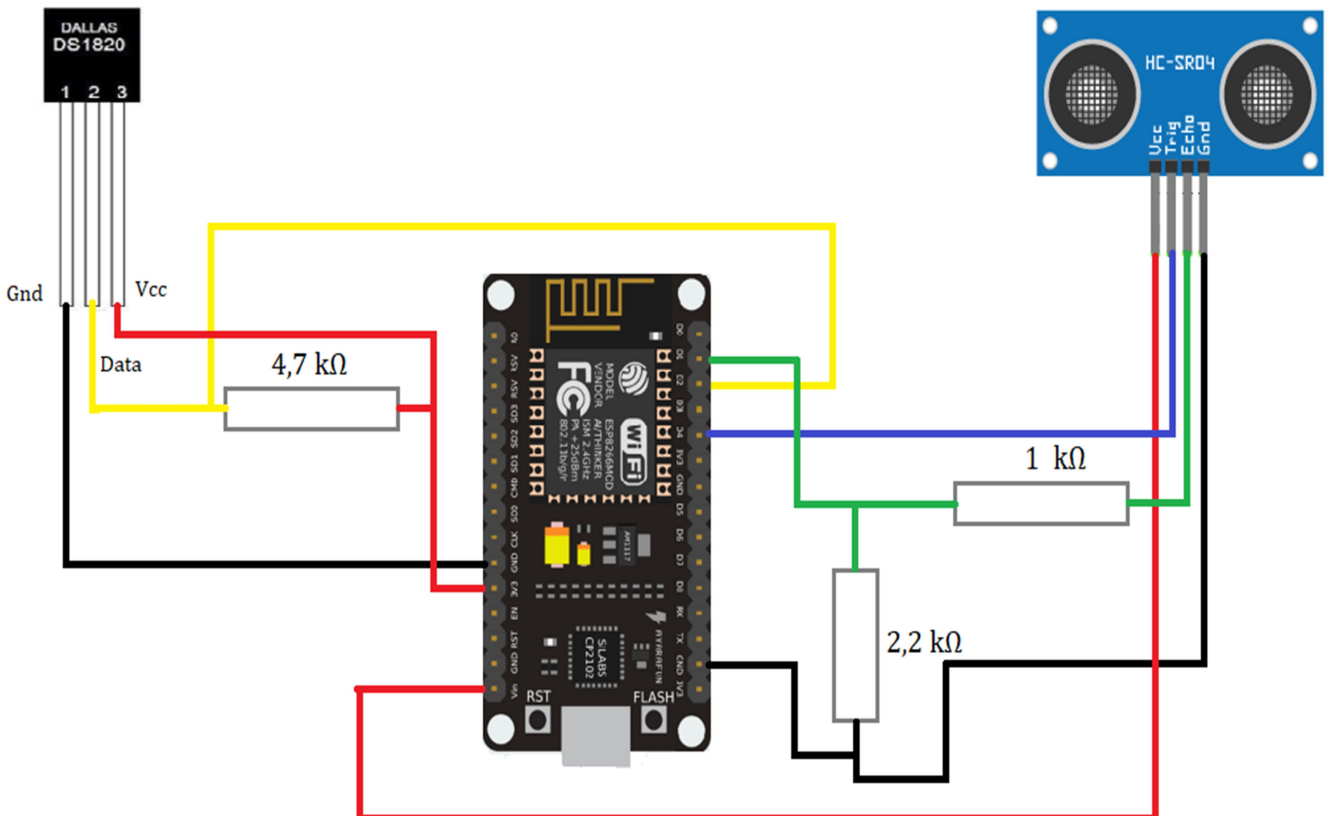
Ακολουθως, με την εντολή **net.createConnection(net.TCP)** δημιουργείται TCP σύνδεση μεταξύ του αισθητήριου κόμβου και του κεντρικού. Στο σώμα της συνάρτησης που αφορά τη σύνδεση καθορίζονται η θύρα επικοινωνίας (port:80) καθώς και η IP προορισμού (192.168.2.119).

```
Temperature: 27.25 °C
Distance: 81.99 cm
Temperature: 27.25 °C
Distance: 81.87 cm
Temperature: 27.25 °C
Distance: 81.9 cm
Temperature: 27.25 °C
Distance: 82.29 cm
Temperature: 27.1875 °C
Distance: 82.16 cm
Temperature: 27.1875 °C
Distance: 82.62 cm
Temperature: 27.1875 °C
Distance: 81.93 cm
Temperature: 27.125 °C
Distance: 81.97 cm
```

Εικόνα 47: Παράδειγμα αποστολής μετρήσεων

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από το περιβάλλον του ESPloer στο οποία έχει επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού κόμβου και ενός κόμβου μέτρησης και παρουσιάζονται οι μετρήσεις που αποστέλλονται. Έπειτα από κάθε μέτρηση επαναπροδιορίζονται οι κατάλληλες μεταβλητές και συναρτήσεις που αφορούν την αλληλεπίδραση με τους αισθητήρες για την προετοιμασία λήψης της επόμενης μέτρησης.

