



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πτυχιακή εργασία

Με θέμα :

**Ασύρματος έλεγχος φορτίων μέσω της
τεχνολογίας Zigbee**

Κωδικός πτυχιακής εργασίας : 16165

Ημερομηνία ανάληψης πτυχιακής εργασίας : 05 / 04 / 2019

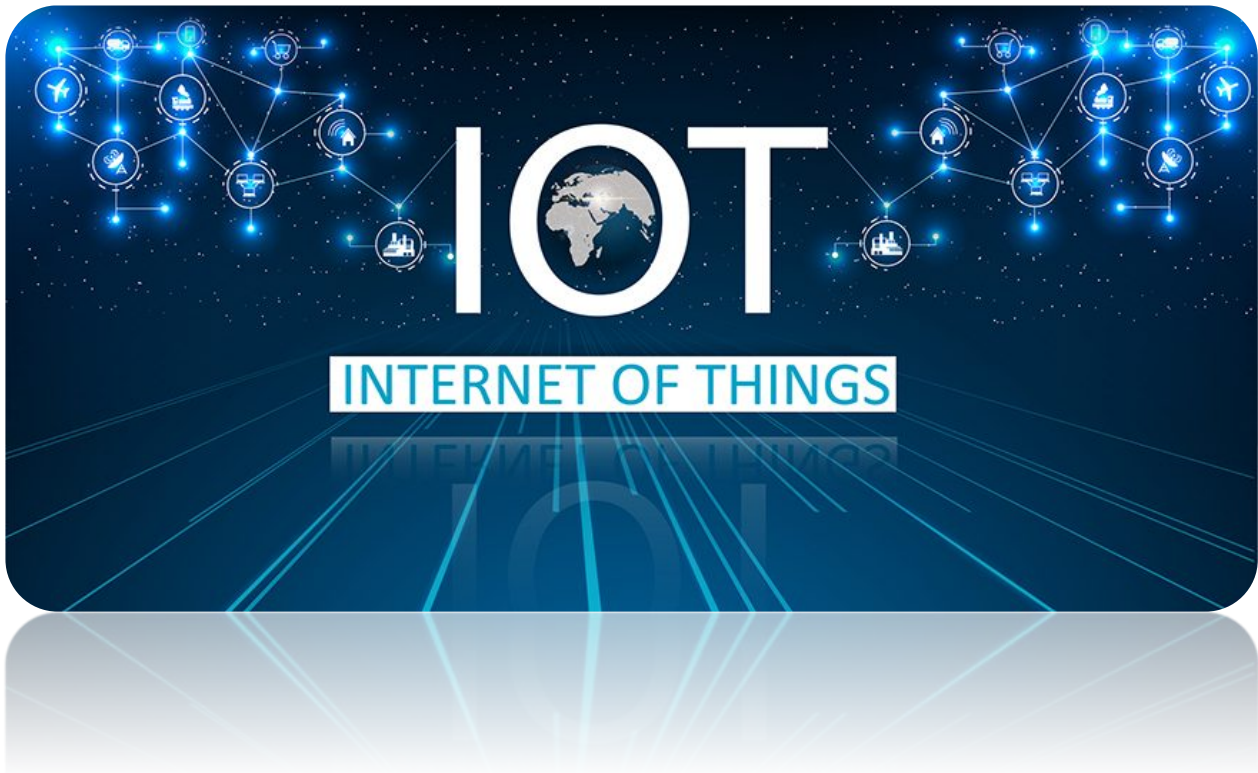
Ημερομηνία περάτωσης πτυχιακής εργασίας : 17 / 09 / 2020

Φοιτητές

Σαμαράς Ευστάθιος ΚΑΣ : 513155

Γαλάνης Νικόλαος ΚΑΣ : 513320

Επιβλέπων καθηγητής : Δημητριάδης Παναγιώτης



Εικόνα 1 . Πώς ξεκίνησε και πληροφορίες από το IoT World 2019^[2]



Εικόνα2 .Τεχνολογία Zigbee^[1]

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2020

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (ΑΤΕΙ) Θεσσαλονίκης, στο τμήμα Ηλεκτρονικής.

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας είναι «**Ασύρματος έλεγχος φορτίων μέσω της τεχνολογίας Zigbee**».

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μας εργασίας τον κύριο Δημητριάδη Παναγιώτη για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Επίσης θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε ξανά για την βοήθεια της υλοποίησης της παρουσίασης της πτυχιακής μας εργασίας αλλά και για την πολύτιμη στήριξή του στο κομμάτι της κατασκευής και για τις συμβουλές που μας έδωσε.

Τέλος ευχαριστούμε τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μας και που χωρίς την βοήθειά τους είτε οικονομική είτε ψυχολογική δεν θα είμασταν εδώ σήμερα ώστε να μπορούμε μέσα σε αυτούς τους εξαιρετικά δύσκολους καιρούς να κυνηγήσουμε τα όνειρά μας αλλά και να μας δίνουν ελπίδες και κουράγιο ώστε να συνεχίσουμε να προσπαθούμε να κάνουμε την ζωή μας καλύτερη και τους ευχαριστούμε πολύ γιαυτό.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την μελέτη και κατασκευή συστήματος ελέγχου φορτίων με τη χρήση της τεχνολογίας Zigbee.

Ζούμε σε μία εποχή, που η τεχνολογία εξελίσσεται με τόσο ραγδαίους ρυθμούς, όπου δεν αφήνει ανεπηρέαστους ούτε τους απλούς καταναλωτές. Οι οικιακοί αυτοματισμοί βρίσκουν συνέχεια νέες εφαρμογές, καλύπτοντας διαφορετικών ειδών ανάγκες, καθώς επίσης κόστους, χώρου και χρόνου.

Η μελέτη εστιάστηκε σε εφαρμογή της καινοτόμου τεχνολογίας ZigBee. Πρόκειται για μία τεχνολογία, η οποία είναι σε θέση να καλύψει αδυναμίες του Bluetooth, κυρίως στην κατανάλωση ισχύος, καθώς και από πολλούς θεωρείται το μέλλον των καινοτόμων συστημάτων ηλεκτρονικής και αυτοματισμού, σε θέματα ασφάλειας και αξιοπιστίας κατά την ασύρματη επικοινωνία ψηφιακών συστημάτων σε περιορισμένους χώρους.

Δεδομένου ότι πρόκειται για μία τεχνολογία, για την οποία δεν υπάρχει αρκετή ελληνική βιβλιογραφία, λόγω του ότι άρχισε να εφαρμόζεται προσφάτως, η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να μελετήσει σε βάθος την εφαρμογή της ανωτέρω τεχνολογίας ZigBee στον έλεγχο διαφόρων φορτίων ασυρμάτως, σε περιορισμένο χώρο, με ασφάλεια και αξιοπιστία, με το ελάχιστο κόστος ισχύος. Μία ευκαιρία, ώστε να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα χρήσης του ZigBee στην σημερινή εποχή.

ABSTRACT

The present work was prepared for the study and construction of a load control system using Zigbee technology.

We live in an aera where technology is evolving at such a rapid pace, where it does not leave even ordinary consumers unaffected. Home automation is constantly finding new applications, covering different types of needs, as well as cost, space and time.

The study focused on the application of the innovative ZigBee technology. It is a technology that is able to cover the weaknesses of Bluetooth, mainly in power consumption, and is considered by a lot of people to be the future of innovative electronic and automation systems, in terms of security and reliability in wireless communication of digital systems in confined spaces.

Knowing that this is a technology for which there is not enough Greek literature, due to the fact that it has recently started to be applied, this work aims to study in depth the application of the above ZigBee technology in the control of various loads wirelessly, in a limited space, safely and reliability, with minimal power costs. An opportunity to understand the need to use ZigBee today.

Πίνακας περιεχομένων

Θεωρητικό Μέρος.....	11
Κεφάλαιο 1	11
InternetofThings (IoT) – Διαδύκτιο των Πραγμάτων.....	11
1.1. Εισαγωγή – Ορισμός.....	11
Εισαγωγή	11
Ορισμός	12
1.2. Η ανάπτυξη της ιδέας	12
1.3. RFID – Γενικά	13
1.4. Το Internet of Things στησύγχρονηεποχή	14
1.5. Απαιτήσεις και κοινωνικά ζητήματα	16
1.6. Τεχνολογικές προκλήσεις.....	17
1.7. Ενδεικτικές τεχνολογίες και πρωτόκολλα	18
1.8. Internet of Things – Πουβρίσκειεφαρμογές	19
1.8.1 Υγειονομική περίθαλψη & υπηρεσίες υγείας.....	19
1.8.2 Μεταφορές.....	20
1.8.3 Λιανικό Εμπόριο.....	21
Κεφάλαιο 2	22
Ασύρματη Τεχνολογία - Zigbee	22
Εισαγωγή στην ασύρματη τεχνολογία ZigBee	22
2.1. Γενική εισαγωγή στο ZigBee.....	23
2.2. Πώς μπορεί το Zigbee να λάβει και να εκπέμψει τα δεδομένα	26
2.3. Η τεχνολογία ZigBee	27
2.4. Δίκτυο zigbee	29
2.5. Πρωτόκολλο Zigbee	31
2.5.1. Τοπολογίες Zigbee.....	31
2.5.2. Επίπεδα πρωτοκόλλου Zigbee	32
2.5.3. Το πρωτόκολλο ZigBee Stack	36
2.6. Αρχιτεκτονική Zigbee.....	39
2.7. Σύγκριση ασύρματων τεχνολογιών	42
2.8. Σύγκριση Bluetooth-Zigbee	45
2.9. Διευθυνσιοδότηση	45

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

2.10. Πύλη Zigbee	46
2.11. Ασφάλεια	47
Κεφάλαιο 3	48
Παραδείγματα εφαρμογών Zigbee	48
3.1. Εφαρμογές της τεχνολογίας ZigBee.....	48
3.2. Συστήματα ασφαλείας	49
3.3. Αρδευτικά συστήματα	50
3.4. Zigbee και συστήματα υγείας	51
3.5. Τηλεχειρισμοί	52
3.6. Πυροσβεστήρες.....	53
Κεφάλαιο 4	55
Πρακτικό Μέρος.....	55
Κατασκευή.....	55
Ασύρματος έλεγχος φορτίου μέσω του πρωτοκόλλου Zigbee (ZigbeeProtocol)	55
Επεξήγηση της κατασκευής	55
Του Θεωρητικού και κατασκευαστικού μέρους	55
4.1. Pixie – Συντονιστής	56
4.1.1. Ανάλυση της εφαρμογής της κατασκευής	58
4.1.2. Υλικό του ZigBee Pixie	59
4.1.3. Ο Πομπός (ZigBee).....	60
4.1.4. Ο Πομπός (psk / t) Ανάλυση λειτουργίας	61
4.1.5. Μονάδα Δέκτη – Επιμέρους στοιχεία	63
4.1.6. Υλικό που χρησιμοποιήθηκε	63
Κατασκευαστικό Μέρος	64
4.2. Εφαρμογή	64
4.2.1. ArduinoMega 2560	72
4.2.2. DC ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	74
4.2.3. PWM	76
4.2.4. Έλεγχος κινητήρα DCH - Bridge	77
4.2.5. Έλεγχος ηλεκτρικού λαμπτήρα 220Volt AC	82
4.2.6. Τρόπος λειτουργίας ρελέ	82

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

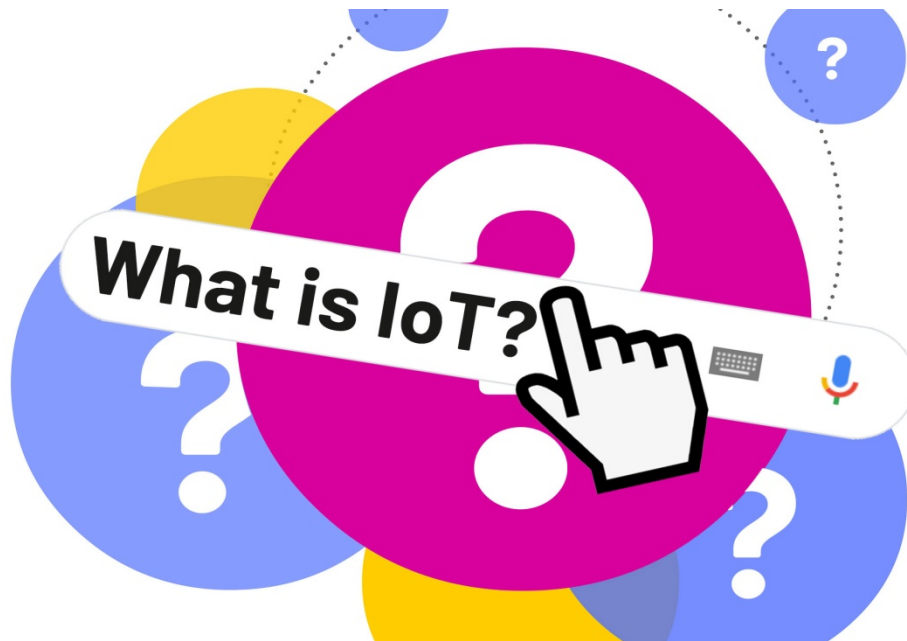
4.2.7. Έλεγχος ταινίας Led RGB 12 Volt.....	87
4.2.8. Έλεγχος βηματικού κινητήρα (Stepper Motor)	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
ΠΗΓΕΣ – ΚΕΙΜΕΝΟ	118
ΠΗΓΕΣ – ΕΙΚΟΝΕΣ	118
ΠΗΓΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - Datasheet	120

Κεφάλαιο 1

Θεωρητικό Μέρος

Internet of Things (IoT) – Διαδίκτυο των Πραγμάτων

1.1. Εισαγωγή – Ορισμός



Εικόνα 3 . WhatisIoT ^[1]

Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αποτελείται από έξυπνες συσκευές που επικοινωνούν μεταξύ τους (wearable συσκευές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες για τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων ή την έναρξη κάποιας δράσης βάσει αυτών) ,δίνει τη δυνατότητα λοιπόν σε αυτές τις συσκευές να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Επιπρόσθετα το IoT στις μέρες μας έχει ένα

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

ευρύ φάσμα εφαρμογών στην καθημερινή μας ζωή, όπως στη βιομηχανία, στις μεταφορές, στην υγειονομική περίθαλψη, στο περιβάλλον και φυσικά σε μια πόλη.

Οι έξυπνες συσκευές μπορούν να έχουν ενσύρματη ή ασύρματη σύνδεση. Όσον αφορά την ασύρματη σύνδεση: υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες επικοινωνίας και πρωτόκολλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση αυτών των συσκευών. Μερικά από αυτά είναι το IPv6, το 6LoWPAN (over Low power Wireless Personal Area Networks), το ZigBee, το BLE (Bluetooth Low Energy), το Z-Wave, το NFC (Near Field Communication) κ.ά.

Τα κριτήρια που θα οδηγήσουν στην σωστή απόφαση είναι η ασφάλεια, η ισχύς, η διάρκεια ζωής των μπαταριών και οι απαιτήσεις των δεδομένων.^[1]

Ορισμός

Ο όρος Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) αναφέρεται στο δίκτυο των φυσικών αντικειμένων στα οποία υπάρχει πρόσβαση μέσω του διαδικτύου, όπως ορίζεται από τους αναλυτές και τους οραματιστές της τεχνολογίας. Τα αντικείμενα αυτά περιέχουν ενσωματωμένη τεχνολογία έτσι ώστε να μπορούν να αλληλοεπιδρούν με εσωτερικές καταστάσεις ή το εξωτερικό περιβάλλον. Τέτοια αντικείμενα μπορούν να αποτελούν οι οικιακές συσκευές, τα οχήματα, οι κοινόχρηστες συσκευές/αισθητήρες μιας πόλης/κοινότητας, βιομηχανικές συσκευές, δρόμοι, ρούχα και γενικότερα οποιοδήποτε αντικείμενο του τεχνητού ανθρώπινου περιβάλλοντος. Το IoT μπορεί να θεωρηθεί ως ιδέα προς την ύψιστη εκμετάλλευση και ανάπτυξη των διασυνδεδεμένων τεχνολογιών και ειδικότερα του διαδικτύου. Αποτελεί την όλο και μεγαλύτερη είσοδο των (μικρο) υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών, στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον, σε μεγαλύτερη πυκνότητα. Επίσης, το IoT αποτελεί περισσότερο ιδέα, και συνδυασμό τεχνολογιών, παρά αυτοτελή τεχνολογία.

1.2. Η ανάπτυξη της ιδέας

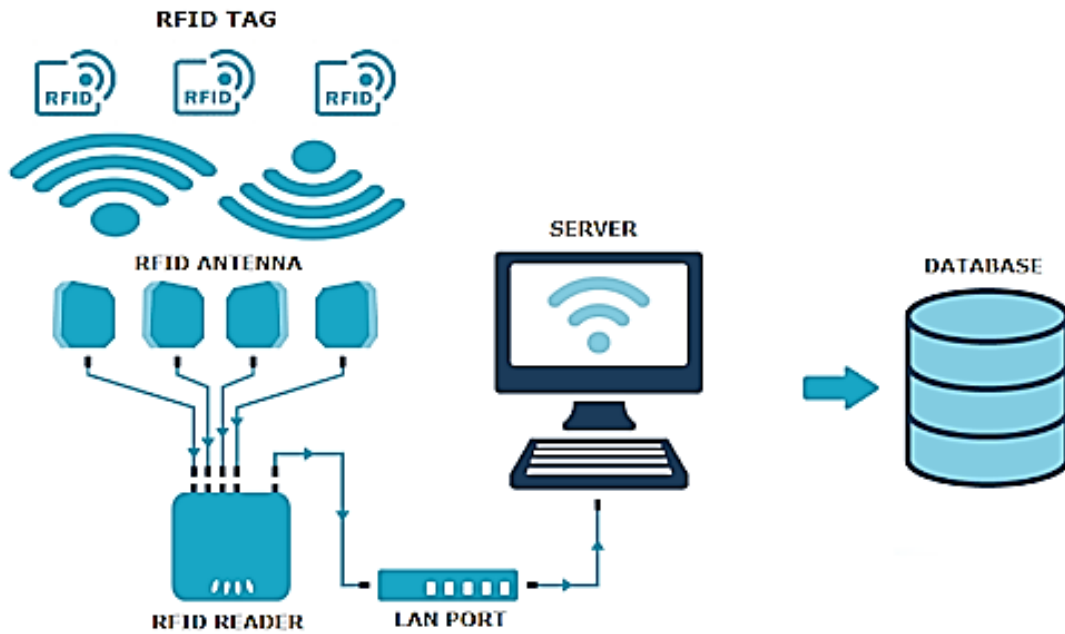
Ο όρος Internet of Things (ή αλλιώς Διαδίκτυο των Πραγμάτων) επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. Ο Ashton, είναι ένας από τους ιδρυτές του Auto-ID Center στο MIT. Ήταν μέρος μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το διαδίκτυο μέσω 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 καθιερωθεί από τότε.^[4]



Εικόνα 4 . Συναντώντας το IoT – KevinAshton,ο εφευρέτης του όρου IoT^[3]

1.3. RFID – Γενικά

Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification, όπου στα ελληνικά η σημασία του ορίζεται ως <<ταυτοποίηση>> μέσω <<ραδιοσυχνότητων>>. Τα συστήματα RFID αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems). Ειδικότερα λειτουργεί ως γενικός όρος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα. Η τεχνολογία RFID είναι γνωστή εδώ και πάνω από 50 χρόνια. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από την πολεμική αεροπορία της Αγγλίας κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου, για την αναγνώριση και τη διάκριση των εχθρικών από τα φιλικά αεροπλάνα. Κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών, άρχισε να εδραιώνεται η χρήση και εκμετάλλευσή της. Αρχικά, σε πειραματικό στάδιο και σε εργαστηριακό επίπεδο, όπου φτάνουμε σήμερα να γίνεται λόγος για εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων, κυρίως μέσω του εμπορίου. ^[3]



Εικόνα 5 . RFID , δομή συστήματος^[4]

1.4. Το Internet of Things στη σύγχρονη εποχή

Η σύγχρονη εποχή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως εποχή ανάπτυξης του Internet of Things. Οι τεχνολογίες συνεχίζουν να βελτιώνονται και το διαδίκτυο πλέον, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αποτελεί κυρίαρχη και καθιερωμένη διασυνδεδεμένη τεχνολογία.

Νέες τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων έχουν αναπτυχθεί και εξελίσσονται συνεχώς. Μερικές από αυτές αναπτύχθηκαν για την κινητή τηλεφωνία. Κάποιες τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων (π.χ. GPRS, LTE, LoRaWan), ενώ άλλες μικρότερων, για τη δημιουργία τοπικών ασύρματων δικτύων (π.χ. WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoWPAN).

Στο κομμάτι του υλικού (hardware), οι επεξεργαστές εξακολουθούν να γίνονται ολοένα μικρότεροι και ισχυρότεροι. Τα κινητά τηλέφωνα τείνουν να αποτελούν μικρό αλλά ικανό υπολογιστή, με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Τέτοιες δυνατότητες, αρχίζουν να διαθέτουν και συσκευές ακόμα μικρότερες από κινητά, όπως τα έξυπνα ρολόγια. Μικροί, χαμηλού κόστους, με πολλές δυνατότητες και εύκολοι στην χρήση μικροεπεξεργαστές, μερικοί με δυνατότητες σύνδεσης σε ασύρματα δίκτυα και το διαδίκτυο κυκλοφορούν στο εμπόριο , (π.χ. Atmel, Arduino, RaspberryPi). Με αυτούς τους

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

μικροεπεξεργαστές, ερευνητές, φοιτητές, ακόμα και μη ειδικοί ή παιδιά μπορούν να πειραματιστούμε τις νέες τεχνολογίες, αναπτύσσοντας δικές τους ιδέες.