5.6.2 Συνδεσμολογία κόμβων μέτρησης



Εικόνα 48: Συνδεσμολογία κόμβων μέτρησης

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η σύνδεση των αισθητήριων κυκλωμάτων με την αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU. Όσον αφορά τη σύνδεση του αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20, δεν υπάρχει καμία διαφορά από αυτά που περιγράψαμε για τη σύνδεση του στον κεντρικό κόμβο. Ο υπερηχητικός αισθητήρας HC-SR04, τροφοδοτείται με τάση 5V από το pin Vin του NodeMCU. Η είσοδος Trigger του HC-SR04, που είναι το σήμα που λαμβάνει ο αισθητήρας από το μικροελεγκτή, συνδέεται στο pin D4 της πλακέτας. Η απάντηση που λαμβάνει το NodeMCU από τον αισθητήρα (είσοδος Echo) συνδέεται στο pin D1. Η σύνδεση δεν γίνεται άμεσα καθώς το σήμα διέρχεται από διαιρέτη τάσης που δημιουργείται από τις αντιστάσεις των 1kΩ και 2,2kΩ. Αυτό συμβαίνει διότι το

σήμα που στέλνει πίσω ο αισθητήρας βρίσκεται στο επίπεδο των 5V και έπρεπε να κατέβει στα 3,3V σύμφωνα με τις προδιαγραφές της αναπτυξιακής πλακέτας.

5.7 Κόστος υλοποίησης

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι τιμές για κάθε ένα εξάρτημα που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της εφαρμογής.

Εξάρτημα	Τιμή (€)
NodeMCU	3,88
DHT11	0,73
HC-SR04	0,87
DS18B20	1,20

Πίνακας 6: Κόστος εξαρτημάτων

- Με βάση τον παραπάνω πίνακα το κόστος για τον **κεντρικό κόμβο** που βρίσκεται στο κελάρι ανέρχεται στα $3,88+0,73+1,20=$ **5,81 €**.
- Επίσης, για τους **κόμβους μέτρησης** που βρίσκονται στα βαρέλια $3,88+1,20+0,87=$ **5,95 €**.

Αξίζει να σημειωθεί πως αν επιχειρείτο ένα πρότζεκτ με μεγάλο αριθμό κόμβων, τότε είναι απαραίτητο πολλοί κόμβοι να «μοιράζονται» τον ίδιο μικροελεγκτή. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε καλύτερη διαχείριση του δικτύου καθώς υπάρχουν λιγότερες συνδεδεμένες συσκευές. Επίσης εκμεταλευόμαστε τις ελεύθερες εισόδους γενικού σκοπού του μικροελεγκτή. Κατά συνέπεια, με μία πλακέτα NodeMCU μπορούμε να συνδέσουμε αισθητήρες που να λαμβάνουν μετρήσεις από παραπάνω από ένα βαρέλια κάτι που θα μειώσει περαιτέρω το κόστος των κόμβων μέτρησης.