Όλες οι παραπάνω εξελίξεις ωθούν το όραμα του Internet of Things, περισσότερο από κάθε άλλη εποχή. Οι δημιουργοί έχουν στα χέρια τους, όλα τα εργαλεία που χρειάζονται, για να δημιουργήσουν δίκτυα από καθημερινά αντικείμενα, που συνδέονται μεταξύ τους και είναι προσβάσιμα εξ αποστάσεως. Με αυτό τον τρόπο η ιδέα του IoT γίνεται δημοφιλής στον μέσο κόσμο, κυρίτερα από τις αρχές της δεκαετίας του 2010. Το IoT θεωρείται πλέον ξεχωριστός επιστημονικός κλάδος και όχι απλή εφαρμογή τεχνολογίας. Η επιστημονική κοινότητα εστιάζει καθαρά σε αυτό με νέες έρευνες. Εταιρίες δημιουργούν τα πρώτα σχετικά εμπορικά προϊόντα. Τέτοια προϊόντα αποτελούν έξυπνα ρολόγια/βηματοδότες, έξυπνοι θερμοστάτες, συστήματα ελεγχόμενου φωτισμού, γενικότερα έξυπνες οικιακές εγκαταστάσεις/συσκευές, βιομηχανικοί αυτοματισμοί κ.α. Πολλές από τις εμπορικές εφαρμογές έχουν επικριθεί για πλεονασμό, έλλειψη ασφάλειας και ελάχιστη αξία χρήσης.^[5]



Εικόνα 6 . Υποτροφία , γιατί είναι σημαντική στην σύγχρονη εποχή του IoT^[5]

1.5. Απαιτήσεις και κοινωνικά ζητήματα

Το Internet of Things αποτελεί ξεχωριστό επιστημονικό κλάδο (όπως αναφέραμε και πιο πάνω) στη σύγχρονη εποχή. Ωστόσο, προκύπτουν πολλαπλά ζητήματα, τα οποία πρέπει να επιλυθούν για την ανάπτυξη του. Τα ζητήματα αυτά εμπλέκουν την ακαδημαϊκή κοινότητα, τον εμπορικό κόσμο, την πολιτική και γενικότερα την κοινωνία. Κάθε ομάδα έχει τους δικούς της σκοπούς και στόχους, αλλά κοινή επιδίωξη είναι (ή τουλάχιστον θα έπρεπε να είναι) η ανάπτυξη του IoT για το συμφέρον του συνόλου της κοινωνίας.

Τα κυριότερα ζητήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία, αφορά την επιλογή και συμβατότητα τεχνολογιών και προτυποποιήσεων (υποστήριξης, εξέλιξης και προώθησης της τεχνολογίας αυτής). Η δεύτερη εστιάζει στην ασφάλεια, τον έλεγχο και τη διαχείριση, μέσα στις τεχνολογίες, αλλά και των ίδιων των τεχνολογιών και όσων σχετίζονται με αυτές.^[5]

- έλεγχος πρόσβασης
- απόρρητο και ασφάλεια
- πολιτική και νομοθεσία

Το θέμα του **ελέγχου πρόσβασης** στο IoT είναι απαραίτητο για την ασφαλή ανάπτυξή του. Στην πραγματικότητα, δε μπορεί το IoT να καθιερωθεί στην καθημερινή ζωή χωρίς έλεγχο πρόσβασης. Για παράδειγμα, αν τα δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας μίας οικίας είναι διαθέσιμα δημόσια, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διαρρήκτες, για να μάθουν πότε λείπουν όλοι από την οικία. Αν συνδέσει κάποιος τον κλιματισμό του γραφείου του, με το διαδίκτυο, μέσω μίας δημόσιας διεπαφής, τότε θα μπορεί ο οποιοσδήποτε να τον ελέγξει. Ο κόσμος χρειάζεται να ξέρει ποιοι μπορούν να δουν τα δεδομένα του και να χειριστούν τις συσκευές του ή να έχει ο ίδιος τον έλεγχο μιας συσκευής.

Τα θέματα **απορρήτου και ασφάλειας** είναι επίσης σημαντικά. Τα δύο βασικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι: Που πηγαίνουν/ποιος μαζεύει τα δεδομένα; Ποιος εγγυάται την ασφάλειά τους; Η απάντηση και στα δύο ερωτήματα, εξαρτάται από την ίδια την εφαρμογή. Μικρότερες εφαρμογές που συλλέγουν λίγα σχετικά δεδομένα μπορούν να τρέχουν σε ιδιωτικό εξυπηρετητή (server). Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα καταλήγουν εκεί, δηλαδή στον διαχειριστή της εφαρμογής, ο οποίος έχει και την ευθύνη της ασφάλειάς τους. Μεγαλύτερες εφαρμογές ωστόσο, που συλλέγουν πολλά δεδομένα και χειρίζονται πολλές συσκευές ταυτόχρονα, πιθανότατα να χρειαστούν υποστήριξη από υπολογιστικό νέφος (cloud). Η δημιουργία cloud απαιτεί μεγάλες και ακριβές υποδομές, καθώς και έξοδα συντήρησης. Το cloud εξασφαλίζεται από μεγάλες εταιρίες που μπορούν να το προσφέρουν με την μορφή ενοικίασης. Τα δεδομένα, επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις, καταλήγουν στις εταιρίες

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

που παρέχουν το cloud. Οι πάροχοι του cloud, έχουν την ευθύνη της διατήρησης του απορρήτου (που έχει συμφωνηθεί με τον διαχειριστή της εφαρμογής) και της ασφάλειας των δεδομένων. Η τήρηση αυτών των ευθυνών, είναι αναγκαία ώστε ο πάροχος να εμπνέει εμπιστοσύνη και έτσι να προσελκύει περισσότερους πελάτες.

Σχετικά με τα θέματα της **πολιτικής και της νομοθεσίας**, το IoT είναι κάτι σχετικά καινούργιο και μη διαδεδομένο. Για όλα αυτά που προαναφέραμε πιο πάνω υπάρχουν κάποιες σχετικές διατάξεις. Τέτοιες διατάξεις πρέπει να εξασφαλίζουν την ομαλή και υγιή ένταξη του IoT στην κοινωνία, διασφαλίζοντας τις ευθύνες, τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα κάθε ομάδας.^[5]

1.6. Τεχνολογικές προκλήσεις

Υπάρχουν βέβαια σε σχέση με όσα είπαμε πιο πριν να αντιμετωπίσουμε και κάποιες τεχνολογικές προκλήσεις. Η φύση του IoT ωθεί τις τεχνολογίες στα όρια της εξέλιξής τους, στα θέματα της απόδοσης και κατανάλωσης ενέργειας. Στο όραμα του IoT τα Things αποτελούν όσο το δυνατόν μικρότερες συσκευές, σε όσο μεγαλύτερη πυκνότητα μέσα στο ανθρώπινο περιβάλλον. Αν και οι επεξεργαστές εξελίσσονται συνεχώς και γίνονται αποδοτικότεροι, επιτακτική είναι η χρήση συσκευών περιορισμένων δυνατοτήτων. Ο όρος αυτός αναφέρεται σε συσκευές με περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ, μνήμη και κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα για δύο λόγους/περιπτώσεις. Αρχικά, όσο ανεπτυγμένοι και αποδοτικοί κι αν είναι οι επεξεργαστές, πάντα υπάρχει κάποιο όριο μεγέθους(δυνατότητες περιορισμένου μεγέθους σε σχέση με μεγαλύτερες συσκευές). Το IoT ωθεί τα Things να αποτελούν τις μικρότερες επεξεργαστικές συσκευές, της κάθε εποχής, που μπορούν να υπάρξουν. Ο δεύτερος λόγος εμπίπτει στην πυκνότητα των things μέσα στο ανθρώπινο περιβάλλον. Ο μεγάλος αριθμός των things γεννά ζητήματα κόστους και κατανάλωσης ενέργειας.^[5]



Εικόνα 7 . Πώς το διαδίκτυο των πραγμάτων βοηθάει τα B2B και B2C αντίστοιχα.^[6]

1.7. Ενδεικτικές τεχνολογίες και πρωτόκολλα

Η δημιουργία ενός δικτύου Internet of Things, απαιτεί τον συνδυασμό πολλών τεχνολογιών. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες επιλέγεται για να υποστηρίξει ένα επίπεδο επικοινωνίας.

Τα επίπεδα αυτά μπορούν να συμπεριληφθούν στις εξής βασικές κατηγορίες:

- Φυσικό επίπεδο μεταφοράς δεδομένων
- Πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων
- Πρωτόκολλο λειτουργίας (IoT) δικτύου

Η πρώτη κατηγορία ανήκει στο χαμηλότερο επίπεδο της στοιβάς του δικτύου. Καθορίζει το φυσικό μέσο μετάδοσης (καλώδιο, αέρας κλπ) και τη διαμόρφωση της πληροφορίας πάνω σε αυτό.

Το πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων αποτελεί τη δεύτερη βασική κατηγορία και ανήκει στο ενδιάμεσο επίπεδο της στοιβάς ενός δικτύου IoT. Σε αυτό το επίπεδο, δεν γίνεται απλή μεταφορά

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

δεδομένων μεταξύ κάποιων τερματικών συσκευών (όπως στο προηγούμενο επίπεδο), αλλά μεταφορά δεδομένων μεταξύ κόμβων ενός δικτύου. Σε αυτό το επίπεδο θεωρείται δεδομένη η χρήση του πρωτοκόλλου IP (Internet Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί την βάση του σημερινού διαδικτύου, το οποίο όπως έχει αναφερθεί, αποτελεί την κυρίαρχη διασυνδεδεμένη τεχνολογία. Η 6η έκδοσή του (IPv6), μπορεί να υποστηρίξει ταυτόχρονα, περίπου 3.4×10^{38} διευθύνσεις, δηλαδή συσκευές. Στην τρίτη βασική κατηγορία τεχνολογιών ενός IoT δικτύου, βρίσκεται το πρωτόκολλο λειτουργίας. Η κατηγορία αυτή ανήκει στο υψηλότερο επίπεδο της στοίβας του δικτύου. Η επικοινωνία αποτελεί πλέον μεταφορά δεδομένων μεταξύ IoT κόμβων/συσκευών (αντί για απλών κόμβων δικτύου, όπως στο προηγούμενο επίπεδο).

Το πρωτόκολλο λειτουργίας, ορίζει τους κανόνες, τις διαδικασίες και τους τρόπους, με τους οποίους ορίζεται και λειτουργεί το IoT δίκτυο και κατ' επέκταση την αρχιτεκτονική του. Η κατηγορία αυτή είναι προφανές πως είναι και η πιο κοντινή στο Internet of Things.^[5]

1.8. Internet of Things – Εφαρμογές

1.8.1. Υγειονομική περίθαλψη & υπηρεσίες υγείας

Πολλοί άνθρωποι παγκοσμίως ήδη χρησιμοποιούν smart watches ή άλλες έξυπνες συσκευές για να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας τους. Εκτιμάται πως στο άμεσο μέλλον στα νοσοκομεία η παρακολούθηση των ασθενών θα γίνεται μέσω μόνιτορ τα οποία θα είναι συνδεδεμένα σε ένα δίκτυο IoT. Με αυτόν τον τρόπο θα βελτιωθούν οι υπηρεσίες υγείας και υγειονομικής περίθαλψης, θα να εξοικονομηθεί χρόνος και θα μειωθεί δραματικά το κόστος περίθαλψης των ασθενών.^[5]



Εικόνα 8 . IoT Συνδεδεμένη υγειονομική περίθαλψη μπορεί να βελτιώσει εκατομμύρια ζωές και να σώσει δισεκατομμύρια δολάρια. ^[14]

1.8.2. Μεταφορές

Κάποτε τα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα φάνταζαν σενάριο επιστημονικής φαντασίας, τα τελευταία χρόνια εταιρίες όπως η Tesla Motors, η BMW και η Volvo έχουν δημιουργήσει αυτοκίνητα τα οποία κινούνται αυτόνομα ή με την επίβλεψη του ανθρώπου. Αξιοποιώντας την τεχνολογία αυτή τα αυτοκίνητα είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο συλλέγοντας πληροφορίες για τη διαδρομή, την κίνηση στους δρόμους, τις κλιματολογικές συνθήκες και τη κατάσταση του οδοστρώματος, μετέπειτα αναλύουν και επεξεργάζονται τις πληροφορίες και έτσι μπορούν να αποφασίσουν ποια είναι η κατάλληλη ταχύτητα και βέλτιστη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί. Το 2016 η εταιρία μεταφορών Uber πρόσθεσε στον αυτοκινητιστικό της στόλο τα πρώτα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα τα οποία προσφέρουν υπηρεσίες μεταφορών οι οποίες θα κοστίζουν λιγότερο.^[5]



Εικόνα 9 . Εφαρμογές του IoT στις Μεταφορές – Φορτηγά , Λεωφορία. [15]

1.8.3. Λιανικό Εμπόριο

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

Η μεγαλύτερη πρόκληση που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν οι εταιρίες είναι η ασφάλεια. Σκεφτείτε ένα τεράστιο δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών οι οποίες ανταλλάσσουν, επεξεργάζονται και συλλέγουν πληροφορίες. Όλος αυτός ο όγκος θα πρέπει να αρχειοθετηθεί και να ταξινομηθεί με ασφάλεια. Για παράδειγμα, έχουμε αισθητήρες για να παρακολουθούμε την υγεία ενός ασθενή, θα πρέπει να διασφαλίσουμε ότι αυτά τα δεδομένα θα μείνουν ασφαλή και δεν θα πέσουν στα χέρια

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

λάθος ανθρώπων. Εξίσου σημαντική αποτελεί η διαδικασία εύρεσης αξιόπιστων και ενεργειακά αποδοτικών τρόπων αποθήκευσης και ανάλυσης των δεδομένων που θα παράγουν ταυτόχρονα δισεκατομμύρια συσκευές.^[5]



Εικόνα 10 . ΤοThred¹ σαρώνει σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά επαυξημένης πραγματικότητας με νέα εφαρμογή^[16]

Κεφάλαιο 2

Ασύρματη Τεχνολογία - Zigbee

Εισαγωγή στην ασύρματη τεχνολογία ZigBee

¹Το Thred Limited (ASX: THD) έχει μετατοπίσει την εστίαση σε μια νέα τεχνολογία και σε ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο - το Sweep, μια εφαρμογή για καταναλωτές και το Agent Reality, μια λύση λευκής ετικέτας για επιχειρήσεις. Το Sweep είναι μια επαναστατική εφαρμογή νέας τεχνολογίας για κινητά που θα ηγηθεί του χώρου καινοτομίας Augmented Reality, στηριζόμενη στην τεχνολογική πλατφόρμα που δημιούργησε ο Thred.



Εικόνα 11 . Εφαρμογή του ZigBee στην καθημερινή ζωή ^[17]

2.1. Γενική εισαγωγή στο ZigBee

Το ZigBee είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που έχει σχεδιαστεί για ασύρματες συσκευές δικτύου αισθητήρων. Οι συσκευές Zigbee λειτουργούν σε ζώνες χωρίς άδεια 868 MHz, 915 MHz και 2,4 GHz, η οποία παρέχει μέγιστο ρυθμό δεδομένων δικτύου ασύρματου αισθητήρα 20 Kbps, 40 Kbps και 250 Kbps αντίστοιχα. Το πρότυπο ZigBee έχει σχεδιαστεί για να παρέχει αξιόπιστη μετάδοση μέτριων ποσοτήτων δεδομένων, ενώ καταναλώνει πολύ λίγη ισχύ.

Το ZigBee είναι ένα σύνολο προδιαγραφών που δημιουργήθηκαν από το πρότυπο 802.12.15 του IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.). Αυτές οι προδιαγραφές καθορίζουν τα πρότυπα όπως ένα ασύρματο προσωπικό δίκτυο (WPAN), το οποίο έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: [7]

- ✓ Χαμηλό κόστος και απλή εφαρμογή
- ✓ Υψηλή πυκνότητα κόμβων ανά δίκτυο

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- Χώρος διευθύνσεων έως και 64 bit συσκευές διευθύνσεων IEEE (65.535 δίκτυα και 18.450.000.000.000.000 συσκευές)
 - ✓ Χαμηλή κατανάλωση
- Χαμηλή ισχύς για μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας
- Συνεχής σύνδεση δικτύου
- Διαλείπουσα σύνδεση δικτύου
 - ✓ Ταχύτητα δεδομένων από 20 Kbps έως 250 Kbps σε διαφορετικές συχνότητες
 - ✓ Πρόσβαση καναλιού χρησιμοποιώντας CSMA-CA
 - ✓ Εύρος από 10m έως 100m .
 - ✓ Πλήρως αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων με κρυπτογραφημένη ανίχνευση κίνησης «Ερέθισμα»
 - ✓ Απλό πρωτόκολλο (στοίβα μεγέθους 32 KB)
 - ✓ Οικονομικώς αποδοτικό πρότυπο, επειδή είναι πολύ φθηνό να υλοποιήσει κάποιος ένα τσιπ και ασύρματα δίκτυα.

Το κύριο πλεονέκτημα του ZigBee είναι η ευελιξία, η κινητικότητα και η εύκολη χρήση που παρέχει, με μια κεντρική μονάδα που ο χρήστης μπορεί να ελέγχει 65.535 αισθητήρες. Είναι μια ιδανική λύση για βιομηχανίες ή οικιακές εφαρμογές όπου απαιτείται για την παρακολούθηση ή τον έλεγχο διαφορετικών εργασιών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω πλεονεκτήματα που περιέχει το πρωτόκολλο ZigBee μπορεί να προτιμηθεί έναντι άλλων πρωτοκόλλων για τις ασύρματες επικοινωνίες κυρίως σε ορισμένες εφαρμογές αλλά και σε ένα ευρύ φάσμα αυτών .

Γενικά, το ZigBee χρησιμοποιεί το στρώμα PHY (Physical) Layer και το MAC (Medium Access):

- Φυσικό (PHY) επίπεδο
- IEEE 802.15.4 - 2003: Πρότυπο ασύρματου δικτύου προσωπικού χώρου χαμηλού ρυθμού (WPAN), το οποίο καθορίζει ένα ραδιοφάσμα χαμηλής ισχύος.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Πίνακας 1: Επιλογή συχνότητας.

Frequency	Number of Channels	Data rate	Bandwidth	Modulation
2,4 GHz (worldwide)	20	250 Kbps	5 MHz	QPSK
915 MHz (USA)	10	40 Kbps	5 MHz	BPSK
868 MHz (European)	1	20 Kbps	5 MHz	BPSK

Το ZigBee είναι μια ασύρματη τεχνολογία που αναπτύσσεται για να καλύψει τις μοναδικές ανάγκες των χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος, ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

Συγκεκριμένα το ZigBee είναι το όνομα μιας προδιαγραφής για μια ακολουθία υψηλού επιπέδου πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι μικροί, χαμηλής ισχύος ψηφιακοί δεκτές βασισμένοι στο 802.15.4 πρότυπο της IEEE για τα ασύρματα προσωπικά τοπικά δίκτυα(WPAN), όπως για παράδειγμα τα ασύρματα ακουστικά που συνδέονται με τα κινητά τηλέφωνα.

Η τεχνολογία προορίζεται να είναι απλούστερη και φτηνότερη από άλλα ασύρματα προσωπικά, τοπικά δίκτυα (WPAN), όπως το Bluetooth.

Το ZigBee στοχεύει στις εφαρμογές ραδιοσυχνότητας (RF) που απαιτούν ένα χαμηλό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, μεγάλη ζωή μπαταριών, και εξασφαλισμένη δικτύωση. Τα πρότυπα εκμεταλλεύονται πλήρως το 802.15.4 πρότυπο της IEEE και λειτουργούν στις χωρίς άδεια ζώνες παγκοσμίως στις ακόλουθες συχνότητες: 2.400-2.484 GHz, 902-928 MHz και 868.0-868.6 MHz.^[9]

2.2. Πώς μπορεί το Zigbee να λαμβάνει και να εκπέμπει τα δεδομένα

Σειριακή διεπαφή με το Star Lite.

Τι είναι το Star Lite

Το Starlite είναι ένα υλικό διογκώσεως που ισχυρίζεται ότι μπορεί να αντέξει και να μονώσει από την υπερβολική θερμότητα. Εφευρέθηκε από τον Βρετανό και ερασιτέχνη χημικό Maurice Ward (1933-2011) κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και του 1980 και έλαβε σημαντική δημοσιότητα μετά από κάλυψη του υλικού που προβλήθηκε το 1990 στην εκπομπή επιστημονικής και τεχνολογίας του BBC Tomorrow's World. Το όνομα Starlite επινοήθηκε από την εγγονή του Ward Kimberly.

Η αμερικανική εταιρεία Thermashield, LLC ισχυρίζεται ότι απέκτησε τα δικαιώματα για το Starlite το 2013 και την αναπαράγει. Είναι η μόνη εταιρεία που έχει επιδείξει δημόσια την τεχνολογία και έχει δοκιμάσει δείγματα από τρίτους.

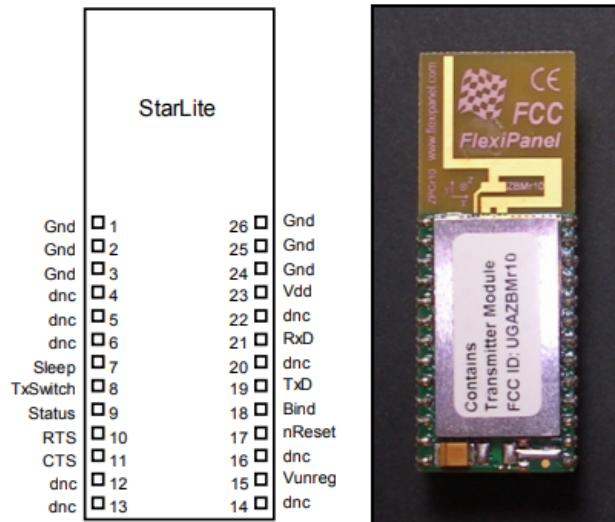
Υπό δοκιμές, ο Starlite ισχυρίστηκε ότι ήταν σε θέση να αντέξει σε επίθεση από μια ακτίνα λέιζερ που θα μπορούσε να παράγει θερμοκρασία 10.000 βαθμούς Κελσίου.

Περίληψη

Το Star Lite παρέχει μια διαφανή σειριακή διεπαφή για το πρότυπο IEEE 802.15.4 για χαμηλό ρυθμό δεδομένων στα δίκτυα.

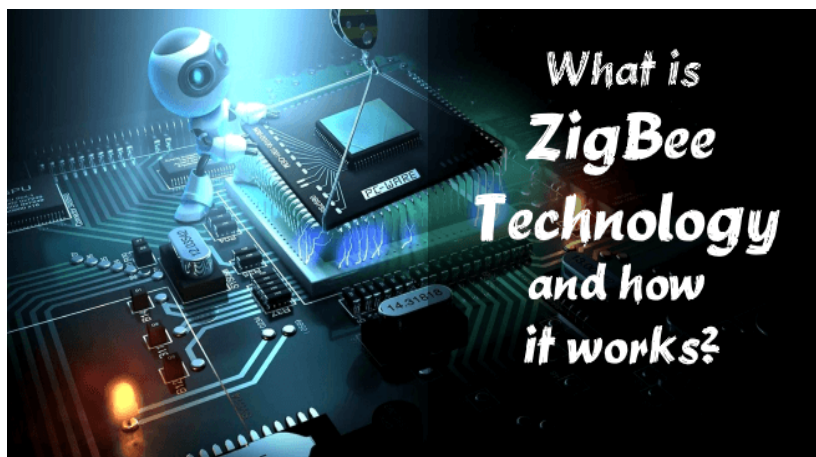
Είναι ιδανικό για OEM (original equipment manufacturer) (κατασκευαστές γνήσιου εξοπλισμού) που πρέπει να προσθέσουν ασύρματο σειριακό single-hop χωρίς εντολή σε επικοινωνίες στα προϊόντα τους. Ενσωματώνει τον πομποδέκτη IEEE 802.15.4 (zigbee) με πιστοποίηση FCC / CE. Το Star Lite επιτρέπει από σημείο σε σημείο, αστέρι, πλέγμα, δέντρο για μετάδοση και απευθύνονται σε αρχιτεκτονικές επικοινωνιών.

Το Υλικό λογισμικό Pixie MAC παρέχει μια πιο ευέλικτη διεπαφή προσαρμοσμένη στις εντολές για πιο απαιτητικές εφαρμογές. Το Star Lite μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα με το Flexi Pane Pixie και προϊόντα UZ Bee+. Επιπλέον, σε ποσότητες 2500 και άνω, μπορεί να αγοραστεί ως σχέδιο χωρίς άδειες για ενσωμάτωση απευθείας στο κύριο PCB σας.



Εικόνα 12 . Starlite σχηματικό και εφαρμογή

2.3. Η τεχνολογία ZigBee



Εικόνα 13 . Εισαγωγή στην τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης ZigBee [24]

Πρόκειται για μία τεχνολογία η οποία δημιουργήθηκε όπως και το Bluetooth με στόχο την εξυπηρέτηση των ασύρματων προσωπικών δικτύων και η οποία βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4². Ο τρόπος εκείνος με τον οποίο πληθώρα μοναδικών και απλών οργανισμών συμμετέχουν και επικοινωνούν με στόχο να αντιμετωπίσουν προβλήματα και να επιλύσουν πολύπλοκες καταστάσεις όπου καλείτε να τις φέρει ης πέρας το πρωτόκολλο Zigbee.

²Τεχνικό πρότυπο που καθορίζει τη λειτουργία ασύρματων δικτύων προσωπικής περιοχής χαμηλού ρυθμού (LR-WPANs). Καθορίζει το φυσικό επίπεδο ελέγχου και ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων για LR-WPAN, και διατηρείται από την ομάδα εργασίας IEEE 802.15, η οποία καθόρισε το πρότυπο το 2003. [16] Είναι η βάση για τις προδιαγραφές Zigbee, [17] ISA100.11a, [18] Wireless HART, MiWi, 6LoWPAN, Thread και SNAP, καθεμία από τις οποίες επεκτείνει περαιτέρω το πρότυπο αναπτύσσοντας τα ανώτερα στρώματα που δεν ορίζονται στο IEEE 802.15.4 .

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Όπως και οι περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες έτσι και η τεχνολογία ZIGBEE παρουσιάζει λειτουργία στο φάσμα ISM (Industrial , Scientific and Medical) των 2.4 GHz. Η εμβέλεια της όσον αφορά τη μετάδοση φτάνει έως και 100 μέτρα, έχοντας μέγιστη ταχύτητα τα 250 Kbps. Ωστόσο, η συχνότητα της λειτουργίας της μπορεί να εκπέμπει και στα 868 MHz και στα 915 MHz. Ιδιαίτερα γνωρίσματα της τεχνολογίας ZIGBEE αποτελούν η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ισχύος που απαιτείται σε πληθώρα σύγχρονων εφαρμογών και το σχετικά μικρό της κόστος χρήσης αλλά και εγκατάστασης. Παράλληλα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει μη αδειοδοτημένες ραδιοσυχνότητες. Ακόμη, μπορεί να δημιουργήσει ευέλικτα και επεκτάσιμα δίκτυα καθώς και να ενσωματώσει νοημοσύνη με στόχο να αποκατασταθούν δίκτυα και να δρομολογηθούν μηνύματα.

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη του ZIGBEE οφείλεται στην Zigbee Alliance, στην οποία σημειώνεται συνεργασία ανάμεσα σε εταιρίες παραγωγής ηλεκτρονικού εξοπλισμού και ημιαγωγών, με στόχο την αύξηση και την προώθηση της τεχνολογίας αυτής. Αρχικά, η Zigbee Alliance κατόρθωσε να αναπτύξει τα ανώτερα επίπεδα του πρωτοκόλλου. Το πρωτόκολλο όπου χρησιμοποιεί και ακολουθεί ονομάζεται WPAN-LR. Η ονομασία αυτή οφείλεται στο μέγιστο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων και ο οποίος είναι 250 Kbps. Αυτός είναι και ο λόγος μη προορισμού της τεχνολογίας αυτής σε σήματα τα οποία έχουν πιο χαμηλή ποσότητα πληροφοριακού υλικού, όπως είναι οι μετρήσεις ενός αισθητηρίου.

Τα ZigBee δίκτυα επικεντρώνονται σε δύο λειτουργίες. Η πρώτη είναι η λειτουργία της περιοδικής εκπομπής ενός σήματος συντονισμού και η δεύτερη είναι η λειτουργία της μη περιοδικής εκπομπής. Όσον αφορά τη πρώτη περίπτωση, ο κόμβος συντονιστής αφυπνίζει όλους εκείνους τους κόμβους του δικτύου, οι οποίοι πρέπει να τον ενημερώσουν αν υπάρχει μήνυμα για προώθηση, στέλνοντας περιοδικά μηνύματα.^[9]

Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, όταν δεν στέλνονται περιοδικά μηνύματα αφύπνιση από τον κόμβο συντονιστή, το δίκτυο εμφανίζεται να είναι λιγότερο συντονισμένο. Αυτό γιατί κάθε κόμβος εκπέμπει ένα σήμα το οποίο πρέπει να παραδοθεί στον συντονιστή κόμβο, μέσω των ενδιάμεσων κόμβων στο δίκτυο.^[11]

Έτσι, ο συντονιστής θα πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι έτοιμος να ανταποκριθεί σε οποιοδήποτε σήμα, έχοντας αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας. Σε όλες τις περιπτώσεις που ένα δίκτυο αποτελείται από κόμβους που ενσωματώνουν το IEEE 802.15.4 πρωτόκολλο διατηρείται χαμηλή κατανάλωση ισχύος, εξαιτίας της πλειοψηφίας που έχουν οι κόμβοι

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

του δικτύου που παραμένουν σε κατάσταση ύπνου για μεγάλα χρονικά διαστήματα. (Αναφερόμαστε πιο αναλυτικά στη λειτουργία του zigbee με την μορφή πλέγματος) .^[10]

Στο πίνακα ακολούθως αναφέρονται συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά του προτύπου Zigbee.^[10]

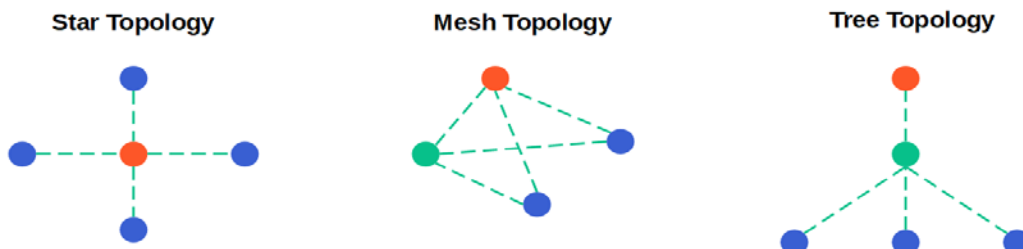
Πίνακας 2

Πρότυπο	Συχνότητα Λειτουργίας (GHz)	Ρυθμός μετ. δεδομένων (Mbps)	Τυπική Εμβέλεια (m)	Κατανάλωση ισχύος	Τύπος δικτύου
Zigbee	<ul style="list-style-type: none">• 0.868• 0.915	<ul style="list-style-type: none">• 0.02• 0.04	100	Πολύ Χαμηλή	WPAN-LR
	<ul style="list-style-type: none">• 2.4	<ul style="list-style-type: none">• 0.25			

Εικόνα 14 . Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά Zigbee ^[25]

2.4. Δίκτυο ZigBee

Το Zigbee λειτουργεί ως δίκτυο πλέγματος. Και παρακάτω βλέπετε πώς μοιάζει ένα τυπικό δίκτυο πλέγματος Zigbee.



Εικόνα 15 . Τυπικό δίκτυο πλέγματος Zigbee^[18]

Υπάρχει πάντα ένας συντονιστής. Εάν συνδυάσετε ορισμένες συσκευές σε αυτό, αποκτάτε ένα απλό δίκτυο Star. Αλλά όταν έχετε περισσότερες συσκευές τελικής σύνδεσης σε μεγαλύτερο εύρος, ορισμένες συσκευές θα λειτουργούν ως δρομολογητές. Αυτό σημαίνει ότι ένα σήμα για τις τελικές συσκευές μεταβαίνει μέσω αυτού του δρομολογητή στον συντονιστή. Ή ένα σήμα μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιήσει περισσότερους από έναν δρομολογητές για να επικοινωνήσει με τον συντονιστή. Όσο περισσότεροι δρομολογητές, τόσο ισχυρότερο θα είναι το συνολικό δίκτυο. Ακριβώς όπως στο Διαδίκτυο, μια τελική συσκευή θα επιλέγει πάντα την καλύτερη διαδρομή προς τον συντονιστή.

Συντονιστής (Coordinator)

Χρειάζεστε πάντα τουλάχιστον έναν συντονιστή. Έχει δυνατότητες δρομολογητή και είναι η αρχή του δικτύου Zigbee. Αυτό μπορεί να είναι ιδιόκτητη πύλη ή δική σας πύλη DIY (gateway LoRaWAN).

Δρομολογητής (Router)

Οι δρομολογητές μεταφέρουν την κίνηση των τελικών συσκευών μεταξύ των διαφόρων κόμβων. Δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν με μπαταρία επειδή ένας δρομολογητής πρέπει επίσης να είναι έτοιμος να μεταφέρει ένα μήνυμα, το οποίο δεν είναι εγγυημένο όταν βρίσκονται σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας.

Τερματικές συσκευές σε δίκτυο Zigbee

Οι αισθητήρες και οι συσκευές διακοπών σας, απλές συσκευές, έχουν έναν 'γονέα' και όλες οι επικοινωνίες περνούν από αυτόν τον 'γονέα'. Ένας 'γονέας' μπορεί να είναι δρομολογητής ή συντονιστής.

Το μέγιστο

Ένας συντονιστής με το zigbee2mqtt (Zigbeeuποστηρικτής) υποστηρίζει απευθείας 15 συσκευές. ΑΛΛΑ με επιπλέον δρομολογητές αυτό μπορεί να επεκταθεί εύκολα. Όταν χρησιμοποιείτε τον προεπιλεγμένο υλικολογισμικό συντονιστή + 2 δρομολογητές CC2531 (προγραμματιζόμενο σύστημα, πομποδέκτης), το όριο της συσκευής σας θα είναι:

Συντονιστής: 15 - 2 δρομολογητές = 13

Δρομολογητής 1: 21

Δρομολογητής 2: 21

Όριο συσκευών 55 συσκευές

Όσο περισσότεροι δρομολογητές (και να θυμάστε ότι οι τελικές συσκευές που τροφοδοτούνται με AC λειτουργούν επίσης ως δρομολογητές) τόσο καλύτερο θα είναι το δίκτυό σας!

2.5. Πρωτόκολλο Zigbee

2.5.1. Τοπολογίες Zigbee

Πρώτα– πρώτα, το Zigbee στοχεύει στη παροχή επικοινωνιακών δυνατοτήτων μεταξύ συσκευών ελέγχου και αισθητήρων, όπου και δεν απαιτείται μεγάλος χρόνος για αυτόνομη λειτουργία καθώς επίσης και σε ευέλικτες τοπολογίες δικτύου. Στη περίπτωση εκείνη που επιδιώκεται η κατασκευή των συσκευών εκείνων όπου δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια οι συσκευές Zigbee διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. FFD (Full Function Devices): πρόκειται για τις συσκευές πλήρους λειτουργικότητας. Οι FFD συσκευές διακρίνονται καθώς πάντα είναι ενεργοποιημένες. Έτσι, η κατανάλωση ενέργειας φτάνει σε υψηλά επίπεδα.

2.RFD (Reduced Function Devices): πρόκειται για τις συσκευές μειωμένης λειτουργικότητας. Οι RFD συσκευές δεν βρίσκονται να είναι πάντα ενεργοποιημένες. Αντιθέτως, τίθενται αυτόματα σε αναμονή (sleep mode). Έτσι, με τις συσκευές αυτής της τοπολογίας τα δεδομένα μεταδίδονται μόνο στη περίπτωση που κάποιο συμβάν υπάρξει. Ακόμη, οι συσκευές αυτές λειτουργούν αποκλειστικά και μόνο ως τερματικά σημεία (end points) κάποιου δικτύου. Παράλληλα για να λειτουργήσουν χρειάζονται οπωσδήποτε μία τουλάχιστον FFD συσκευή με στόχο να υπάρξει επικοινωνία. Επειδή όπως αναφέρθηκε προηγουμένως για τη λειτουργία μιας RFD συσκευής απαιτείται μία συσκευή τουλάχιστον FFD, αυτομάτως αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι ότι ένα δίκτυο το οποίο έχει μία συσκευή FFD και πολλαπλές συσκευές RFD είναι σε θέση να δημιουργήσει μόνο σε τοπολογία αστέρα. ^[12]

FFD vs RFD

- **Full function device (FFD)**
 - Any topology
 - Network coordinator capable
 - Talks to any other device
- **Reduced function device (RFD)**
 - Limited to **star** topology
 - Cannot become a network coordinator
 - Talks only to a network coordinator
 - Very simple implementation



Εικόνα 16 . FFD vs RFD^[19]

2.5.2. Επίπεδα πρωτοκόλλου Zigbee

Το πρωτόκολλο Zigbee αποτελείται από τέσσερα επίπεδα, καθένα από τα οποία είναι σε θέση να εκτελέσει ένα συγκεκριμένο σύνολο λειτουργιών. Επιπλέον, κάθε επίπεδο είναι σε θέση να παράσχει τις υπηρεσίες του στο ανώτερο επίπεδο χάρη σε μια διεπαφή, η οποία ονομάζεται «σημείο πρόσβασης υπηρεσιών» (service access point, SAP). Τα τέσσερα επίπεδα της στοίβας πρωτοκόλλων του ZigBee όπως παρουσιάζονται, είναι τα παρακάτω:

1. Φυσικό επίπεδο (Physical layer, PHY): το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τις ακόλουθες λειτουργίες:
 - ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του πομποδέκτη
 - μετάδοση και λήψη δεδομένων
 - ανίχνευση ενέργειας στο κανάλι
 - εκτίμηση της κατάστασης των καναλιών για την πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντος και με αποφυγή συγκρούσεων (CSMA-CA)
 - μέτρηση της ποιότητας των λαμβανομένων πακέτων. .
2. Επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (Medium access control layer, MAC): το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο είναι υπεύθυνο για:

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- την παροχή υπηρεσιών που σχετίζονται με τη μεταφορά των δεδομένων και την διαχείριση αυτών.
- την πρόσβαση στο κανάλι,
- τη διαχείριση των χρονοθυρίδων,
- την παροχή μιας αξιόπιστης σύνδεσης μεταξύ δύο επιπέδων MAC. ^[13]

Επιπρόσθετα, το επίπεδο αυτό παρέχει κάθε μέσο το οποίο είναι απαραίτητο για την εφαρμογή διαφόρων μηχανισμών ασφάλειας.

3. Επίπεδο δικτύου (Network layer, NWK): το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για:

- τη δημιουργία του δικτύου,
- την είσοδο και την έξοδο μιας συσκευής από ένα δίκτυο,
- την ασφάλεια,
- τη δρομολόγηση των πακέτων όπου και μεταδίδονται. ^[13]

4. Επίπεδο εφαρμογών (Application layer, APL): το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει τα ακόλουθα υποεπίπεδα:

- Στρώμα στοίβας ZigBee

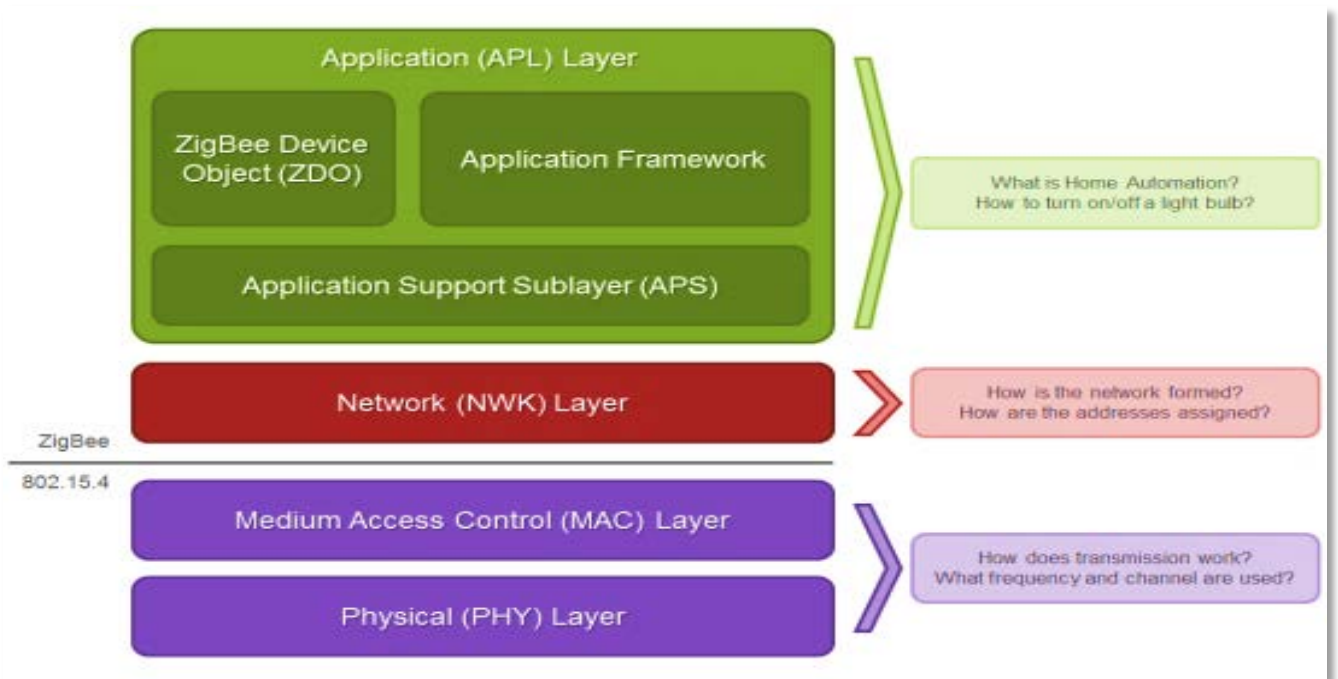
Τα περισσότερα πρωτόκολλα δικτύου χρησιμοποιούν την έννοια των στρώσεων για να διαχωρίσουν διαφορετικά στοιχεία και λειτουργίες σε ανεξάρτητες μονάδες που μπορούν να συναρμολογηθούν με διαφορετικούς τρόπους.