5.8 Port forwarding

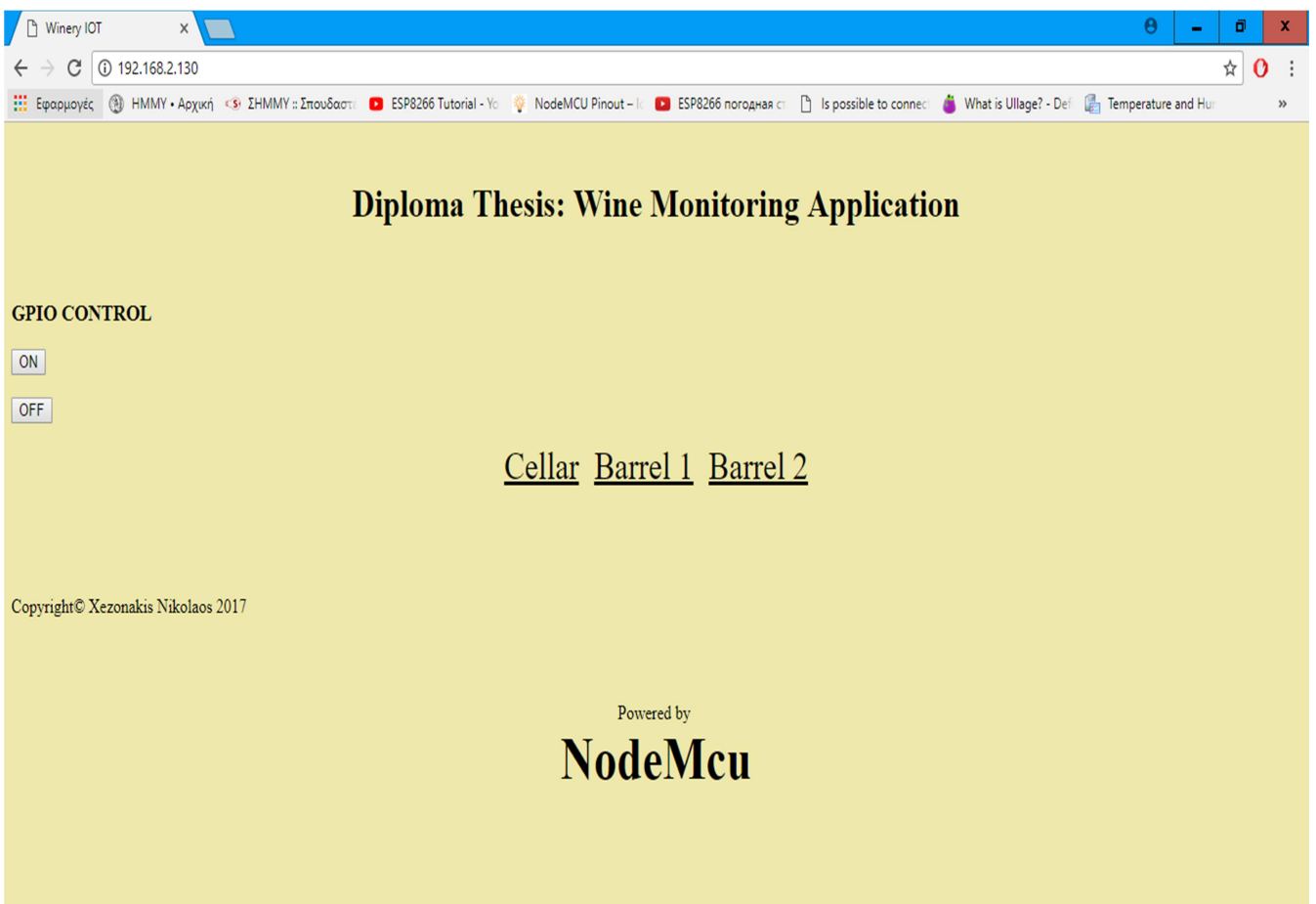
Η εφαρμογή εντάσσεται στον τομέα του IoT, γεγονός που επιβάλλει τον έλεγχο της από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Για να συμβεί αυτό απαιτείται να δίνεται στον server της εφαρμογής σταθερή διεύθυνση IP για να είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτόν. Όλες οι απλές συνδέσεις στο διαδίκτυο, είτε είναι ADSL είτε VDSL, έρχονται με δυναμική IP. Αυτό σημαίνει πως η εξωτερική μας IP αλλάζει κάθε μερικές ημέρες, ή όταν κάνουμε επανεκκίνηση το router. Η απόκτηση στατικής IP μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω του παρόχου της σύνδεσης, είτε

μέσω της μεθόδου Dynamic DNS, δηλαδή μίας μεθόδου που συνδέει την εξωτερική IP του router με ένα συγκεκριμένο domain name.

Για να είναι προσβάσιμος ο server από το Διαδίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική Port Forwarding. Είναι μία μέθοδος που επιτρέπει σε απομακρυσμένους υπολογιστές (για παράδειγμα, υπολογιστές στο Διαδίκτυο) να συνδεθούν με έναν συγκεκριμένο υπολογιστή ή υπηρεσία εντός ενός ιδιωτικού τοπικού δικτύου (LAN). Κάθε φορά που λαμβάνει ο router ένα http request (στην προκαθορισμένη θύρα 80) το αίτημα προωθείται στην IP: 192.168.2.130 του LAN, δηλαδή στην IP του μικροελεγκτή που λειτουργεί ως server της εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ιστοσελίδα της εφαρμογής