Το Zigbee είναι χτισμένο στο στρώμα Physical (PHY) και στο υπόστρωμα ελέγχου πρόσβασης μεσαίας πρόσβασης (MAC) που ορίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. Αυτές οι στρώσεις χειρίζονται λειτουργίες δικτύου χαμηλού επιπέδου, όπως διεύθυνση και μετάδοση / λήψη μηνυμάτων.

Η προδιαγραφή Zigbee ορίζει το επίπεδο δικτύου (NWK) και το πλαίσιο για το επίπεδο εφαρμογής (APL). Το στρώμα δικτύου φροντίζει για τη δομή του δικτύου, τη δρομολόγηση και την ασφάλεια. Το πλαίσιο επιπέδων εφαρμογής αποτελείται από το υποστρώμα υποστήριξης εφαρμογών (APS), τα

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

αντικείμενα συσκευής Zigbee (ZDO) και τις εφαρμογές που ορίζονται από το χρήστη, οι οποίες δίνουν στη συσκευή τη συγκεκριμένη λειτουργικότητα. ^[13]



Εικόνα 17 . Επίπεδα στοίβας Zigbee ^[23]

✚ Περιγραφές και αναλύσεις επιμέρους στρώματος Zigbee

PHY

Φυσικό στρώμα (PHY): αυτό το επίπεδο αποτελείται από ένα μισό διπλό IEEE 802.15.4 ραδιοδέκτη. Έχει σχεδιαστεί για να επιτυγχάνει διαφορετικά επίπεδα ολοκλήρωσης και να διευκολύνει την ανάγκη των απαιτήσεων χαμηλού κόστους. Το επίπεδο PHY λειτουργεί σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων 868 MHz, 915 MHz και 2,4 GHz.

MAC

Επίπεδο Medium Access Control (MAC): Αυτό το επίπεδο παρέχει αξιόπιστες και χωρίς σφάλματα επικοινωνίες μεταξύ ενός κόμβου και των πιο κλειστών γειτόνων του. Επιτρέπει σε διαφορετικούς μηχανισμούς να μεταφέρουν ενέργεια όπως η αποφυγή σύγκρουσης με χρήση CSMA-CA και η συσκευή να μπαίνει σε κατάσταση αναστολής για εξοικονόμηση ενέργειας.

APL

Το επίπεδο APL (επίπεδο εφαρμογών) είναι το τελευταίο ιεραρχικά επίπεδο και το πιο περίπλοκο από όλα τα υπόλοιπα. Αποτελείται από τα υπο-επίπεδα Application Framework, ZigBee Device Object (ZDO) και το Application Support Sub-layer (APS) Application Framework (Πλαίσιο εφαρμογών). Πρόκειται για το περιβάλλον στο οποίο «φιλοξενούνται» αντικείμενα εφαρμογών. Μπορούν να οριστούν έως και 240 διακριτά αντικείμενα εφαρμογών σε διαδοχικές διευθύνσεις με τιμές 1-240. Ορίζονται ακόμα δύο διευθύνσεις. Η μία με τιμή «0» για τη διεπαφή των δεδομένων με το υπο-επίπεδο ZDO, και μία με τιμή «255» για τη διεπαφή των δεδομένων όταν πρόκειται για μετάδοση αυτών σε όλα τα αντικείμενα εφαρμογών. Οι διευθύνσεις με τιμές 241-254 προορίζονται για μελλοντική χρήση.

>Application Support (APS-Υποστήριξη εφαρμογών). Το υπο-επίπεδο APS εξυπηρετεί στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων αντικειμένων εφαρμογών.

> ZigBee device objects (ZDO). Το συγκεκριμένο υπο-επίπεδο προσφέρει τη διεπαφή μεταξύ των αντικειμένων των εφαρμογών, του προφίλ της συσκευής και του υποεπιπέδου APS. Βρίσκεται μεταξύ του πλαισίου Application Framework και του APS, και ικανοποιεί αιτήματα από όλες τις εφαρμογές που «τρέχουν» στο πρωτόκολλο ZigBee.

NWK

Το επίπεδο NWK είναι υπεύθυνο για τη δικτύωση τοπολογίας «mesh». Αυτό περιλαμβάνει αποστολή πακέτων κατά μήκος του δικτύου, και καθορισμό διαδρομής πακέτων για κάθε κόμβο. Παράλληλα, το επίπεδο NWK, διαθέτει ένα σύνολο εντολών για θέματα ασφάλειας, περιλαμβάνοντας ασφαλή σύνδεση, αποσύνδεση και επανασύνδεση ενός κόμβου.

ZigBee, Bluetooth, NFC, vs., WiFi

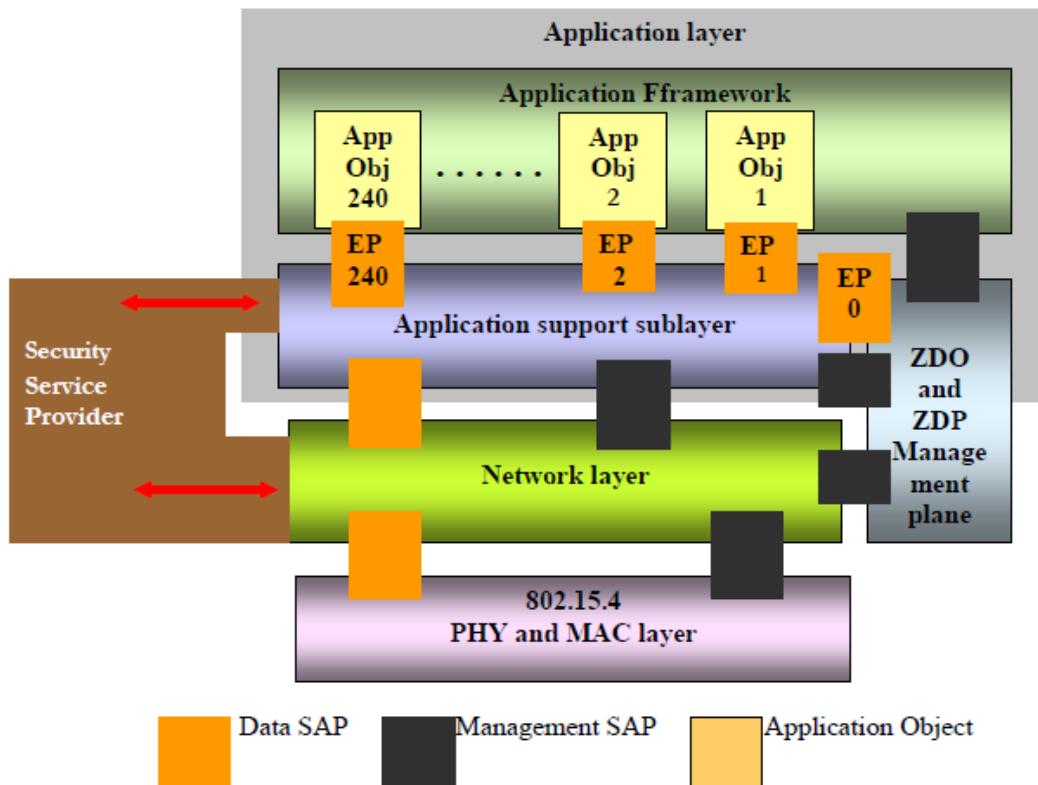
	Low Energy Bluetooth	ZigBee	NFC	Low Power WiFi
Frequency (MHz)	2402 – 2482	868 - 868.8, 902 - 928, 2402 – 2482	13.56	2400 - 2500
Channels	3	16	1	3
Modulation	GFSK	BPSK & QPSK	ASK	64QAM
Max potential data rate	1 Mbps	250 Kbps	424 Kbps	54 Mbps
Range	10m	100+m	10cm	30m
Power Profile	Days	Months/Years	Months/Years	Hours
Complexity	Complex	Simple	Simple	Complex
Nodes/Master	7	65,000	1+1	
Extendibility	No	Yes	No	Yes ³⁷

Εικόνα 18 . Συγκριτικός πίνακας κατανάλωσης Zigbee σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. ^[25]

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να δούμε την κατανάλωση σε σχέση με το Wi-Fi. Συμπεραίνουμε ότι ένα κανάλι WiFi ισοδυναμεί με τέσσερα κανάλια ZigBee. Το Zigbee είναι διαδεδομένη τεχνική, η οποία βρίσκει εφαρμογή στα «έξυπνα» σπίτια, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ισχύος.

2.5.3. Το πρωτόκολλο ZigBee Stack

Η προδιαγραφή ZigBee καθορίζει ένα πρωτόκολλο στοίβας (Σχήμα 19) που επιτρέπει στις ασύρματες συσκευές να λειτουργούν σε δίκτυο δεδομένων χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος και χαμηλής ταχύτητας. Αυτή η στοίβα βασίζεται στο μοντέλο OSI (Open Systems Interconnection).



Εικόνα 19 . (Η αρχιτεκτονική στοίβας IEEE 802.15.4 / ZigBee) [8]

(EP = τελικό σημείο

ZDO = αντικείμενο συσκευής ZigBee

ZDP = προφίλ συσκευής ZigBee

SAP = διεπαφή δεδομένων / οντότητας διαχείρισης για την υπηρεσία που παρέχεται από ένα συγκεκριμένο επίπεδο στο ανώτερο επίπεδο).

Πάροχος υπηρεσιών ασφαλείας (SSP): Αυτή η ενότητα της συσκευής ZigBee προετοιμάζεται και διαμορφώνεται μέσω του ZDO για την παροχή των υπηρεσιών ασφαλείας. Αυτές οι υπηρεσίες προορίζονται για τη δημιουργία και την ανταλλαγή κλειδιών ασφαλείας, προκειμένου οι επικοινωνίες να είναι ασφαλείς.

Οι υπηρεσίες ασφαλείας χρησιμοποιούνται από τα επίπεδα APS, NWK και MAC για την κρυπτογράφηση δεδομένων, πριν από τη μετάδοση και τον έλεγχο ταυτότητας κατά τη λήψη τους. [8] [9] [10]

(Τα υπόλοιπα επίπεδα αναλύθηκαν πιο πάνω (Περιγραφές στρώματος Zigbee))

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Οι συσκευές επικοινωνίας χωρίζονται στις Τελικές Συσκευές που παρέχονται κυρίως από μπαταρίες και τους Δρομολογητές, οι οποίοι μπορούν να μεταδίδουν μηνύματα πολλαπλών λυκίσκων μέσω του δικτύου και να αποθηκεύουν μηνύματα για Τελικές Συσκευές ενώ κοιμούνται (low mode) . Οι δρομολογητές σε ορισμένες περιπτώσεις καλούνται επίσης ως Συντονιστές, οι οποίοι έχουν ειδικούς ρόλους σχετικά με τη διαχείριση ολόκληρου του δικτύου, καθώς θα συζητηθεί παρακάτω.

Υπάρχουν λοιπόν τρεις διαφορετικοί τύποι συσκευών ZigBee: οι Συντονιστές, οι Δρομολογητές και οι Τελικές Συσκευές. Έχουν δοθεί μερικά σύμβολα για καλύτερη κατανόηση, τα σχετικά σχηματικά διαγράμματα, όπως φαίνονται παρακάτω.



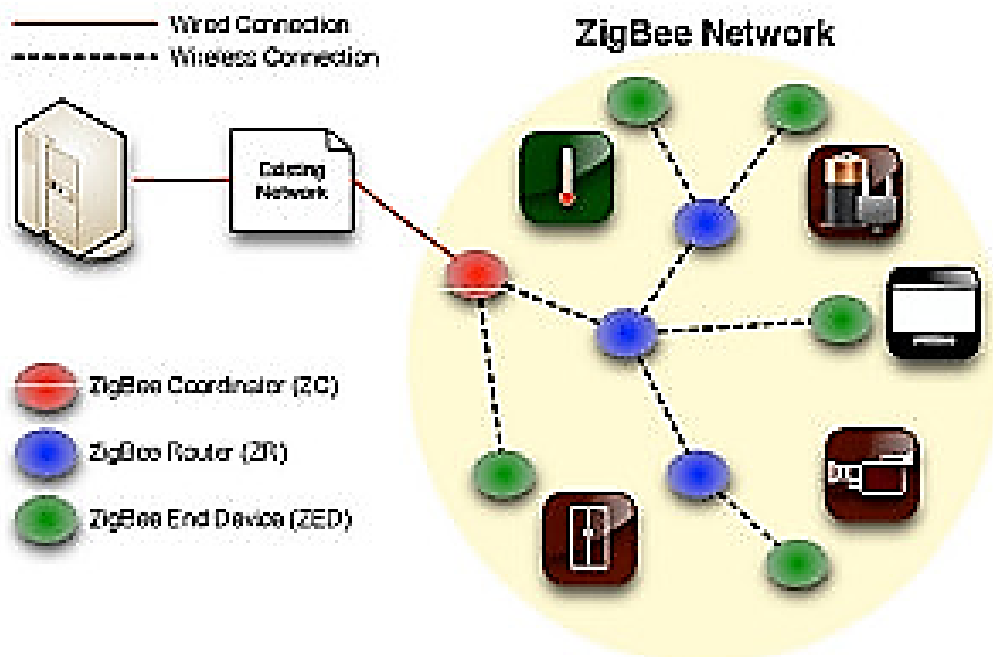
Εικόνα 20 . Συσκευή πλήρους λειτουργίας = FFD, Συσκευή μειωμένης λειτουργίας = RFD.

- Ο συντονιστής PAN (FFD) είναι το βασικό στοιχείο που αρχικοποιεί το δίκτυο και έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με οποιαδήποτε συσκευή στο δίκτυο. Ξεκινά το δίκτυο και επιτρέπει στις συσκευές να συνδεθούν σε αυτό το δίκτυο. Μπορεί να λειτουργήσει σε τοπολογίες Star, Mesh και Cluster Tree. [7] [11]
- Οι δρομολογητές (FFD) μπορούν να μεταδίδουν μηνύματα μόνο του δικτύου. Κάνουν σάρωση για να ενταχθούν στο δίκτυο και δρομολογούν τις πληροφορίες.
- ✿ Οι συσκευές EndScan πραγματοποιούν σάρωση για να συνδεθούν στο δίκτυο και επικοινωνούν με μεμονωμένες συσκευές. Αυτές οι συσκευές είναι ο γονικός κόμβος τους (Συντονιστής ή δρομολογητής) με τον οποίο επικοινωνούν προκειμένου να λαμβάνουν ή να μεταδίδουν δεδομένα, αλλά δεν μπορούν να δρομολογήσουν δεδομένα. Τερματίζουν τις συσκευές εάν δεν στέλνουν ή λαμβάνουν δεδομένα και επιτρέπεται να αδρανούν για εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ οι δρομολογητές μπορούν να αποθηκεύουν μηνύματα για αυτούς. Χρησιμοποιούν την ισχύ της μπαταρίας, και ως επί το πλείστον είναι RFD και σπάνια είναι FFD. [7] [12]

2.6. Αρχιτεκτονική Zigbee

Δομή συστήματος Zigbee

Η δομή του συστήματος Zigbee αποτελείται από τρεις διαφορετικούς τύπους συσκευών όπως ο συντονιστής Zigbee, ο δρομολογητής και η τελική συσκευή. Κάθε δίκτυο Zigbee πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον έναν συντονιστή που λειτουργεί ως ρίζα και γέφυρα του δικτύου. Ο συντονιστής είναι υπεύθυνος για το χειρισμό και την αποθήκευση των πληροφοριών κατά την εκτέλεση των εργασιών λήψης και μετάδοσης δεδομένων. Οι δρομολογητές Zigbee λειτουργούν ως ενδιάμεσες συσκευές που επιτρέπουν τη μετάδοση δεδομένων από και προς αυτές σε άλλες συσκευές. Οι τελικές συσκευές έχουν περιορισμένη λειτουργικότητα για επικοινωνία με τους γονικούς κόμβους έτσι ώστε η ισχύς της μπαταρίας να εξοικονομείται όπως φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 21 . Δομή συστήματος Zigbee.

Ο σχηματισμός του δικτύου έχει ιεραρχικό στρώμα, το στρώμα ZigBee δικτύωσης. Το δίκτυο πρέπει να είναι σε μία από τις δύο τοπολογίες δικτύωσης που ορίζονται στο πρότυπο IEEE 802.15.4:

Στην τοπολογία αστέρα, που βλέπουμε παρακάτω, οι συσκευές μέσα στο δίκτυο μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω ενός συντονιστή PAN. Ένα τυπικό σενάριο σε τοπολογία δικτύου αστέρα είναι

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

ότι μια FFD, έχει προγραμματιστεί να είναι ένας συντονιστής PAN, και ενεργοποιείται με τη δημιουργία του δικτύου.

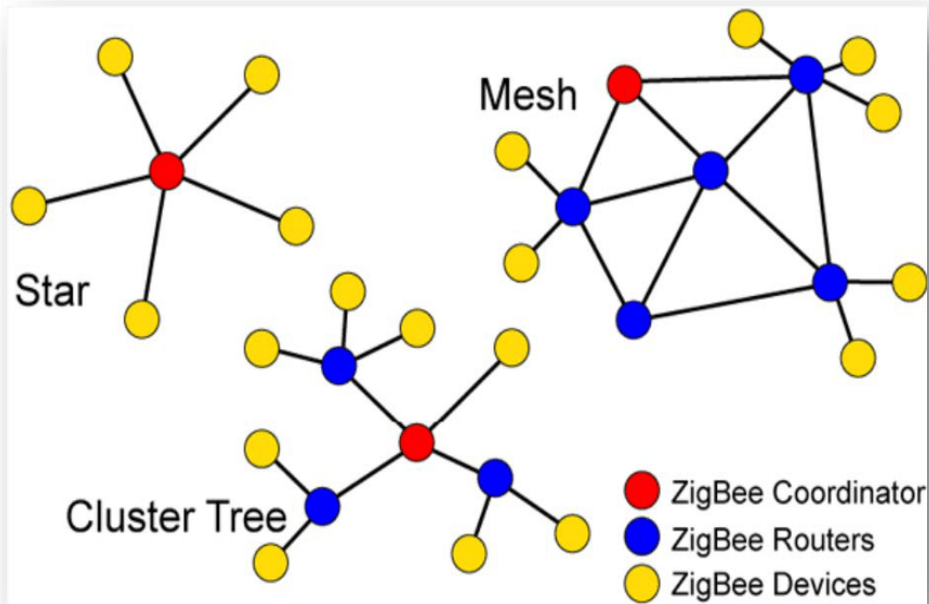
Το πρώτο πράγμα που διενεργεί ο συντονιστής PAN είναι να επιλέξει ένα μοναδικό αναγνωριστικό το οποίο δεν θα χρησιμοποιείται από οποιοδήποτε άλλο δίκτυο. Με άλλα λόγια, διασφαλίζει ότι το αναγνωριστικό PAN δεν χρησιμοποιείται από οποιοδήποτε άλλο κοντινό δίκτυο.

Σε μια τοπολογία peer-to-peer, κάθε συσκευή μπορεί να επικοινωνεί απευθείας με οποιαδήποτε άλλη συσκευή αν οι συσκευές είναι τοποθετημένες αρκετά κοντά μεταξύ τους για τη δημιουργία ενός επιτυχημένου σύνδεσμου επικοινωνίας. Κάθε FFD σε ένα δίκτυο peer-to-peer μπορεί να παίζει το ρόλο του συντονιστή PAN. Ένας τρόπος για να αποφασίσει ποια συσκευή θα είναι ο συντονιστής PAN είναι να λαμβάνει την πρώτη συσκευή FFD που ξεκινά την επικοινωνία. ως συντονιστής PAN.