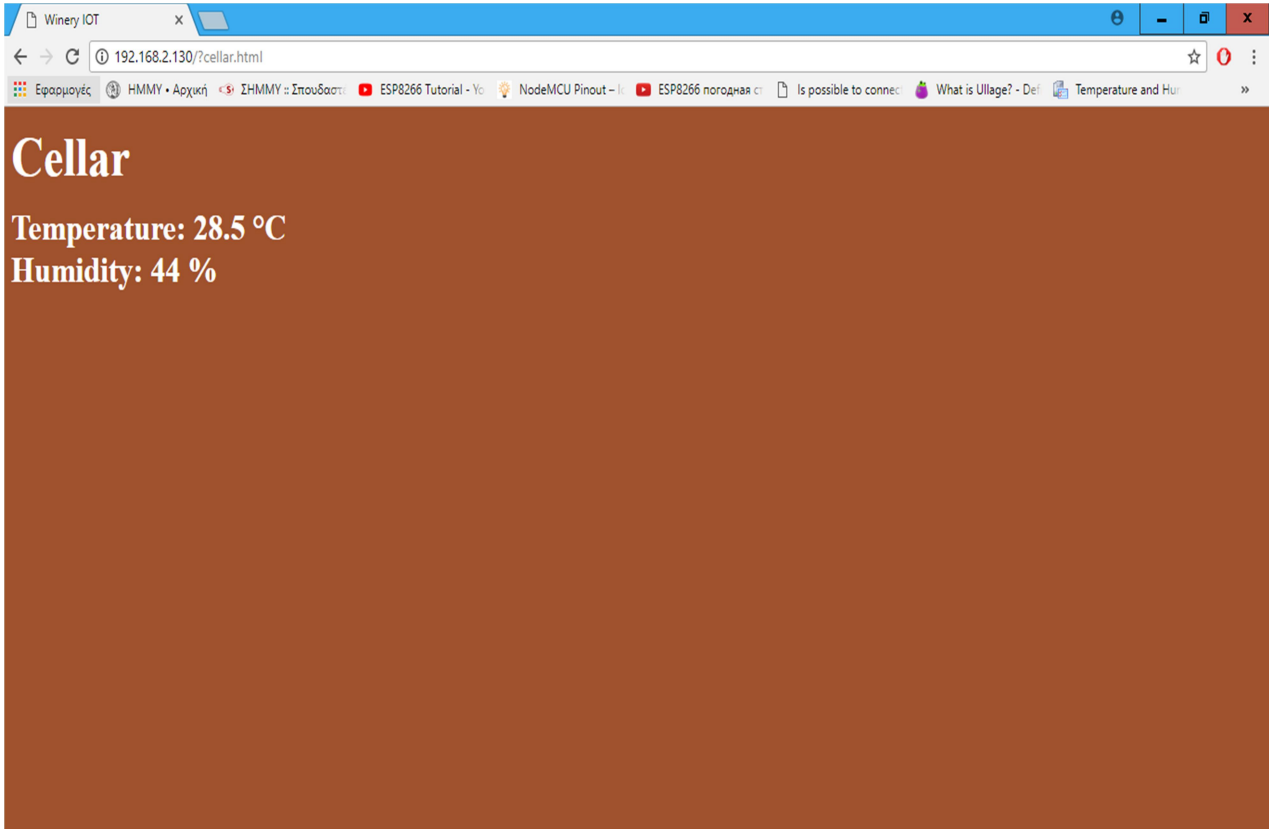


Εικόνα 49: Αρχική σελίδα εφαρμογής

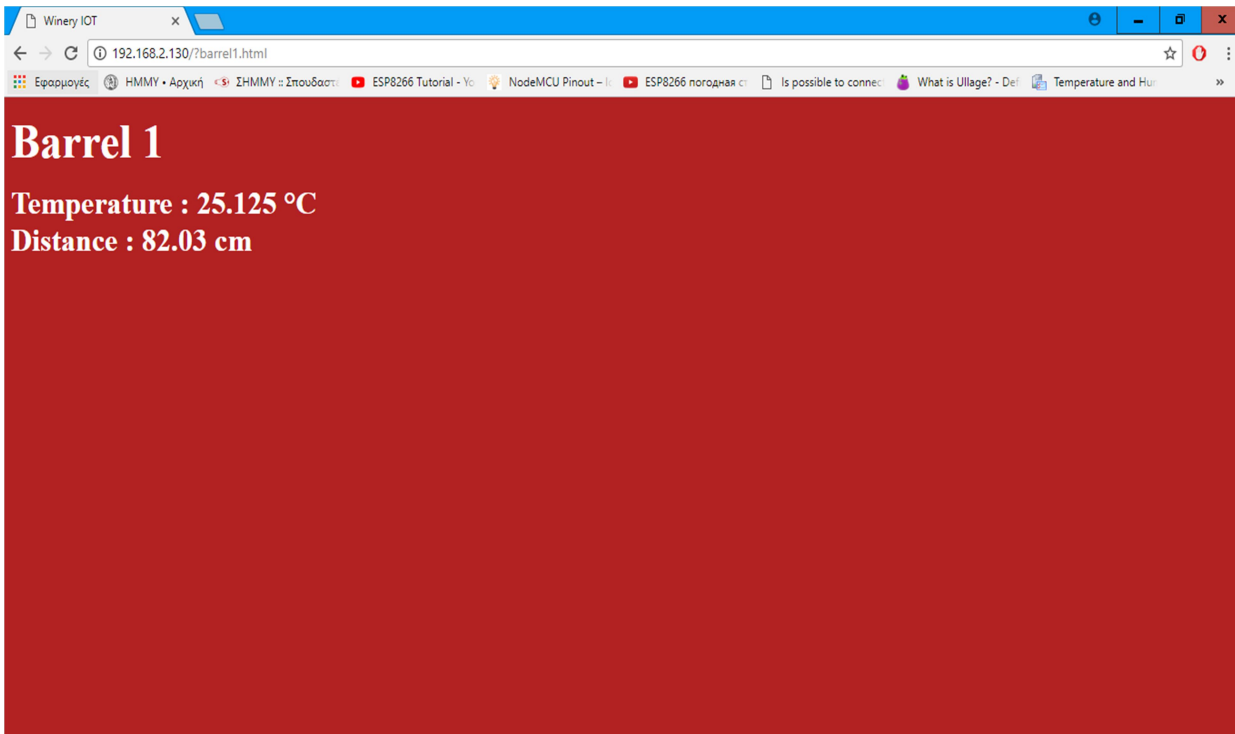
Πρόκειται για την σελίδα που ανοίγεται στο χρήστη αμέσως μετά την αναζήτηση στο address bar του browser της διεύθυνσης IP του server της εφαρμογής. Ουσιαστικά λειτουργεί σαν μενού παρουσιάζοντας στο χρήστη όλες τις δυνατές παραμέτρους που μπορεί να ελέγξει.