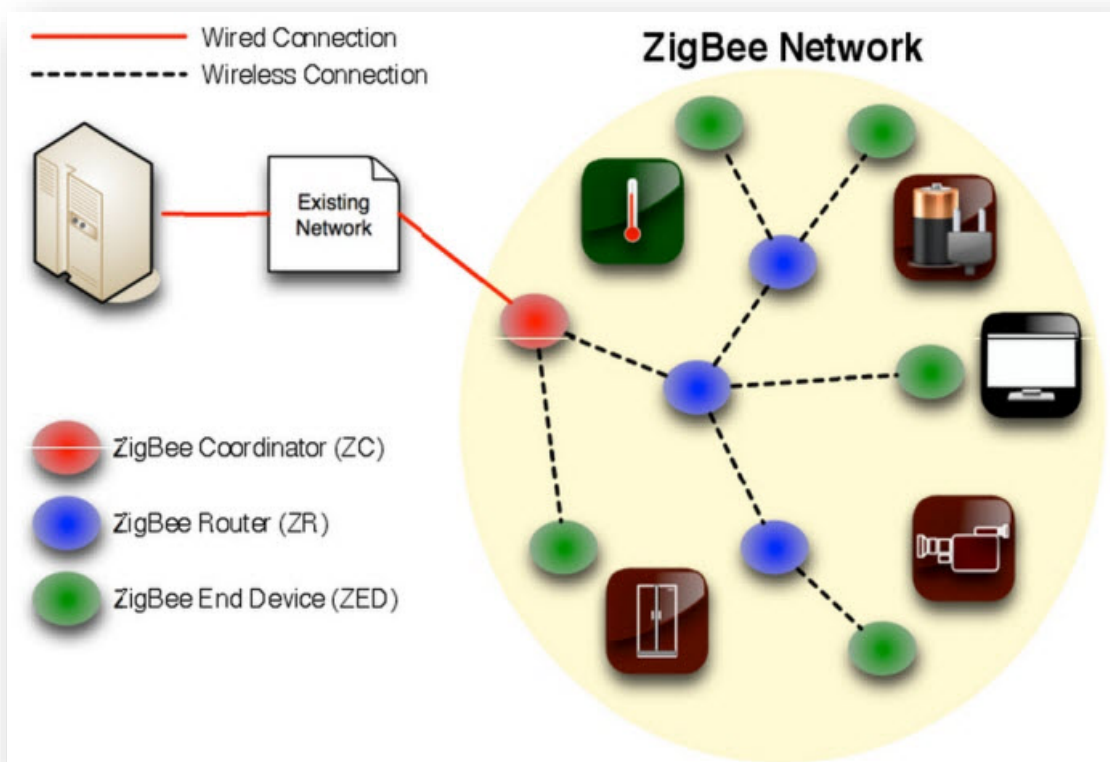
Σε ένα peer-to-peer δίκτυο, όλες οι συσκευές που συμμετέχουν στην αναμετάδοση των μηνυμάτων είναι FFD επειδή τα RFD δεν είναι ικανά για την αναμετάδοση των μηνυμάτων. Ωστόσο, μια RFD μπορεί να είναι μέρος του δικτύου και να επικοινωνούν μόνο με μία συγκεκριμένη συσκευή (συντονιστή ή έναν δρομολογητή) στο δίκτυο.

Ένα peer-to-peer δίκτυο μπορεί να λάβει διάφορες μορφές με περιορισμό από την επικοινωνία των συσκευών μεταξύ τους. Εάν δεν υπάρχει κανένας περιορισμός, το δίκτυο peer-to-peer είναι γνωστό ως τοπολογία mesh (πλέγμα). Μια άλλη μορφή του peer-to-peer δικτύου ZigBee είναι η τοπολογία δέντρου σύμπλεγμα (cluster tree).

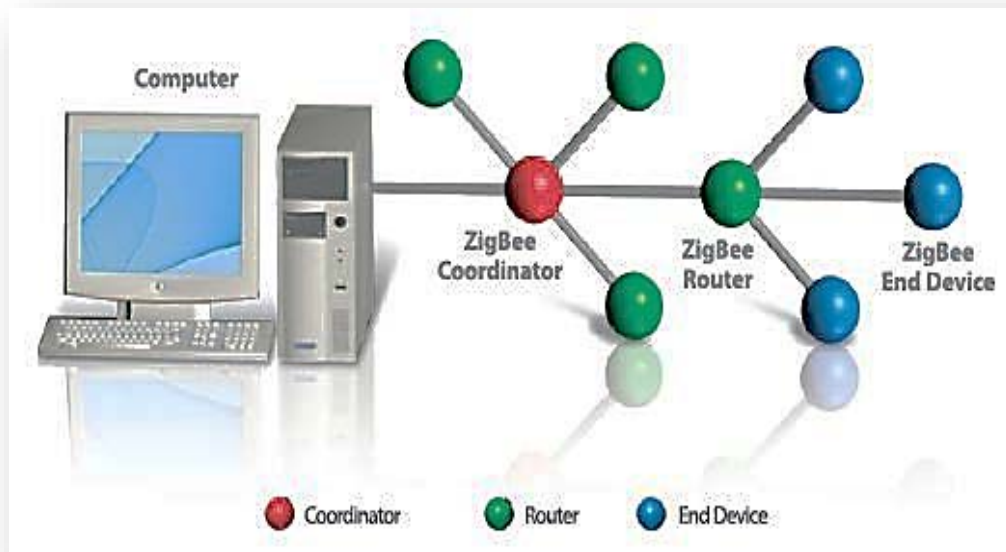
Σε αυτήν την περίπτωση, ένας συντονιστής ZigBee (συντονιστής PAN) καθορίζει το αρχικό δίκτυο. Οι ZigBee δρομολογητές αποτελούν τα κλαδιά και αναμεταδίδουν τα μηνύματα. Οι συσκευές τέλος συμπεριφέρονται σαν τα φύλλα του δέντρου και δεν συμμετέχουν στη δρομολόγηση μηνυμάτων. ^[6]



Εικόνα 22 . Τοπολογίες Zigbee , αστέρας , πλέγμα , δέντρο σύμπλεγμα.



Εικόνα 23 . Επικοινωνία δικτύου Zigbee μέσω υπάρχοντος διαδικτύου



Εικόνα 24

. Επικοινωνία ZigBee με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή

2.7. Σύγκριση ασύρματων τεχνολογιών

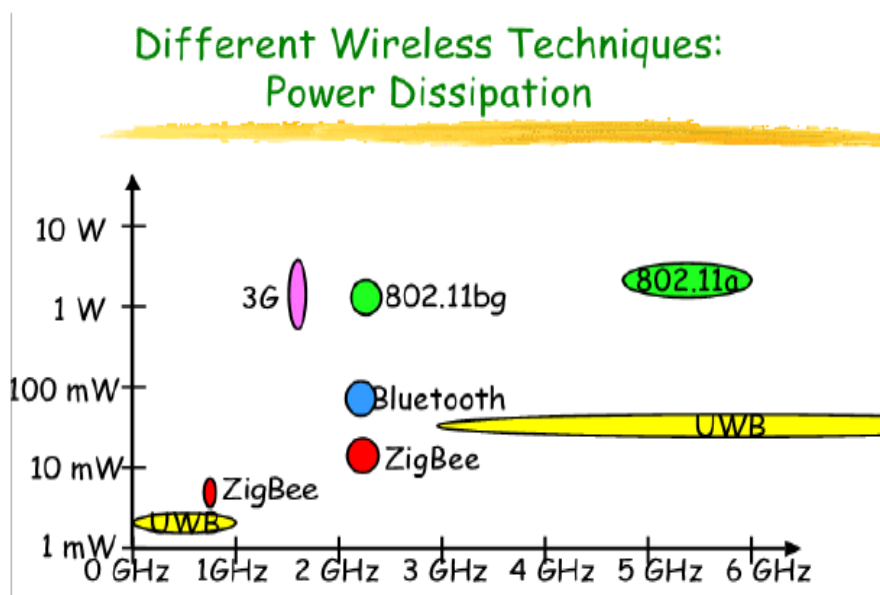
Υπάρχουν αρκετές ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην ασύρματη περιοχή για την εκτέλεση διαφορετικών σκοπών μαζί με το ZigBee, όπως IEEE 802.11 Wi-Fi, Bluetooth, Ultra Wide Band (UWB), Infra Red (IR) wireless. Ο Πίνακας 6 δείχνει, εν συντομία, τα βασικά σημεία σύγκρισης αυτών των νέων τεχνολογιών.

Πίνακας 6. Συγκρίσεις τεχνολογίας ZigBee με άλλες τεχνολογίες [7]

	ZigBee	802. 11 (Wi-Fi)	Bluetooth	UWB (Ultra Wide Band)	IR Wireless
Data Rate	20, 40, 250 Kbps.	11 & 54 Mbps.	1 Mbps.	100-500 Mbps.	20-40,500 Kbps.
Range	10-100 meters.	50-100 meters.	10 meters.	< 10 meters.	LOS <10 meters.
Networking Topology	Star, Mesh, Cluster Tree.	Star.	Ad-hoc, Very small networks.	Ad-hoc.	Point to point.
Operating Frequency	868 MHz (Europe). 900-928 MHz (NA). 2.4 GHz (Worldwide).	2.4, 5 GHz.	2.4 GHz.	3.1-10.6 GHz.	800-900 nm.
Complexity	Low.	High.	High.	Medium.	Low.

Power Consumption	Very Low (design goal).	High.	Medium.	Low.	Low.
Security	128 AES pulse application layer security.		64 and 128 bit encryption.		
Typical Applications	1. Industrial control and monitoring, 2. Sensor networks, 3. Building automation, 4. home control and automation, 5. toys, 6. games.	Wireless LAN connectivity, Broadband internet access.	Wireless connectivity between devices such as phones, PDA, laptops, headsets.	Streaming Video, home entertainment applications	Remote controls, PC, PDA, phone laptop links.

Η σύγκριση που σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας και τη συχνότητα λειτουργίας μεταξύ ZigBee και παρόμοιων τεχνολογιών γίνεται επίσης στον παρακάτω πίνακα.

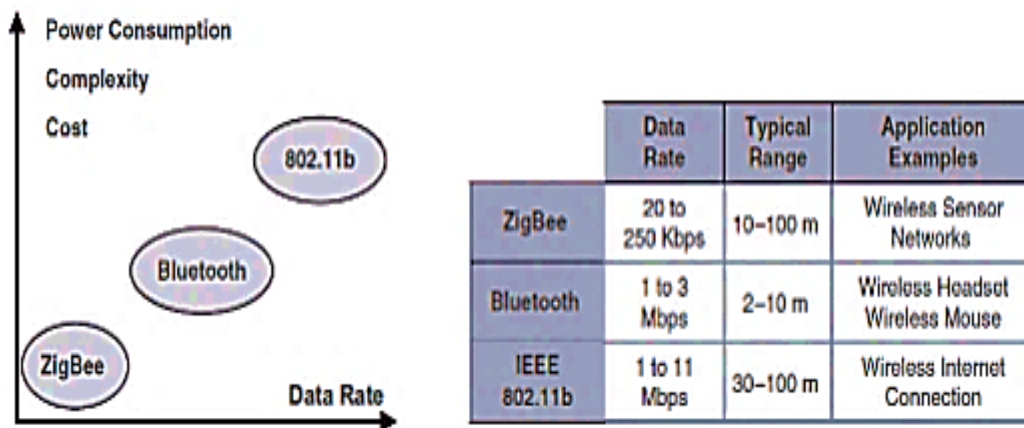


Εικόνα 25 . Πίνακας τιμών σε διαφορετικές ασύρματες τεχνικές μετάδοσης Bluetooth–Zigbee.

2.8. Σύγκριση Bluetooth – Zigbee

Για να γίνει κατανοητή η διαφοροποίηση του Zigbee από τα υπόλοιπα πρότυπα, είναι αναγκαία η σύγκρισή του με το Bluetooth.

Το IEEE 802.11 συντίθεται από πολλά και διαφορετικά πρότυπα. Το επιλέγουν, επειδή λειτουργεί κυρίως στη ζώνη των 2.4 GHz και επειδή έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης. Επιπλέον, έχει μεγάλη περιοχή εμβέλειας που ξεκινάει από τα 30 και φτάνει τα 100 μέτρα. Το Bluetooth έχει πιο μικρό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, και μικρότερη περιοχή εμβέλειας (2 – 10 μέτρα). Από την άλλη, το ZigBee έχει μικρότερη πολυπλοκότητα αλλά και μικρότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Ωστόσο η διάρκεια μπαταρίας είναι μεγαλύτερη.^[10]



Εικόνα

26 . Σύγκριση Zigbee με άλλα πρωτόκολλα. ^[25]

2.9. Διευθυνσιοδότηση

Κάθε συσκευή σε ένα δίκτυο χρειάζεται μια μοναδική διεύθυνση. Το IEEE 802.15.4 χρησιμοποιεί δύο μεθόδους διευθυνσιοδότησης:

- 16-bit σύντομη διευθυνσιοδότηση
- 64-bit εκτεταμένη διευθυνσιοδότηση

Ένα δίκτυο μπορεί να επιλέξει να χρησιμοποιήσει είτε 16-bit ή 64-bit διευθυνσιοδότηση. Η σύντομη διευθυνσιοδότηση επιτρέπει την επικοινωνία μέσα σε ένα ενιαίο δίκτυο. Χρησιμοποιώντας

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

το μηχανισμό σύντομης διευθυνσιοδότησης, επιτυγχάνεται η μείωση του μήκους των μηνυμάτων και εξοικονομείται απαιτούμενος χώρος μνήμης που διατίθεται για την αποθήκευση των διευθύνσεων.

Από την άλλη, η διευθυνσιοδότηση των 64-bit σημαίνει ότι ο μέγιστος αριθμός των συσκευών σε ένα δίκτυο μπορεί να είναι 2^{64} , ή περίπου $1,8 \cdot 10^{19}$. Ως εκ τούτου, ένα IEEE 802.15.4 ασύρματο δίκτυο δεν έχει σχεδόν κανένα όριο στον αριθμό των συσκευών που μπορούν να συμμετάσχουν στο δίκτυο.

Το επίπεδο δικτύου του zigbee, μπορεί να αποδώσει και μία επιπλέον διεύθυνση, μήκους 16 bit, ανεξάρτητη από αυτήν του πρωτοκόλλου IEEE. Για την αντιστοίχιση της 64 bit διεύθυνσης σε μία του επιπέδου δικτύου, μοναδική, χρησιμοποιείται ένας πίνακας lookup.

Κάθε πομπός, σε ένα δίκτυο δύναται να έχει μία διεύθυνση IEEE και μία του επιπέδου δικτύου. Αυτές οι δύο διευθύνσεις, μπορούν να συνδέσουν 240 διαφορετικές συσκευές. Ο αριθμός της κάθε συσκευής ονομάζεται και τελικό σημείο, (netpoint).

2.10. Πύλη Zigbee

Μια πύλη ZigBee παρέχει τη διεπαφή μεταξύ ενός δικτύου ZigBee και κάποιου άλλου δικτύου χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό πρότυπο. Για παράδειγμα, εάν η ασύρματη δικτύωση ZigBee χρησιμοποιείται για να συλλέξει πληροφορίες ασθενών σε τοπικό επίπεδο μέσα σε ένα δωμάτιο, οι πληροφορίες μπορεί να χρειαστεί να μεταδοθούν μέσω του Διαδικτύου σε ένα σταθμό παρακολούθησης. Στην περίπτωση αυτή, τα εργαλεία πύλης ZigBee και το πρωτόκολλο του Internet θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταφράσουν τα πακέτα ZigBee σε μορφή πακέτων πρωτοκόλλου Internet, και το αντίστροφο. ^[6]

2.11. Ασφάλεια

Σε ένα ασύρματο δίκτυο, τα μεταδιδόμενα μηνύματα μπορούν να ληφθούν από οποιαδήποτε κοντινή συσκευή. Υπάρχουν δύο κύριες ανησυχίες για την ασφάλεια σε ένα ασύρματο δίκτυο.

Η πρώτη είναι η εμπιστευτικότητα των δεδομένων. Η συσκευή εισβολέας μπορεί να αποκτήσει ευαίσθητες πληροφορίες μέσω των μεταδιδόμενων μηνυμάτων.

Η κρυπτογράφηση των μηνυμάτων πριν την μετάδοση θα λύσει το πρόβλημα της εμπιστευτικότητας. Ένας αλγόριθμος κρυπτογράφησης τροποποιεί ένα μήνυμα χρησιμοποιώντας μια σειρά από bits γνωστή ως το κλειδί ασφαλείας, και μόνο ο παραλήπτης είναι σε θέση να ανακτήσει το αρχικό μήνυμα.

Μία δεύτερη ανησυχία είναι ότι η συσκευή εισβολέας μπορεί να τροποποιήσει και να ξαναστείλει ένα προηγούμενο μήνυμα, ακόμη κι αν τα μηνύματα είναι κρυπτογραφημένα μηνύματα. Συμπεριλαμβανομένου του κώδικα ακεραιότητας μηνύματος (MIC) με κάθε εξερχόμενο πλαίσιο ο παραλήπτης θα είναι σε θέση να γνωρίζει αν το μήνυμα έχει αλλαχτεί κατά τη μεταφορά. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως πιστοποίηση δεδομένων.

Ένα από τα κύρια εμπόδια στην εφαρμογή των χαρακτηριστικών ασφαλείας σε ένα ασύρματο δίκτυο ZigBee, είναι οι περιορισμένοι πόροι. Οι κόμβοι είναι κυρίως μπαταρίες και έχουν περιορισμένη υπολογιστική ισχύ αλλά και μικρό μέγεθος μνήμης. Το ZigBee εξάλλου στοχεύει σε εφαρμογές χαμηλού κόστους και το υλικό σε κόμβους μπορεί επομένως να είναι ευάλωτο σε παραβιάσεις. Εάν ένας εισβολέας αποκτά μια πρόσβαση σε έναν κόμβο από ένα δίκτυο λειτουργίας που δεν έχει παραβιαστεί, το πραγματικό κλειδί θα μπορούσε να ληφθεί μόνο από τη μνήμη της συσκευής. Ένας κόμβος μπορεί να διαγράψει ευαίσθητες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων και των κλειδιών ασφαλείας, σε περίπτωση αλλοίωσης.^[6]

Κεφάλαιο 3

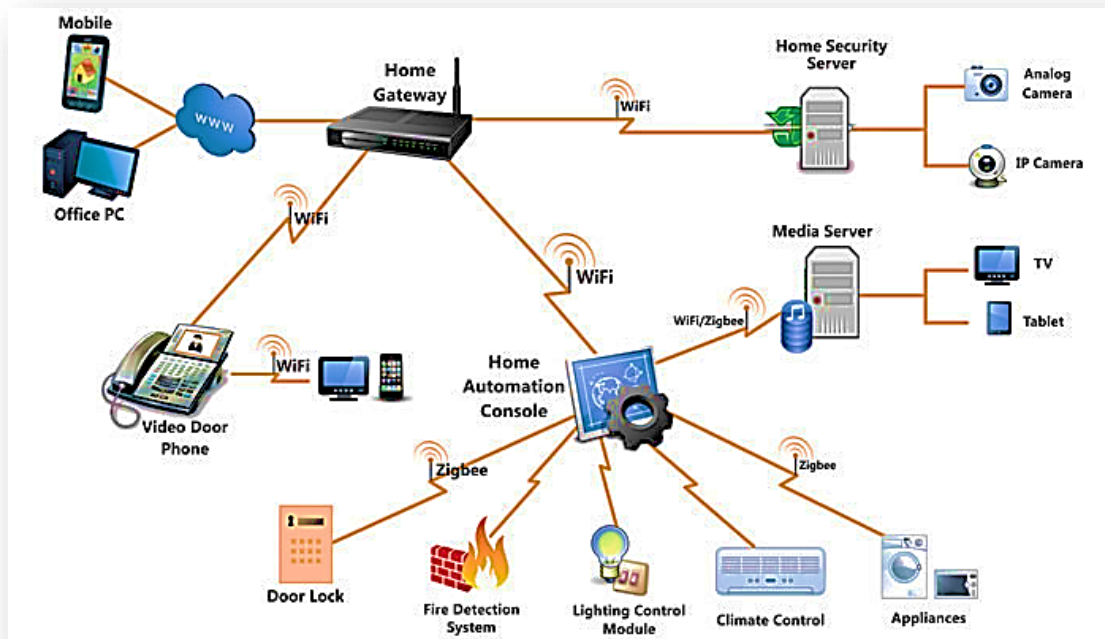
Παραδείγματα εφαρμογών Zigbee

3.1. Εφαρμογές της τεχνολογίας ZigBee

Αυτοματισμός σπιτιού: Η τεχνολογία ZigBee αποδεικνύεται η πιο αξιόπιστη τεχνολογία για την πραγματοποίηση οικιακού αυτοματισμού. Διαφορετικές εφαρμογές όπως έλεγχος και παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας, διαχείριση νερού, έλεγχος φωτός κ.λπ. έχουν γίνει ευκολότερες μέσω αυτοματισμού χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ZigBee.

Βιομηχανικός αυτοματισμός: Οι συσκευές RFID με βάση το ZigBee παρέχουν αξιόπιστη διαχείριση πρόσβασης σε βιομηχανίες. Άλλες εφαρμογές σε βιομηχανίες περιλαμβάνουν έλεγχο διεργασιών, διαχείριση ενέργειας, παρακολούθηση προσωπικού κλπ.

Αυτοματοποίηση υγειονομικής περίθαλψης: Ένα δημοφιλές παράδειγμα αυτοματοποίησης υγειονομικής περίθαλψης είναι η παρακολούθηση της υγείας από απόσταση. Ένα άτομο φορά μια συσκευή ZigBee με έναν αισθητήρα μέτρησης παραμέτρων σώματος που συλλέγει τις πληροφορίες υγείας. Αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται στο δίκτυο ZigBee στο δίκτυο Internet Protocol (IP) και στη συνέχεια στο προσωπικό της υγειονομικής περίθαλψης (ο γιατρός ή η νοσοκόμα), το οποίο στη συνέχεια θα συνταγογραφήσει κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή με βάση τις ληφθείσες πληροφορίες.