Στα αριστερά υπάρχει η επιλογή **GPIO CONTROL ON /OFF** που αφορά τον έλεγχο του λογικού επιπέδου του pin του μικροελεγκτή όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα.

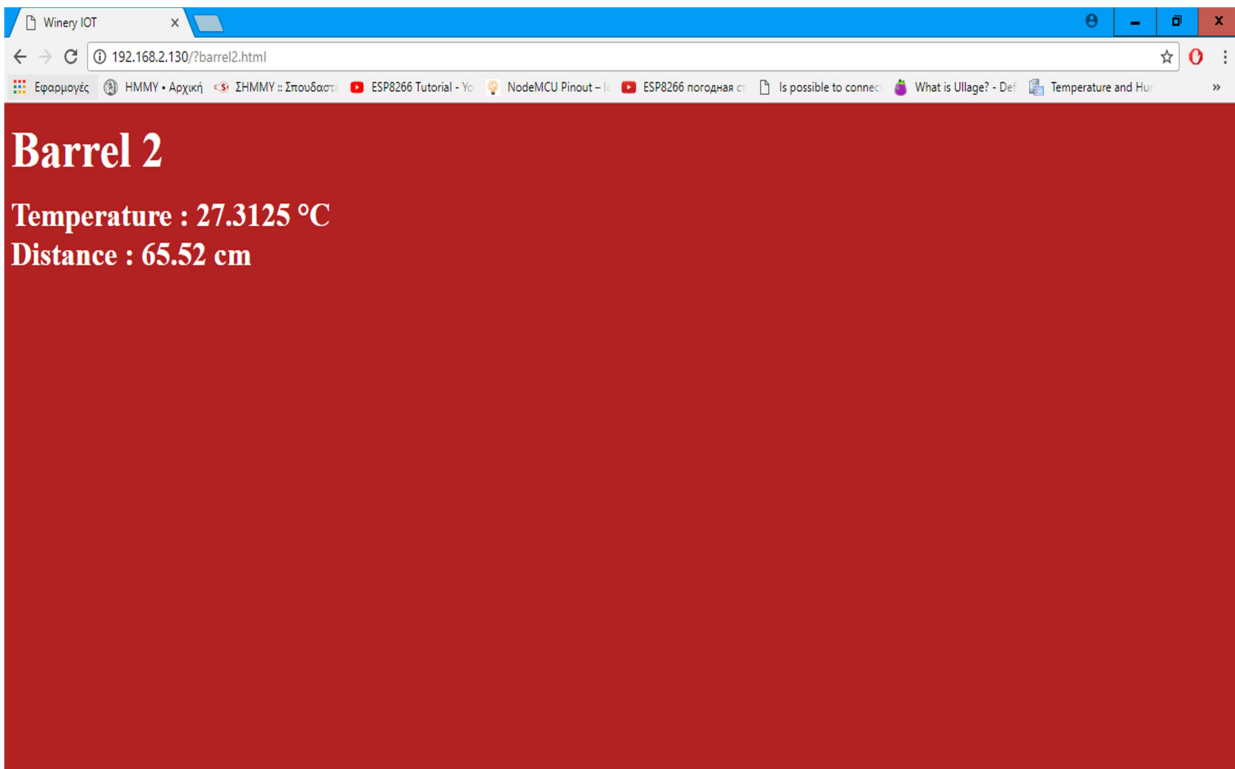
Όσον αφορά τα δεδομένα μέτρησης, κάνοντας κλικ στους συνδέσμους **Cellar**, **Barrel 1**, **Barrel 2** ο χρήστης μεταβαίνει στην κατάλληλη σελίδα για να ενημερωθεί για τις αντίστοιχες παραμέτρους, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 50: Παράμετροι κελαριού

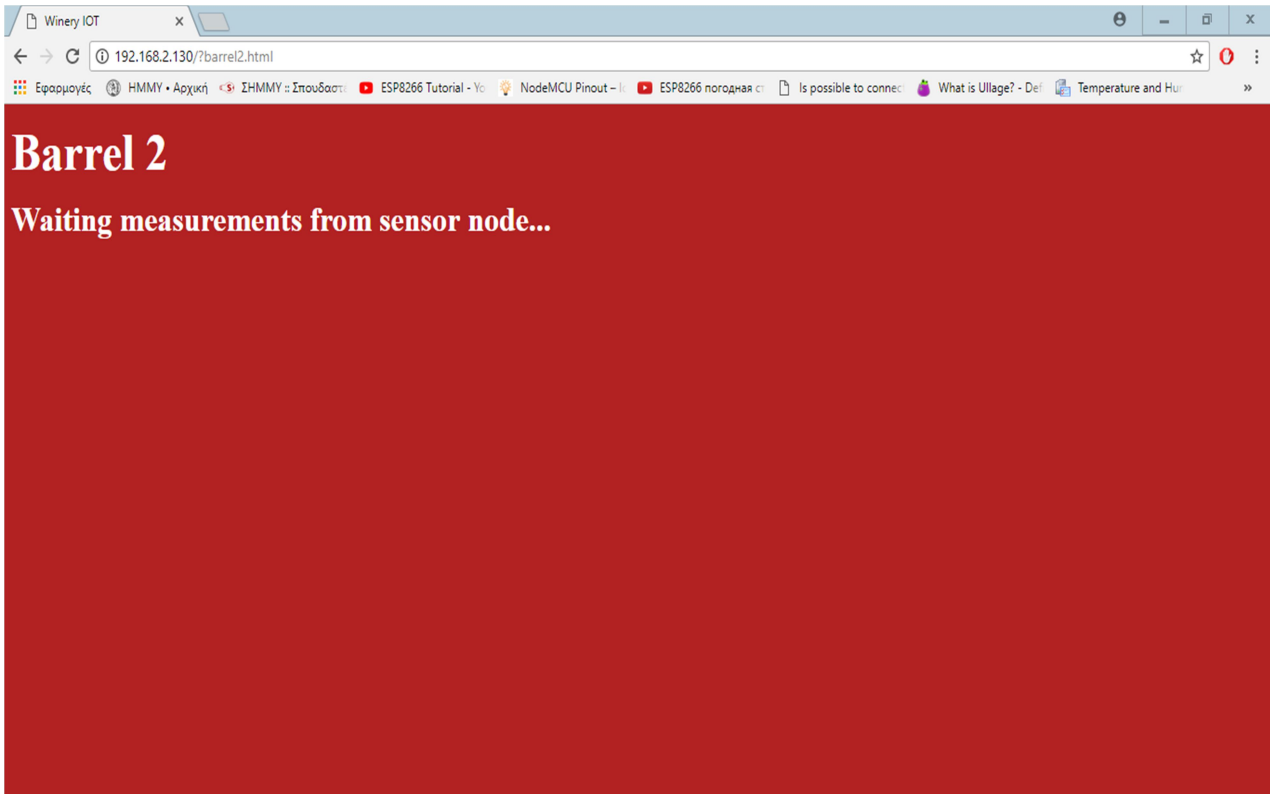


Εικόνα 51: Παράμετροι βαρελιού 1



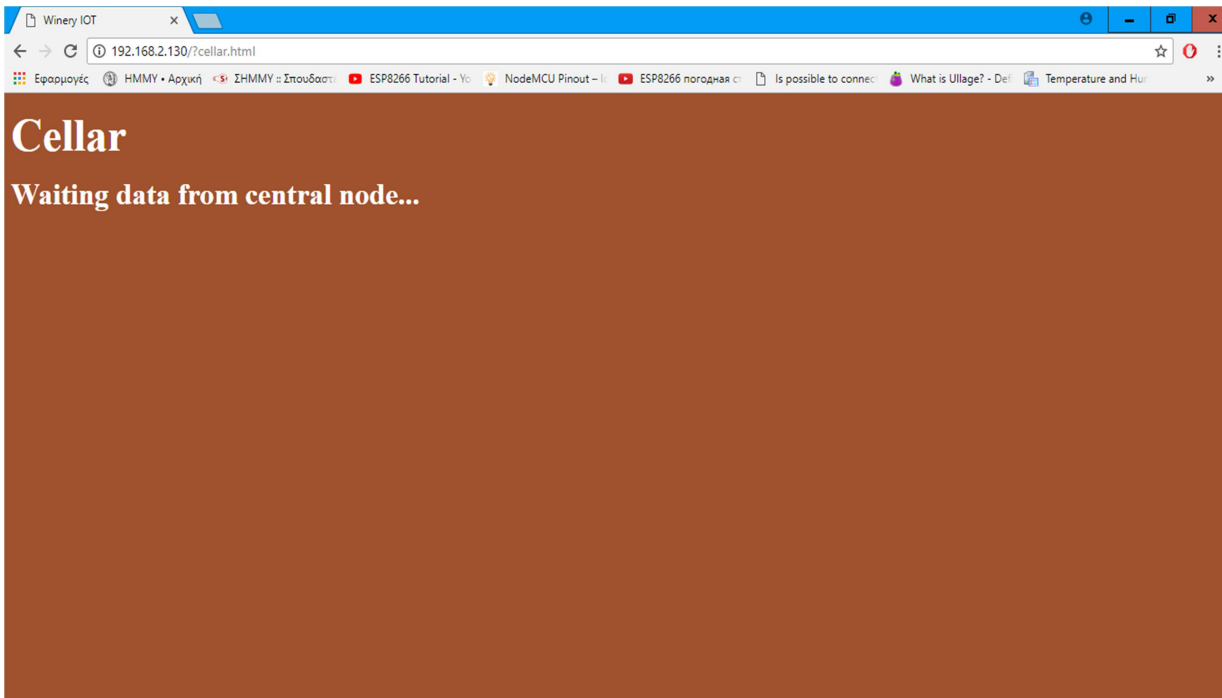
Εικόνα 52: Παράμετροι βαρελιού 2

Αν κάποιος από τους αισθητήριους κόμβους αποτύχει να αποστείλει δεδομένα στον κεντρικό κόμβο τότε ο χρήστης λαμβάνει αντίστοιχο μήνυμα.



Εικόνα 53: Αποτυχία αποστολής δεδομένων

Επίσης στα πλαίσια του ελέγχου της λειτουργίας των κόμβων του δικτύου στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μήνυμα σε περίπτωση που ο κεντρικός κόμβος δεν επικοινωνήσει με τον server.



Εικόνα 54: Αποτυχία επικοινωνίας Central node-Root node

Κεφάλαιο 7

Επίλογος

7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε κατανοητή η δυναμική του ταχύτατα αναπτυσσόμενου τομέα του IoT. Μελετήθηκε το φάσμα των εφαρμογών τους και τα πολλαπλά οφέλη που μπορούν να προσφέρουν.