Εικόνα 27 . Επικοινωνία συσκευών και εφαρμογών μέσω ενός δρομολογητή (router) ασύρματα και μέσω δικτύωσης Zigbee

Η δικτύωση ZigBee έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, που περιλαμβάνουν αλλά δεν περιορίζονται μόνο στους οικιακούς αυτοματισμούς, την παρακολούθηση και την απογραφή δεδομένων αλλά και σε εκπαιδευτικές μονάδες .^[6]

3.2. Συστήματα ασφαλείας

Ένα σύστημα ασφαλείας μπορεί να αποτελείται από διάφορους αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων των ανιχνευτών κίνησης, διακόπτες γυαλιού, αισθητήρες και κάμερες ασφαλείας. Οι συσκευές αυτές πρέπει να επικοινωνούν με τον κεντρικό πίνακα ασφαλείας είτε μέσω καλωδίου ή μέσω ασύρματου δικτύου. Τέτοιου είδους συστήματα, μπορούν να απλοποιήσουν την εγκατάσταση και την αναβάθμιση των συστημάτων ασφαλείας.

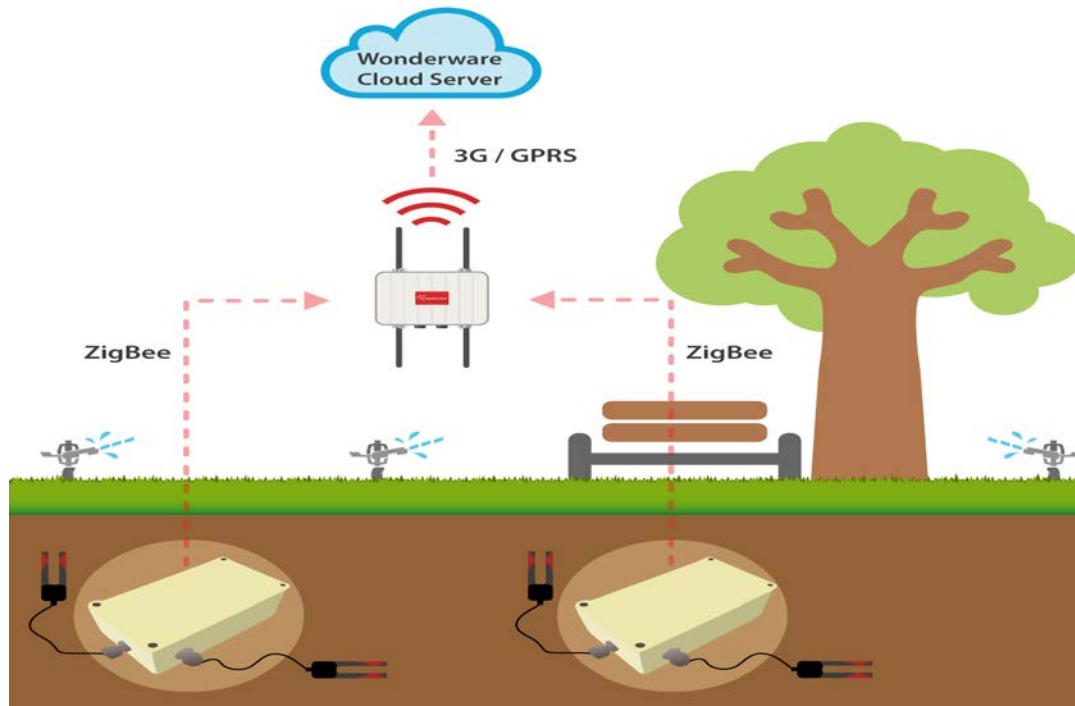
Παρά τη χαμηλή ταχύτητα δεδομένων το ZigBee, είναι ικανό για ασύρματη μεταφορά εικόνων με αποδεκτή ποιότητα. Για παράδειγμα, το ZigBee έχει χρησιμοποιηθεί σε συστήματα ασύρματης κάμερας για την καταγραφή σε βίντεο των επισκεπτών κατά της είσοδό τους.^[6]



Εικόνα 28 .Ανιχνευτές κίνησης, Διακόπτες γυαλιού, Αισθητήρες και κάμερες ασφαλείας

3.3. Αρδευτικά συστήματα

Ένα σύστημα άρδευσης που βασίζεται σε αισθητήρα μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική διαχείριση του νερού. Οι αισθητήρες μπορούν να επικοινωνούν με τον πίνακα άρδευσης και να καταγράφουν το επίπεδο υγρασίας του εδάφους σε διαφορετικά βάθη. Ο ελεγκτής καθορίζει το χρόνο ποτίσματος με βάση το επίπεδο υγρασίας, το είδος των φυτών, την ώρα της ημέρας και την εποχή. Ένα καταναμημένο σύστημα θα εξαλείψει το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων καθώς η δυσκολία καλωδίωσης σε σταθμούς αισθητήρων σε όλο το πεδίο μειώνει το κόστος συντήρησης.^[6]



Εικόνα 29 . Εφαρμογή σε ένα αρδευτικό σύστημα μέσω arduino (Κύκλωμα απομακρισμένου ελέγχου Zigbee). ^[27]

*Η χρήση του έχει να κάνει με την αποθήκευση και ανάγνωση των δεδομένων του προγράμματος ποτίσματος που καταχωρεί ο χρήστης από την microSD. ^[27]

3.4. Zigbee και συστήματα υγείας

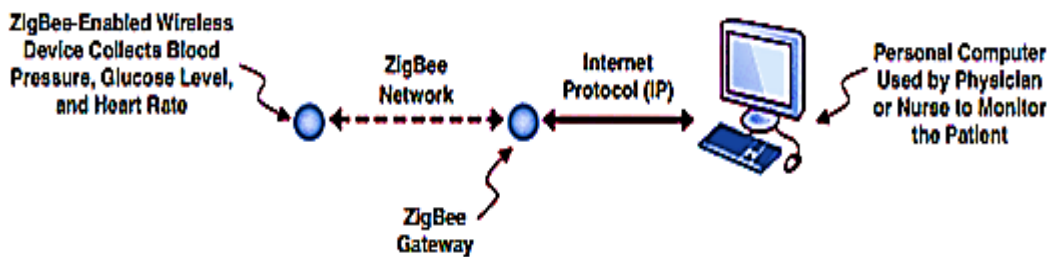
Μια από τις εφαρμογές του IEEE 802.15.4 στον κλάδο της υγείας είναι η παρακολούθηση πληροφοριών ζωτικής σημασίας για τον ασθενή από απόσταση. Μπορούμε να αναλογιστούμε έναν ασθενή ο οποίος διαμένει στο σπίτι του, αλλά για κάποιους λόγους είναι σημαντικό ότι ο γιατρός του παρακολουθεί τον καρδιακό ρυθμό του και την πίεση του αίματος του, συνεχώς. Σε αυτό το σύστημα, ένα δίκτυο IEEE 802.15.4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή δεδομένων από διάφορους αισθητήρες που συνδέονται με τον ασθενή. Το πρότυπο 802.15.4 χρησιμοποιεί 128-bit και βασική τεχνολογία κρυπτογράφησης (AES) για να μεταφέρει με ασφάλεια δεδομένα μεταξύ συσκευών ZigBee και άλλων δικτύων.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Στην παρακάτω εικόνα, βλέπουμε ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου. Ένας ασθενής φοράει μία συσκευή ZigBee που διασυνδέεται με έναν αισθητήρα, όπως ο αισθητήρας πίεσης του αίματος, που συγκεντρώνει πληροφορίες σε περιοδική βάση.

Στη συνέχεια, αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται σε μία ZigBee πύλη. Μια πύλη ZigBee παρέχει τη διεπαφή μεταξύ ενός δικτύου ZigBee και άλλων δικτύων, όπως ένα δίκτυο IP (Internet Protocol).

Οι πληροφορίες του ασθενή μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου σε έναν προσωπικό υπολογιστή που ο γιατρός ή η νοσοκόμα χρησιμοποιεί για να παρακολουθεί τον ασθενή. Το σύστημα αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει τα νοσοκομεία να βελτιώσουν τη φροντίδα των ασθενών και να ανακουφίσουν το πρόβλημα του υπερπληθυσμού στα νοσοκομεία δίνοντάς τους τη δυνατότητα να παρακολουθούν τους ασθενείς στο σπίτι.^[6]



Εικόνα 30 . Διάγραμμα απομακρυσμένου ελέγχου^[6]

3.5. Τηλεχειρισμοί

Στα ηλεκτρονικά προϊόντα, όπως σε ασύρματα τηλεχειριστήρια, σε ελεγκτές παιχνιδιών, σε ασύρματες περιφερειακές συσκευές αλλά και σε άλλες εφαρμογές, το Zigbee μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Ένα υπέρυθρο (IR) τηλεχειριστήριο επικοινωνεί με τηλεοράσεις, DVD και άλλες συσκευές ψυχαγωγίας μέσω υπέρυθρων σημάτων. Ο περιορισμός των τηλεχειριστηρίων IR είναι ότι παρέχουν μόνο μονόδρομη επικοινωνία από την απομακρυσμένη συσκευή προς τη συσκευή ψυχαγωγίας. Επίσης, τα σήματα IR δεν διαπερνούν τοίχους και άλλα αντικείμενα και συνεπώς απαιτούν οπτική επαφή για να λειτουργήσουν εντός των ραδιοσυχνοτήτων (RF), όμως, διαπερνούν εύκολα τοίχους και τα περισσότερα αντικείμενα.

Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 είναι μια κατάλληλη αντικατάσταση για την τεχνολογία IR σε τηλεχειριστήρια, εξαιτίας του χαμηλού κόστους και της μεγάλης διάρκειας ζωής της μπαταρίας της ασύρματης επικοινωνίας ZigBee με βάση IEEE 802.15.4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ του τηλεχειριστηρίου και της συσκευής ψυχαγωγίας.

Για παράδειγμα, οι πληροφορίες τραγουδιού ή η οθόνη προγραμματισμού και οι επιλογές τους μπορούν να βρεθούν στο ίδιο σημείο ακόμη κι όταν δε βρίσκονται στον ίδιο χώρο.^[6]



Εικόνα 31. Ενεργοποίηση απομακρυσμένου ελέγχου μέσω αισθητηρίου ήχου)

3.6. Πυροσβεστήρες

Οι πυροσβεστήρες πρέπει να ελέγχονται κάθε 30 ημέρες για να διαπιστώνεται ότι όλα τα δοχεία έχουν σωστές πιέσεις. Αντί για τον έλεγχο των πυροσβεστήρων με το χέρι, σε ένα σύστημα παρακολούθησης που βασίζεται σε αισθητήρα ZigBee ένας αισθητήρας επισυνάπτεται σε κάθε πυροσβεστήρα κι έτσι επικοινωνούν ασύρματα με τον συντονιστή, όταν χρειάζεται συντήρηση. Ένα σύστημα παρακολούθησης ZigBee όχι μόνο εξοικονομεί χρόνο και κόστος εργασίας, αλλά βοηθά επίσης στη βελτίωση πυρασφάλειας με άμεση ειδοποίηση των αρχών εάν ένας πυροσβεστήρας δεν λειτουργεί σωστά.^[6]



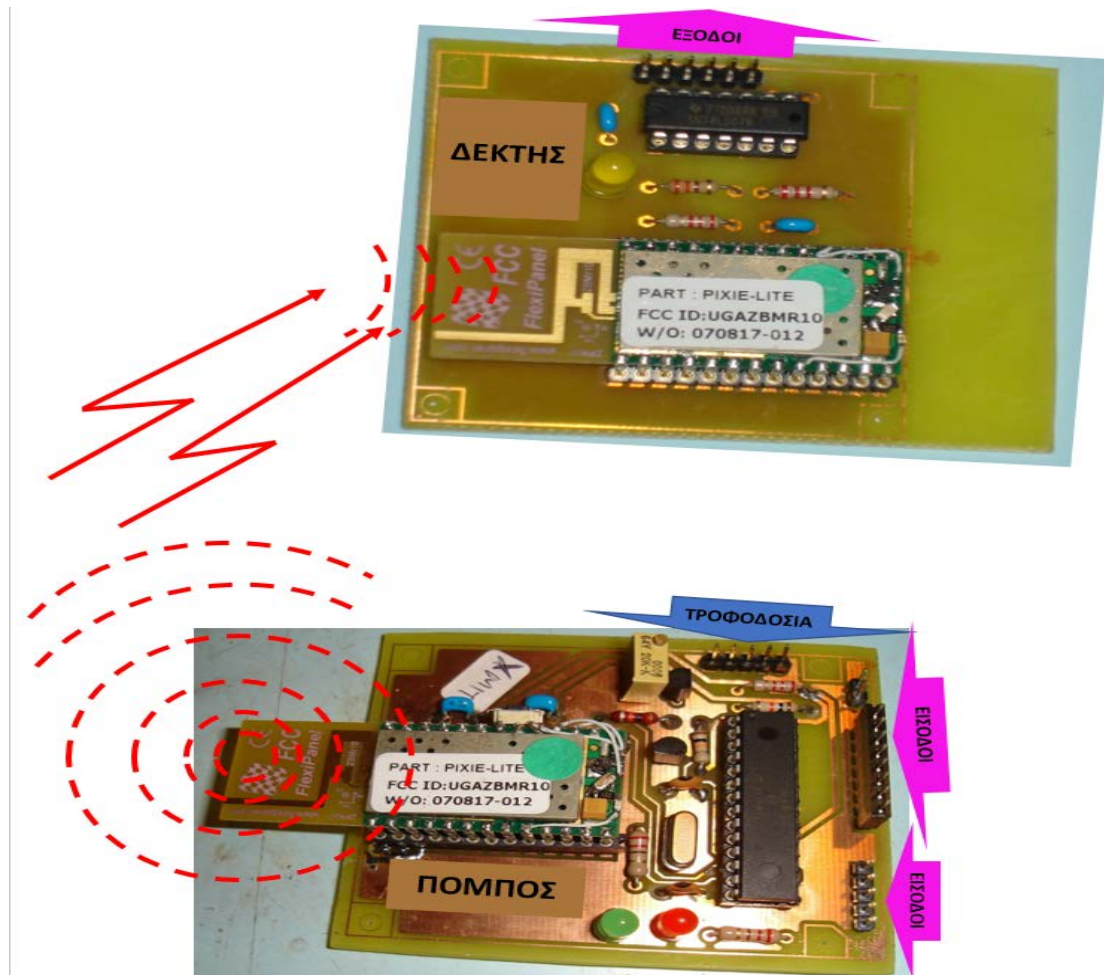
Εικόνα 32 . Ηλεκτρονικό σύστημα για πυροσβεστήρες En-Gauge . ^[30]

Κεφάλαιο 4

Πρακτικό Μέρος

Κατασκευή

Ασύρματος έλεγχος φορτίου μέσω του πρωτοκόλλου Zigbee (Zigbee Protocol)



Εικόνα 33 . Πομπός και δέκτης

Επεξήγηση της κατασκευής

Του Θεωρητικού και κατασκευαστικού μέρους

Θεωρητικό μέρος κατασκευής

Αφήγηση

Αυτή η εργασία περιγράφει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή μιας κατασκευής που περιλαμβάνει έναν πομπό και έναν δέκτη όπου μέσω της ασύρματης επικοινωνίας χρησιμοποιώντας το zigbee Protocol μπορούμε να ελέγξουμε ένα φορτίο (ή και φορτία) το οποίο χρησιμοποιεί επίσης το πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας Zigbee για τη λειτουργία του.

4.1 Pixie – Συντονιστής (Coordinator)

Ο Συντονιστής βασίζεται στη μονάδα Flexi Panel Pixe 2.4 GHz στο IEEE 802.15.4 RF. Αυτή η μονάδα Pixie επιβεβαιώνεται ότι είναι ικανή για λειτουργική μονάδα όπως το Full Function Device (FFD), η οποία λειτουργεί ως Συντονιστής στον πομπό. Είναι χτισμένο γύρω από τον μικροελεγκτή PIC 18 LF 4620 του Microchip και το Radio RF Easy Bee IEEE 802.15.4 .

Ο μικροελεγκτής PIC 18 LF 4620 έχει τα ακόλουθα στοιχεία:

- CPU 4-MHz (για τροφοδοσία 3 Volt Vdd)
- 3986 Bytes RAM
- 64 KB Προγραμματιζόμενη μνήμη FLASH On-chip.
- Αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέα 10-bit, έως και 13 καναλιών (A / D) που χρησιμοποιείται από συσκευές / αισθητήρες .

Μέσω υλικολογισμικού, αυτός ο μικροελεγκτής παρέχει τα υψηλότερα επίπεδα στοίβας, τα οποία είναι τα NWK, APS, APL και ZDO, κάνοντας το EasyBee IEEE 802.15.4 Radio RF να επικοινωνεί με άλλες End Devices ως Συντονιστές.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- EasyBee IEEE 802.15.4 Ραδιόφωνο RF [9], όπου εδώ λειτουργεί ονομαστικά ως πομπός, μεταδίδοντας τη ροή σειριακών δεδομένων, στην οποία βρίσκεται η κατάσταση καθενός από τους 37 διακόπτες πλήκτρων και έχει τα ακόλουθα στοιχεία:
- Ένας πομποδέκτης Texas Instruments CC2420 MAC / PHY [16], ο οποίος παρέχει επίπεδα PHY και MAC σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.15.4. Είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ενός τσιπ σχεδιασμένο για εφαρμογές RF χαμηλής ισχύος χαμηλής τάσης στη ζώνη ISM 2,4 GHz χωρίς άδεια, η οποία συνδέεται με μερικά εξωτερικά παθητικά εξαρτήματα.
- Κεραία υπογραφής «G», εύρος ελεύθερου χώρου 120m, PCB compact [9].

Η εργασία μας περιλαμβάνει μια κατασκευή με δύο βασικά μέρη:

α) το αφηγηματικό (γραπτό μέρος) , που περιγράφει τη διαδικασία κατασκευής της εργασίας μας , προσθέτοντας την θεωρία που αφορά ολόκληρο το θέμα,

και β) το τεχνικό, δηλαδή

την κατασκευή του παραπάνω κυκλώματος.

Αυτό το κύκλωμα , λοιπόν αρχικά αποτελείται από δύο κύριες διαφορετικές ενότητες:

α) την κλασική

μονάδα με τα κουμπιά εντολών και

β) την κύρια συσκευή πομπός / δέκτης.

Η σύνδεση μεταξύ πομπού και δέκτη γίνεται ασύρματα, μέσω του Zigbee πρωτοκόλου.

Η μονάδα ηλεκτρολογίου / πομπού / δέκτη (psk / t) τροφοδοτείται από μια δική της τροφοδοσία μέσω μπαταριών (4 μπαταρίες, μέγεθος AA 1,5 volt).

Κάπου εδώ θα θέλαμε να κάνουμε μια παρένθεση αναφορικά με το πόσο μας βοήθησε ο υπεύθυνος καθηγητής που αναλάβαμε και μας εμπιστευτήκε το θέμα του για την ανάληψη της πτυχιακής εργασίας του τον κ. Δημητριάδη όπως και για τις πολύτιμες συμβουλές του και την καθοδήγησή του και τον ευχαριστούμε πολύ για αυτό.

4.1.1 Ανάλυση της εφαρμογής της κατασκευής

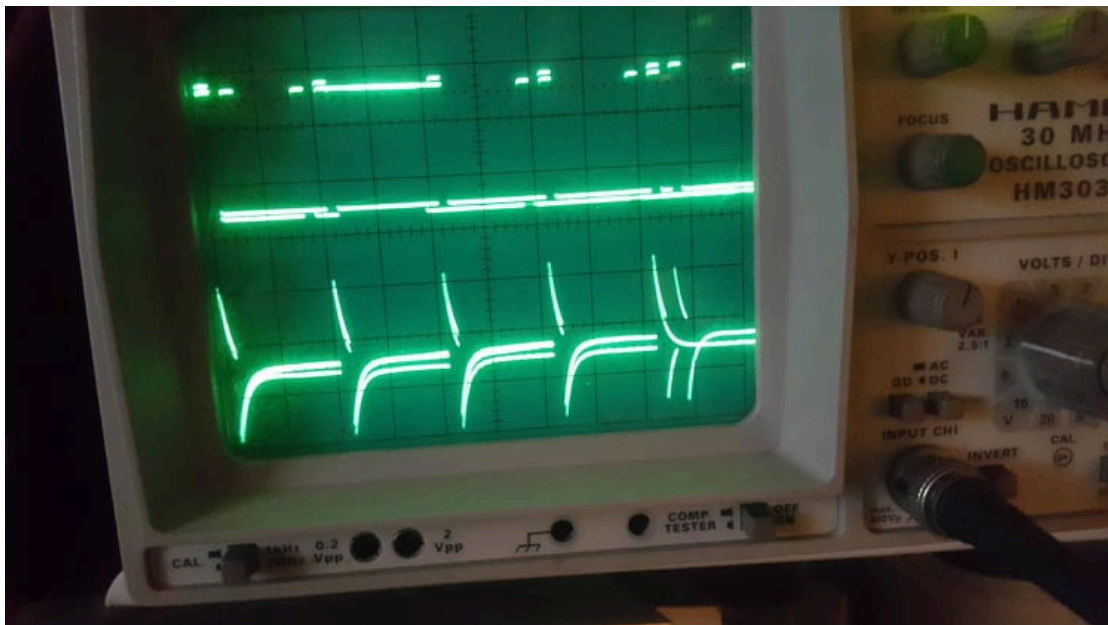
Η κύρια συσκευή / δέκτης (msd / r).