Αναφορικά με την υλοποίηση, χρησιμοποιήσαμε το πρωτόκολλο Wi-Fi για την ανάπτυξη της εφαρμογής και τη διασύνδεση των κόμβων. Οι κόμβοι συλλέγουν μετρήσεις από τους αισθητήρες που διαθέτουν και στέλνουν μετρήσεις κάθε 10 δευτερόλεπτα. Το διάστημα αυτό θεωρείται πολύ μικρό και χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρατήρησης των αλλαγών. Σε πραγματικές συνθήκες ένα λογικό διάστημα μεταξύ των αποστολών θα ήταν μία με δύο ώρες.

Επίσης, το κόστος της υλοποίησης διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα, πράγμα που θα την καθιστούσε ανταγωνιστική στην αγορά. Οι λύσεις που προσφέρονται στην αγορά αυτήν τη στιγμή κινούνται σε πολύ υψηλότερα οικονομικά μεγέθη.

Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε αφορά τον κλάδο της οινοποίησης. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας το ίδιο δίκτυο που αναπτύχθηκε με κάποιες μετατροπές στο είδος των αισθητήρων ή/και στον αριθμό των κόμβων, υπάρχει δυνατότητα για εγκατάσταση για οποιοδήποτε περιβάλλον (οικιακό ή βιομηχανικό) που απαιτεί παρατήρηση και έλεγχο κάποιων παραμέτρων.

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το ρόλο του server της εφαρμογής αναλαμβάνει ένας μικροελεγκτής NodeMCU που βρίσκεται στο χώρο του κελαριού. Αυτό έχει το πλεονέκτημα μίας εφαρμογής ανεξάρτητης, που εντάσσεται πλήρως στο τομέα του Internet of Things και πληρεί τις απαιτήσεις για απομακρυσμένο έλεγχο των ζητούμενων παραμέτρων. Θα μπορούσαμε ενδεχομένως να στέλνουμε τις μετρήσεις σε ένα απομακρυσμένο server όπου θα υπήρχε και η δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων αυτών και η ανάπτυξη μίας πιο πλούσιας και πολύπλοκης ιστοσελίδας, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται μία μικροσυσκευή με περιορισμένες δυνατότητες.

Ανάλογα με τις ανάγκες του οινοπαραγωγού, υπάρχει η δυνατότητα για καταγραφή και άλλων ειδών μετρήσεων. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να ελέγχονται παράμετροι όπως το pH του οίνου, επίπεδα θείου, ή η περιεκτικότητα σε αιθανόλη.

Αναφορικά με την τοπολογία του δικτύου, χρησιμοποιήθηκε αυτή του δέντρου. Αρχικά η σκέψη ήταν να εφαρμοστεί τοπολογία αστέρα με τον server να επικοινωνεί άμεσα με όλους τους κόμβους του δικτύου (που θα βρίσκονταν στα βαρέλια) και να επωμίζεται παράλληλα τη μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας του κελαριού. Ωστόσο η δενδρική τοπολογία έχει το πλεονέκτημα της επεκτασιμότητας γεγονός που διευκολύνει την προσθήκη ή αφαίρεση κόμβων που μπορεί να γίνουν μελλοντικά ανάλογα με τις ανάγκες του οινοπαραγωγού.

Βιβλιογραφία

1. Evans, D. (2011). The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. [White paper], from Source : https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
2. Vermesan, O., & Friess, P. (2014). IoT-From Research and Innovation to Market Deployment. Aalborg: River Publishers.
3. Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012). Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. In 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT): Proceedings (pp. 257-260). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. DOI: 10.1109/FIT.2012.53
4. Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I., Ramos, V., Falcone, F., Postolache, O., Perez-martinez, P., Pietro, R., Perrea, D. & Martinez-Balleste, A. (2014). Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities. IEEE Communications Magazine, 52(8), pp.74-81.
5. Ojigbo, S. (2016). Internet of Things: Opportunities for the pharma and health care industries. Pharmanews. Retrieved 24 September 2017, from <http://www.pharmanewsonline.com/internet-of-things-opportunities-for-the-pharma-and-health-care-industries/>
6. Sharma, D., Verma, S., & Sharma, K. (2013) "Network topologies in wireless sensor networks: A review," Int. J. Electron. Commun. Technol., vol. 4, no. 3, pp. 93-97
7. SmartVineyard™ | SmartVineyard™ Precision Viticulture System to monitor grape diseases. (2015). Smartvineyard.com. Retrieved 24 September 2017, from <http://smartvineyard.com/>
8. Tomtsis, D., Kontogiannis, S., Kokkonis, G., & Zinas, N. (2016). IoT Architecture for Monitoring Wine Fermentation Process of Debina Variety Semi-Sparkling Wine. Proceedings Of The Southeast European Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks And Social Media Conference On - SEEDA-CECNSM '16. doi:10.1145/2984393.2984398
9. Di Gennaro, S., Matese, A., Primicerio, J., Genesio, L., Sabatini, F., Di Blasi, S., & Vaccari, F. (2012). Wireless real-time monitoring of malolactic fermentation in wine barrels: the Wireless Sensor Bung system.

- Australian Journal Of Grape And Wine Research, 19(1), 20-24.
doi:10.1111/ajgw.12006
10. Optical Oxygen Sensors in Wine Barrels. (2017). Pyro-science.com. Retrieved 10 September 2017, from <http://www.pyro-science.com/optical-oxygen-sensors-in-wine-barrels.html>
 11. ESPlorer – esp8266. (2017). esp8266. Retrieved 10 September 2017, from <https://esp8266.ru/esplorer/>
 12. DHT11 Humidity & Temperature Sensor, (2017). Micropik.com. Retrieved 24 September 2017, from <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
 13. DS18B20, (2017). Datasheets.maximintegrated.com. Retrieved 24 September 2017, from <https://datasheets.maximintegrated.com//en/ds/DS18B20.pdf>
 14. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04, (2017). Cdn.sparkfun.com. Retrieved 18 September 2017, from <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
 15. wifi - NodeMCU Documentation. (2017). Nodemcu.readthedocs.io. Retrieved 18 September 2017, from <https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/en/modules/wifi/>
 16. Diamanti, G. (2013). Επίδραση της θερμοκρασίας ζύμωσης καθώς και συντήρησης των οίνων στην ποιότητα τους, Technological Educational Institute of Peloponnese, Kalamata, Greece.