Το msd / r αποτελείται από:

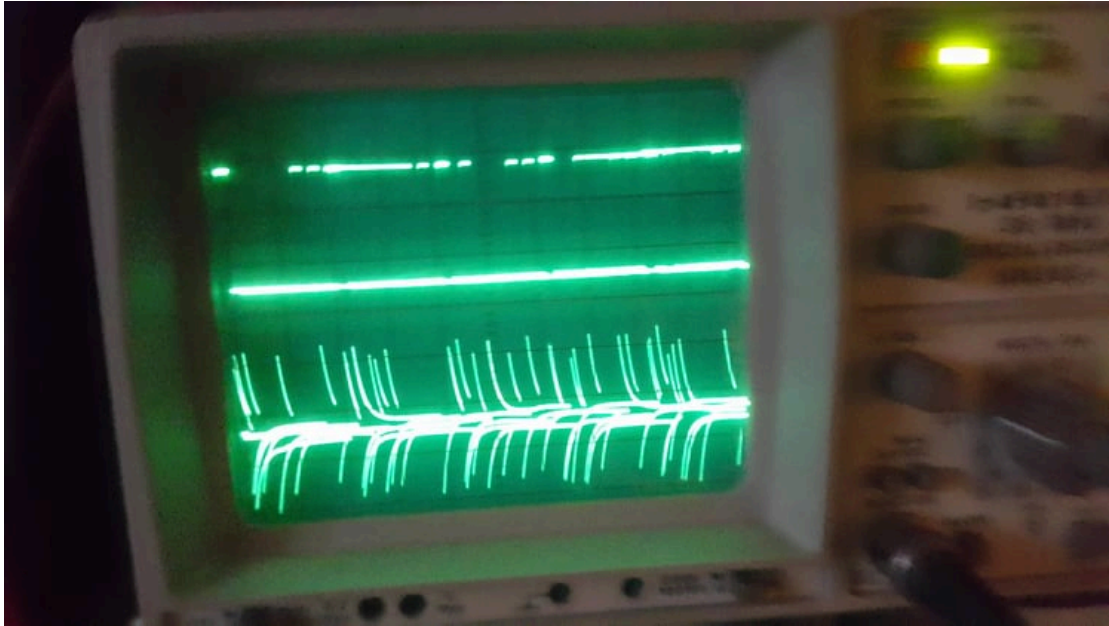
Το ολοκληρωμένο κύκλωμα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας No.1 (CPU-1), το οποίο είναι η κύρια μονάδα που χειρίζεται τα εισερχόμενα σήματα από τον πομπό(psk/t) και άλλα περιφερειακά, και δημιουργεί τις συχνότητες των πλήκτρων. Μπορούμε να πούμε ότι αποκωδικοποιεί τον κωδικό ενός πατημένου κλειδιού (πλήκτρο) από ένα πληκτρολόγιο και μετατρέπει αυτόν τον κώδικα σε μια εντολή στην έξοδό μας .

(εδώ σημείωση)* : Η CPU-1, σύμφωνα με το υπάρχον λογισμικό σε αυτό, εξάγει μια ροή δεδομένων με κάθε φορά έναν συγκεκριμένο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων ανάλογο με το βήμα του.

(Παραπάνω σημείωση)*. Αυτή η ροή δεδομένων ταξιδεύει σειριακά σε έναν μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό (DAC) ολοκληρωμένο κύκλωμα, όπου μετατρέπεται σε αναλογική κυματομορφή. Το βήμα αυτής της κυματομορφής δίνει την αντίστοιχη εντολή εξόδου του πατημένου πλήκτρου. Το σχήμα της κυματομορφής δίνεται από αυτήν τη ροή δεδομένων, η οποία βρίσκεται σε 1137 θέσεις των 16-bit λέξεων η καθεμία στη μνήμη της CPU-1, όπου σαρώνονται από το πρόγραμμα και ταξιδεύουν σειριακά στο DAC.



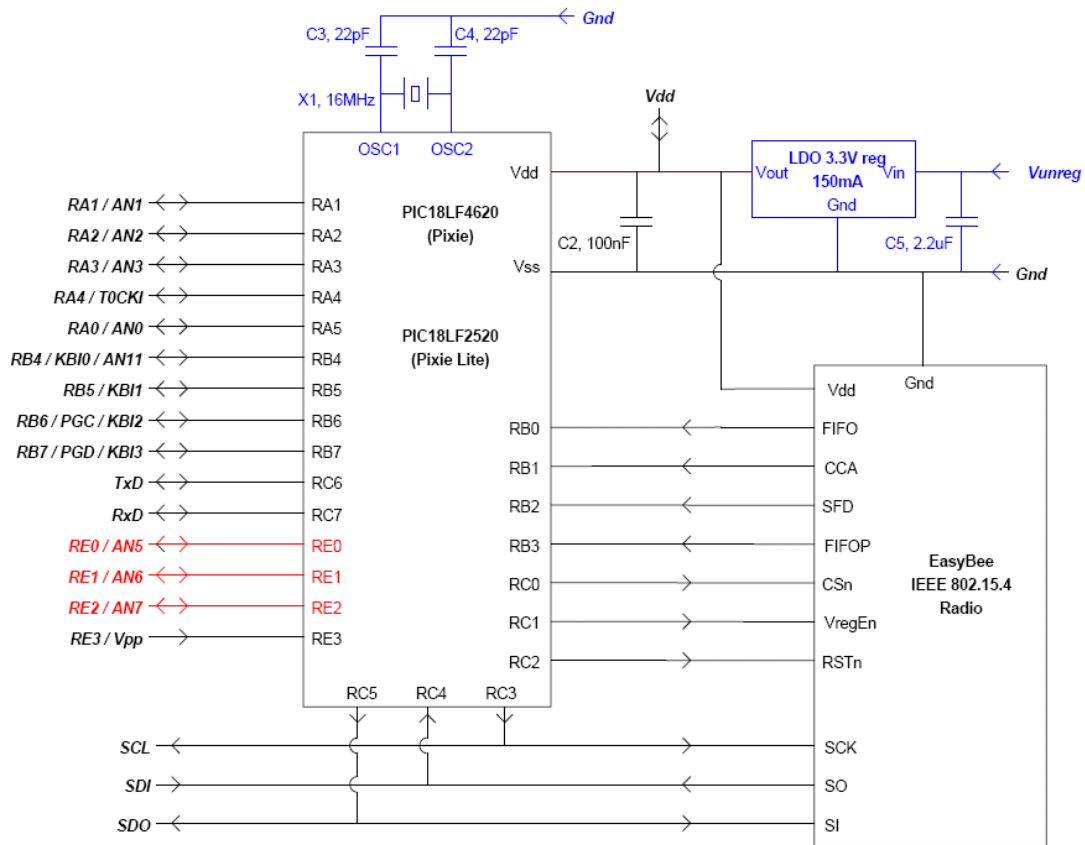
Εικόνα 34 . Πρίν πατήσω κάποιο πλήκτρο



Εικόνα 35 . Πατώντας κάποιο πλήκτρο

4.1.2 Υλικό του ZigBee Pixie

Το σχηματικό διάγραμμα στο Σχήμα 16 περιγράφει λεπτομερώς την ηλεκτρική διαμόρφωση της μονάδας Pixie-Coordinator και της μονάδας Pixie Lite-End Device.



Σχήμα (Εικόνα) 36 . Pixie-Coordinator (PIC Zee) 1, Radio RF κυκλώματα και Pixie Lite-End Device (PIC Zee Lite) σχηματικό διάγραμμα μονάδας. (Τα στοιχεία με κόκκινο χρώμα παραλείπονται στη συσκευή Pixie Lite-End).

Ο Pixie - Συντονιστής και η συσκευή Pixie Lite-End παρέχονται από 2.1V-3.6V, σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους [9]. Επομένως, είναι απαραίτητο να προσθέσετε ρύθμιση τάσης, (με αντικείμενα ανατίναξης), στο PCB της μονάδας του Συντονιστή και στις Τελικές συσκευές, λόγω της χρήσης μη ρυθμιζόμενης τροφοδοσίας. ένα πακέτο 4 μπαταριών AA X 1,5 V, για την τροφοδοσία ολόκληρης της κύριας μονάδας psk / t και 12 V & 5 V για την τροφοδοσία ολόκληρης της κύριας μονάδας msd / t.

4.1.3. Ο Πομπός (ZigBee)

Γιατί ασύρματη διασύνδεση

Είναι μια μεγάλη πρόκληση να δημιουργήσετε μια μονάδα πομπού και να στείλετε τη ροή δεδομένων της στη μονάδα δέκτη ασύρματα.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Αυτή η δοκιμή της πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνει την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ της μονάδας πομπού και δέκτη, η οποία πραγματοποιείται μέσω μιας τεχνολογίας ασύρματων επικοινωνιών χαμηλής ισχύος, που ανήκει σε ένα απλοποιημένο πρωτόκολλο διεθνούς προτύπου, επίσης χωρίς να προκαλεί παρεμβολές σε άλλες γειτονικές μονάδες μετάδοσης. Κατά κύριο λόγο για κινητικότητα και ευελιξία, χωρίς να χρειάζεται να συνδέσετε τον πομπό στην τροφοδοσία 220 Volt.

Αντί μιας σταθερής θέσης του πομπού, είναι πιο βολικό, να μεταφέρετε τη μονάδα του πομπού σε μια απόσταση από απόσταση έως και 3048 εκατοστά από τον δέκτη, χωρίς την ανάγκη τυπικής ενσύρματης σύνδεσης μεταξύ αυτών των δύο μονάδων.

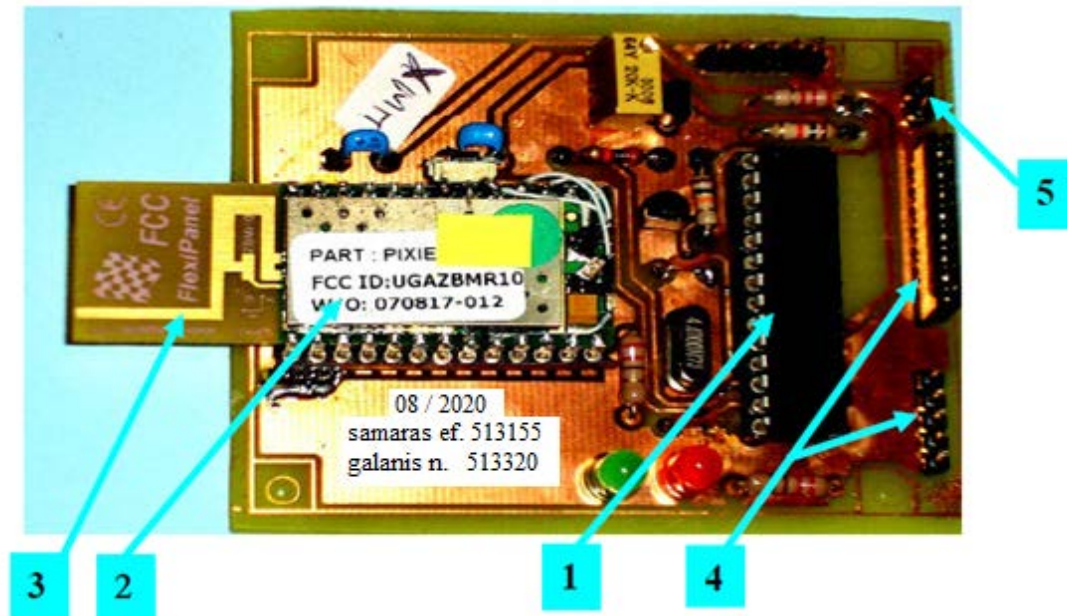
Για το λόγο αυτό, η σύνδεση μεταξύ του πομπού και του δέκτη, σε αυτή την εργασία, έχει αποδειχθεί σε μια τέτοια τεχνολογία που επιτρέπει επίσης για δίκτυο χαμηλότερου κόστους, κινητικότητα και ευελιξία της μονάδας του πομπού και ευκολότερη κατασκευή. Τέτοιες προδιαγραφές επιτυγχάνονται με την τεχνολογία ZigBee.

4.1.4. Ο Πομπός (psk / t) Ανάλυση λειτουργίας

Η εργασία του psk / t είναι: Όταν είναι πατημένο ένα κλειδί, μετατρέπεται σε δυαδικό κώδικα (κωδικός κλειδιού) και μέσω ενός ασύρματου πομπού, το ZigBee ακτινοβολείται στο χώρο, αρκεί το αντίστοιχο πλήκτρο να είναι πατημένο και να ανταποκρίνεται.

Αυτή η συσκευή είναι διασυνδεδεμένη με μικροελεγκτή (CPU-2). Η κύρια εργασία του CPU-2 είναι η σάρωση του πληκτρολογίου από τους 37 διακόπτες, όπου κωδικοποιούν κάθε πατημένο πλήκτρο διακόπτη σε έναν μεμονωμένο δυαδικό κώδικα (κλειδί-κωδικός) και οδηγούνται σε μια μονάδα πομπού. Μια μονάδα ραδιοπομπού, που λειτουργεί σύμφωνα με ένα πρωτόκολλο ασύρματης μετάδοσης (ZigBee), συνδέεται με την CPU-2 για να μετατρέψει κάθε πλήκτρο σε σήμα ραδιοφώνου και να εκπέμψει στο κενό.

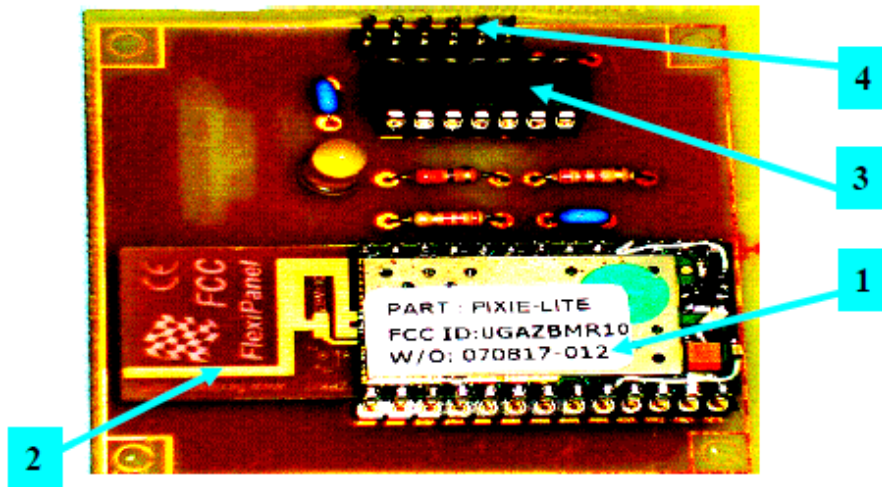
Το psk / t (πομπός) έχει τη δική του τροφοδοσία μπαταρίας, αρκετό για να το τροφοδοτήσει για αρκετές ώρες. Επειδή είναι ελαφρύ, μπορεί να μεταφερθεί εύκολα, χωρίς να χρειάζεται να το συνδέσετε στα 220 Volt γραμμής ρεύματος.



Εικόνα 37 . Το Σχήμα 37 δείχνει στη φωτογραφία τις ηλεκτρονικές συνδέσεις του psk / t, έχοντας και τον Συντονιστή Pixie.

1. Ο μικροελεγκτής CPU-2, PIC 16LF876A.
2. Η μονάδα Pixie Flexi Panel 2,4 GHz IEEE 802.15.4 RF ως Συντονιστής.
3. Η κεραία Signature «G», εύρος ελεύθερου χώρου 120 m, PCB compact.
4. Οι σύνδεσμοι μητρικής 37 πλήκτρων (8 X 5).
5. Ο σύνδεσμος τροφοδοσίας μπαταρίας. 4 (AA) μπαταρίες X 1,5 Volts.

4.1.5 Μονάδα Δέκτη – Επιμέρους στοιχεία



Εικόνα 38 . Δέκτης πλακέτα

1. Η μονάδα Flexi Panel Pixie Lite 2,4 GHz IEEE 802.15.4 RF ως τελική συσκευή.
2. Η κεραία υπογραφής «G», εύρος ελεύθερου χώρου 120 m, PCB
3. Η διεπαφή υλικού i.c. SN74LS07; Εξαεριστήρες με έξοδο ανοιχτού συλλέκτη υψηλής τάσης
4. Το CON6, σύνδεση μεταξύ της μονάδας ZigBee (PixieLite).

4.1.6. Υλικό που χρησιμοποιήθηκε

Η σύνδεση μεταξύ της μονάδας ZigBee και της CPU-1 πραγματοποιείται από ένα I.C. SN74LS07 Hex buffer open collector (Ανοικτού συλλέκτη). Αυτό συμβαίνει επειδή η παροχή τάσης της CPU-1 είναι 5 Volts DC και τα ψηφιακά σήματα υψηλού επιπέδου είναι TTL, 5 Volts. Από την άλλη πλευρά, η μονάδα End Device λειτουργεί κανονικά με παροχή 3.3V. Λειτουργεί με ψηφιακά σήματα υψηλού επιπέδου περίπου 3 Volts (το χαμηλό επίπεδο είναι συνήθως κανονικά 0 Volt). Για την αίσθηση του υψηλού επιπέδου 3 Volt, CPU-1 από το Pixie Lite, χρησιμοποιείται ο Buffer Open Collector 2. Για να αισθανθεί (καταλάβει-μπεί σε λειτουργία) το Pixie Lite υψηλού επιπέδου 5 Volts χωρίς να υποστεί ζημιά από το CPU-1, χρησιμοποιείται επίσης ο Buffer Open Collector 1. Αυτό επιτυγχάνεται λοιπόν από το SN74LS07. Hex buffer με Open-Collector Outputs.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Η τελική συσκευή βασίζεται στη μονάδα Flexi Panel PixeLite 2.4GHz IEEE 802.15.4 RF [9]. Αυτή η μονάδα Pixie Lite επιβεβαιώνεται ότι είναι ικανή για λειτουργική μονάδα μειωμένης λειτουργίας (RFD), η οποία λειτουργεί ως τελική συσκευή. Αυτή η συσκευή είναι κατασκευασμένη γύρω από τον μικροελεγκτή PIC18LF2520 του Microchip [15] και το Radio RF EasyBee IEEE 802.15.4.

➤ Ο μικροελεγκτής PIC 18 LF 2520 διαθέτει τα ακόλουθα στοιχεία:

- CPU 4-MHz (για τροφοδοσία 3 Volt Vdd)
- RAM 1536 Bytes
- 16384 προγραμματιζόμενη μνήμη FLASH 0n-chip.
- Αναλογικός-ψηφιακός μετατροπέας 10-bit, έως και 10-καναλιών (A / D) που χρησιμοποιείται από συσκευές / αισθητήρες εξωτερικού. [15]

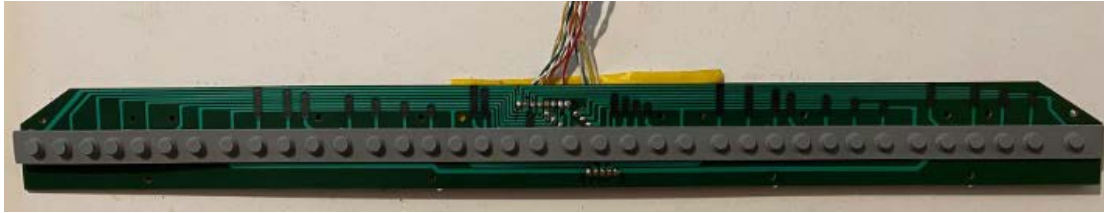
Αυτός ο μικροελεγκτής παρέχει τα υψηλότερα επίπεδα στοίβας, τα οποία είναι τα NWK, APS, APL και ZDO, κάνοντας το Easy Bee IEEE 802.15.4 Radio RF να επικοινωνήσει με έναν συντονιστή. Ο πομποδέκτης ραδιοσυχνοτήτων Easy Bee IEEE 802.15.4 [9], είναι ο ίδιος με τον παραπάνω συντονιστή και εδώ λειτουργεί ονομαστικά ως δέκτης, λαμβάνοντας τη σειριακή ροή δεδομένων, όπου βρίσκεται η κατάσταση καθενός από τους 37 διακόπτες πλήκτρων.

Κατασκευαστικό Μέρος

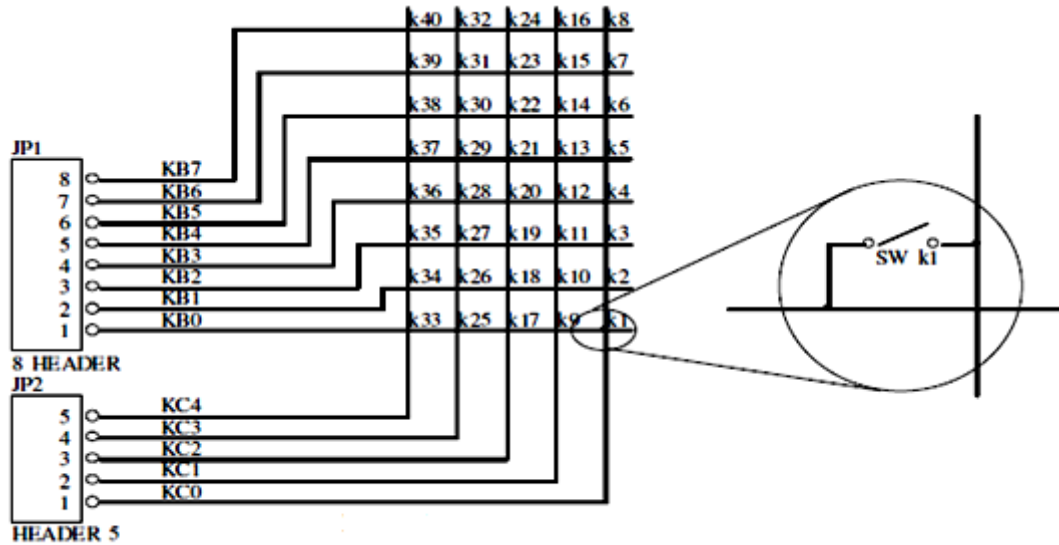
Σε αυτό το μέρος της εργασίας μας θα αναφερθούμε στο κατασκευαστικό – πρακτικό κομμάτι της κατασκευής εξηγώντας βήμα-βήμα τι κάναμε για να πετύχουμε τα αποτελέσματα και θα αναφέρουμε ότι χρειάζεται για την πλήρη κατανόησή σας.

4.2. Εφαρμογή

Σκοπός της εφαρμογής είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών συσκευών(καταναλωτών) με την χρήση του πρωτοκόλλου zigbee. Ο τρόπος που ο χρήστης θα μπορεί να ελέγχει τις διάφορες συσκευές είναι με το πάτημα κουμπιών από ένα πληκτρολόγιο που αποτελείται από 40 κουμπιά. Το ηλεκτρονικό σχεδιάγραμμα του πληκτρολογίου αλλά και το ίδιο το πληκτρολόγιο φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.

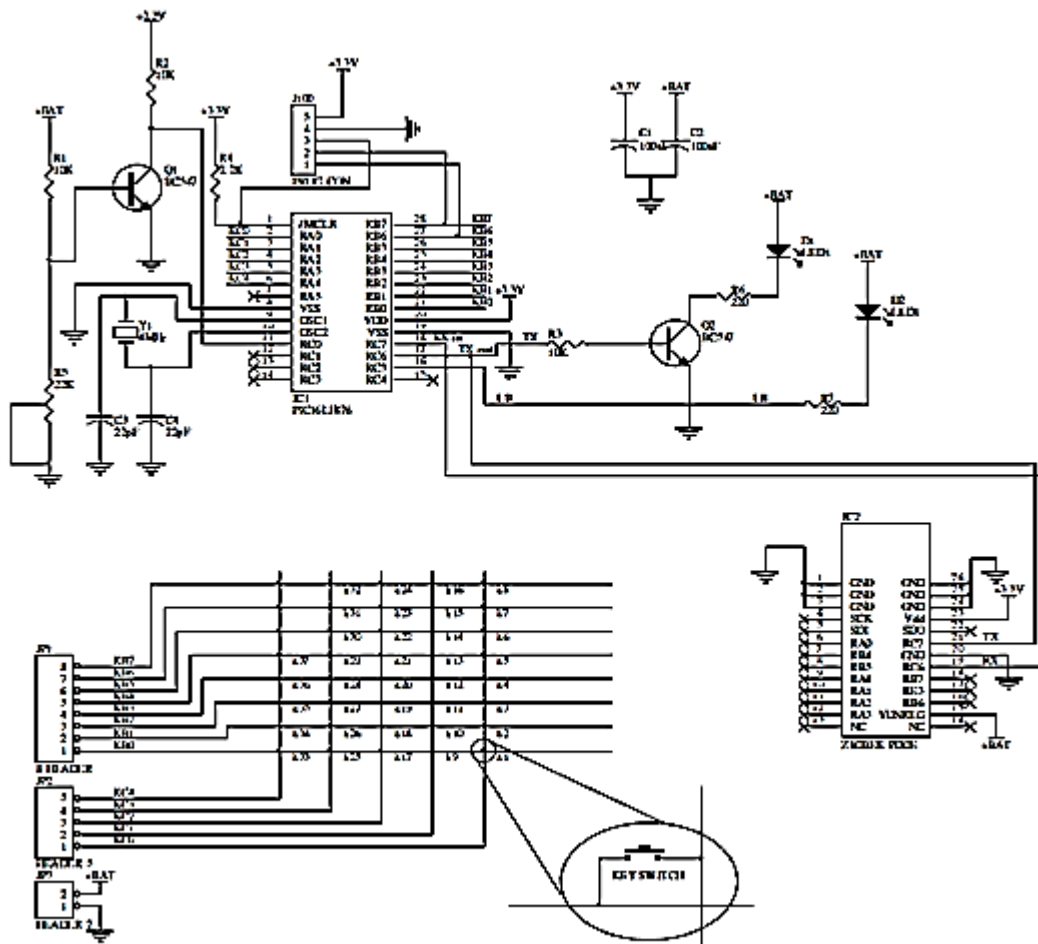


Εικόνα 39 . Εικόνα πληκτρολογίου για τον έλεγχο ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών συσκευών



Εικόνα 40 . Ηλεκτρονικό σχέδιάγραμμα πληκτρολογίου.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα στο πληκτρολόγιο εσωτερικά χρησιμοποιείται τεχνική πολυπλεξίας με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται να συνδεθούν και τα 40 πλήκτρα σε κάποιον μικροελεγκτή αλλά να χρειάζεται να συνδεθούν μόνο 13 , όπως φαίνεται παραπάνω. Για να μπορέσει η πληροφορία για το ποιο πλήκτρο έχει πατηθεί από τον χρήστη , να αναγνωριστεί , να αποθηκευτεί και να σταλθεί με οποιαδήποτε προγραμματιστική λογική στον πομπό(coordinator) του πρωτοκόλλου zigbee απαραίτητη είναι η διασύνδεση του με κάποιον μικροελεγκτή .Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής PIC , που συνδέεται με το πληκτρολόγιο όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



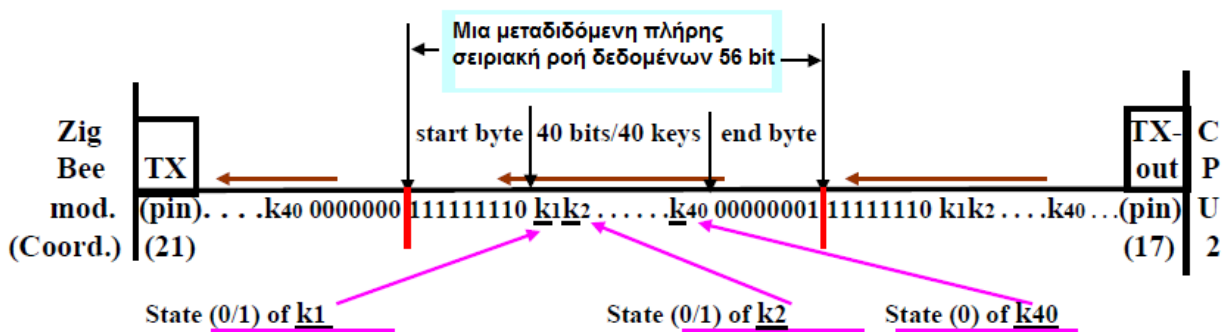
Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

στον δέκτη του ZigBee (endnode). Η πληροφορία αυτή είναι στην ουσία μια κωδικοποίηση και μέσω της ανάλυσης της μπορεί κάποιος να καταλάβει το ποιο πλήκτρο έχει πατηθεί στο πληκτρολόγιο. Η λογική της κατασκευής των 7 bytes εξηγείται στην παρακάτω παράγραφο.

Για την μετάδοση της πληροφορίας για το ποιο πλήκτρο έχει πατηθεί κατασκευάζονται 7 bytes τα οποία κατασκευάζονται μέσω του μικροελεγκτή PIC, μεταφέρονται σειριακά με ταχύτητα 9600 baud στον πομπό του ZigBee και τελικά μεταφέρονται ασύρματα στον πομπό του ZigBee. Η λογική με την οποία κατασκευάζονται στον μικροελεγκτή PIC είναι η εξής. Για την ευκολία του προγραμματιστή το πρώτο και το τελευταίο από τα 7 bytes (56 bit) είναι σταθερά νούμερα και δεν μεταβάλλονται όποιο κουμπί και αν ο χρήστης πατήσει. Πιο συγκεκριμένα το πρώτο byte είναι ο αριθμός 0b11111110 (0XFE) στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης και το τελευταίο byte είναι ο αριθμός 0b00000001 (0x01). Με αυτή την λογική τα πρώτα 8 bit και τα τελευταία 8 bit, δηλαδή 16 στο σύνολο από τα 56 διαθέσιμα, είναι σταθερά και δεν μεταβάλλονται με οποιοδήποτε πάτημα πλήκτρων στο πληκτρολόγιο. Τα υπόλοιπα 40 bit που απομένουν από τα 56 συνολικά δείχνουν το κάθε ένα με την σειρά του το ποιο πλήκτρο είναι πατημένο την συγκεκριμένη στιγμή. Πιο συγκεκριμένα αν ένα πλήκτρο είναι πατημένο θα πρέπει το bit που αναφέρεται σε αυτό το πλήκτρο να γίνει λογικό 1 από λογικό 0. Το πιο πλήκτρο αντιστοιχεί σε ποιο bit φαίνεται παρακάτω.

11111110,k1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,00000001.

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα φαίνεται ότι το κουμπί 1 αντιστοιχεί στο 9^οbit, το κουμπί 2 με το 10^οbit το κουμπί 4 με το 48^οbit, ενώ τα πρώτα 8 και τα τελευταία 8 είναι σταθερά με τα νούμερα που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 42. Διάδρομος μεταφοράς της πληροφορίας των πατημένων πλήκτρων σειριακά.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Στην παρακάτω εικόνα μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό το πώς αλλάζει το κάθε bit ανάλογα με το ποιο πλήκτρο έχει πατηθεί.

Keycode Stream	1byte	2obyte	3obyte	4obyte	5obyte	6obyte	7obyte
Depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key1 depressed	11111110 0xFE	10000000 0x80	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key2 depressed	11111110 0xFE	01000000 0x40	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key3 depressed	11111110 0xFE	00100000 0x20	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key4 depressed	11111110 0xFE	00010000 0x10	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key5 depressed	11111110 0xFE	00001000 0x08	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key6 depressed	11111110 0xFE	00000100 0x04	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key7 depressed	11111110 0xFE	00000010 0x02	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key8 depressed	11111110 0xFE	00000001 0x01	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key9 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	10000000 0x80	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key10 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	01000000 0x40	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key11 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00100000 0x20	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key12 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00010000 0x10	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key13 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00001000 0x08	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key14 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000100 0x04	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key15 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000010 0x02	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key16 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000001 0x01	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key17 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	10000000 0x80	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key18 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	01000000 0x40	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key19 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00100000 0x20	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

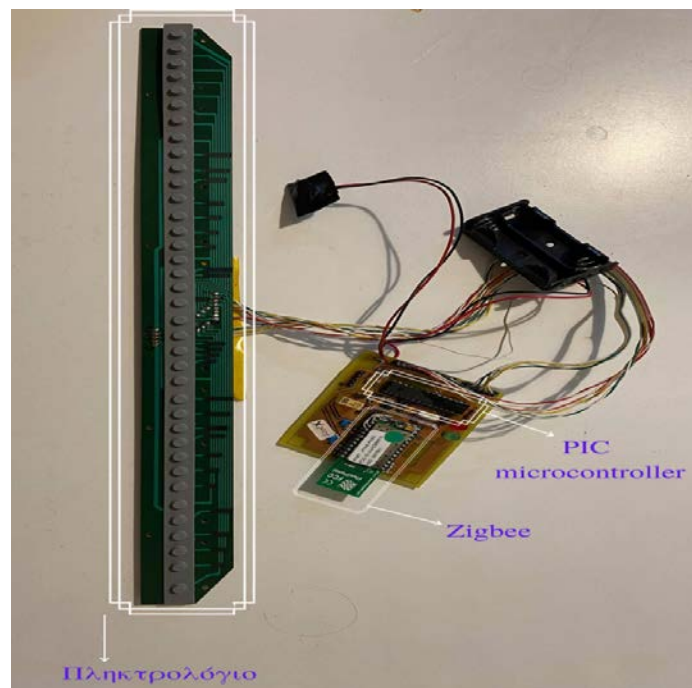
Key20 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00010000 0x10	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key21 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00001000 0x08	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key22 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000100 0x04	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key23 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000010 0x02	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key24 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01
Key25 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	10000000 0x80	00000000 0x00	00000001 0x01
Key26 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	01000000 0x40	00000000 0x00	00000001 0x01
Key27 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00100000 0x20	00000000 0x00	00000001 0x01
Key28 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00010000 0x10	00000000 0x00	00000001 0x01
Key29 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00001000 0x08	00000000 0x00	00000001 0x01
Key30 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000100 0x04	00000000 0x00	00000001 0x01
Key31 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000010 0x02	00000000 0x00	00000001 0x01
Key32 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01	00000000 0x00	00000001 0x01
Key33 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	10000000 0x80	00000001 0x01
Key34 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	01000000 0x40	00000001 0x01
Key35 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00100000 0x20	00000001 0x01
Key36 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00010000 0x10	00000001 0x01
Key37 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00001000 0x08	00000001 0x01
Key38 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000100 0x04	00000001 0x01
Key39 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000010 0x02	00000001 0x01
Key40 depressed	11111110 0xFE	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000000 0x00	00000001 0x01	00000001 0x01

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το πώς ο αριθμός των 7 bytes αλλάζει σε περίπτωση που πατηθούν ταυτόχρονα περισσότερα από 1 πλήκτρα.

Keycode Stream	1byte	2byte	3byte	4byte	5byte	6byte	7byte
Key 1+39 depressed	1111111 0 0xFE	1000000 0 0x80	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000001 0 0x02	0000000 1 0x01
Key 2+22 depressed	1111111 0 0xFE	0100000 0 0x40	0000000 0 0x00	0000010 0 0x04	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 1 0x01
Key 5+15 depressed	1111111 0 0xFE	0000100 0 0x08	0000001 0 0x02	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 1 0x01
Key 8+16 depressed	1111111 0 0xFE	0000000 1 0x01	0000000 1 0x01	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 0 0x00	0000000 1 0x01

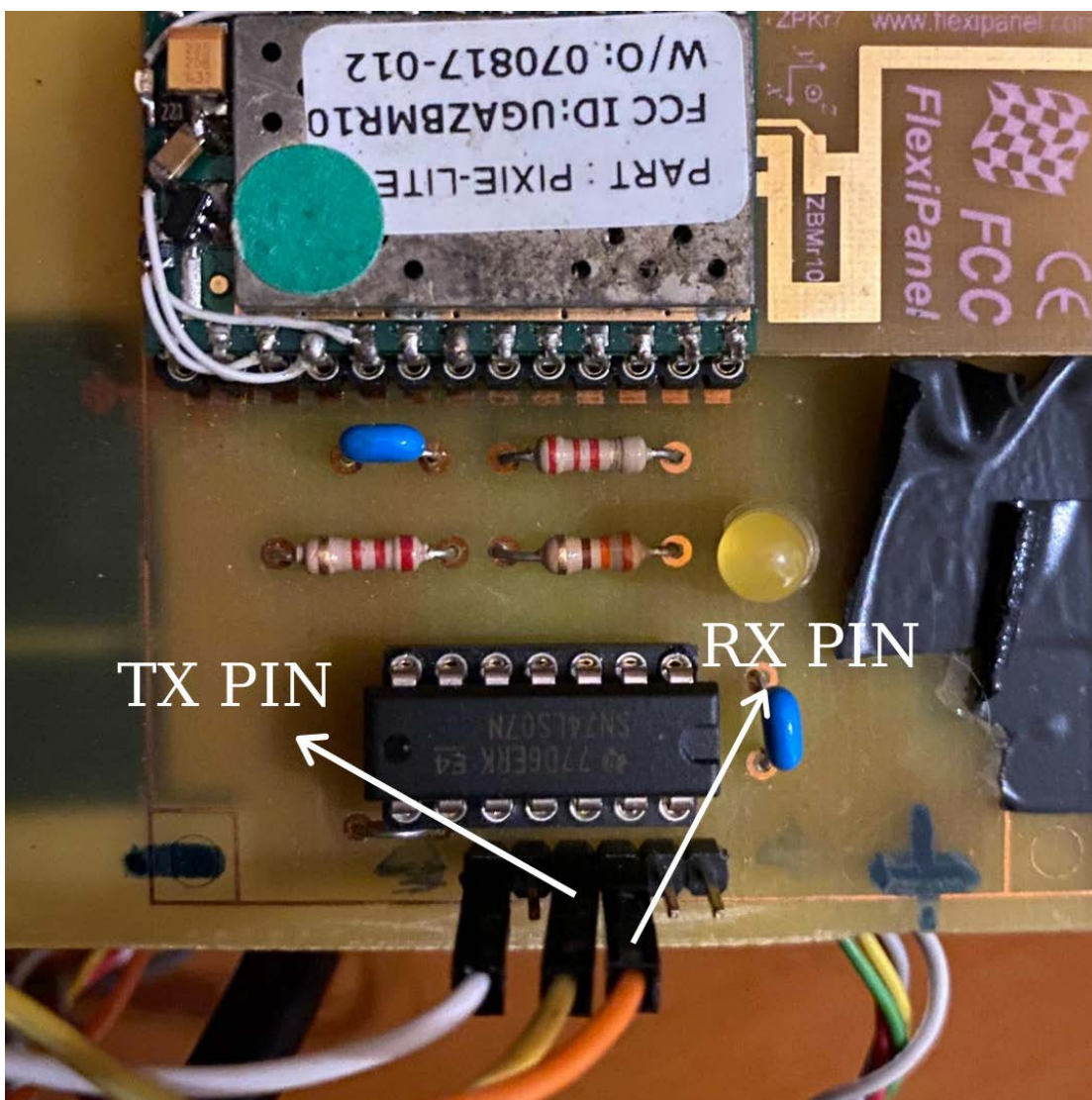
Με βάση τα παραπάνω, δηλαδή την διασύνδεση του πληκτρολογίου με τον μικροελεγκτή PIC και την παραγωγή των 7 byte με την λογική που αναφέρθηκε αλλά και την σειριακή μεταφορά αυτών στο ZigBee (πομπού), ολοκληρώνεται το πρώτο κομμάτι της κατασκευής. Δηλαδή το κομμάτι του πομπού, αυτού που δέχεται το ερέθισμα του χρήστη πατώντας ή μη τα πλήκτρα του πληκτρολογίου.



Εικόνα 43. Κύκλωμα πληκτρολογίου – PIC – ZIGBEE (Κύκλωμα πομπού).

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

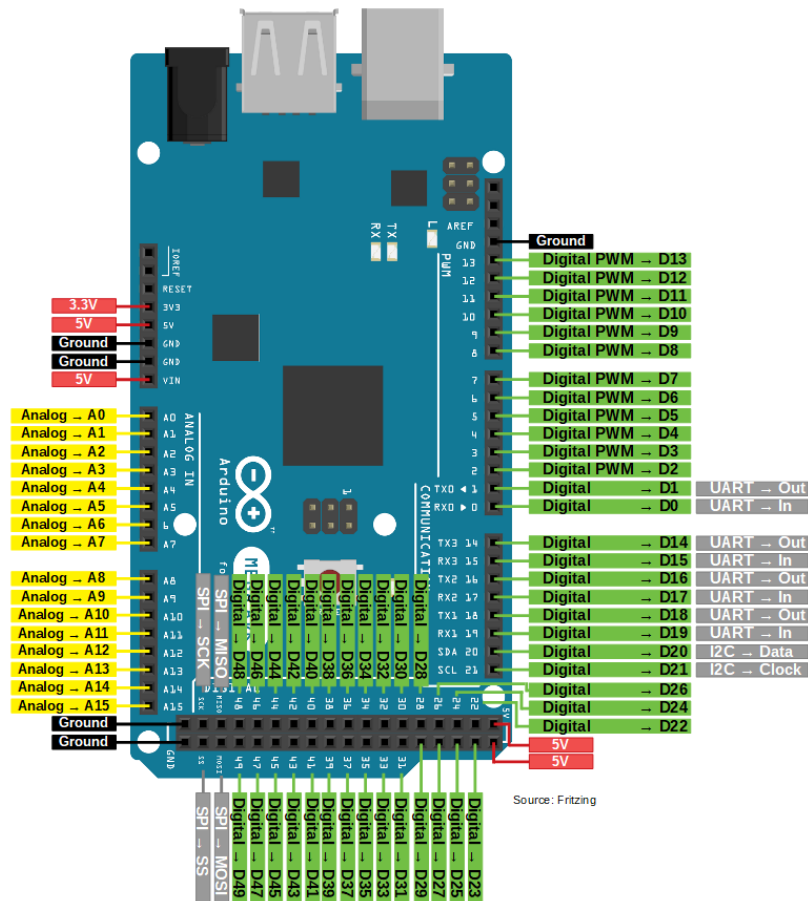
Το δεύτερο τμήμα της κατασκευής αφορά το κύκλωμα του δέκτη ZigBee , αυτού δηλαδή που θα παραλάβει ασύρματα την πληροφορία που σχετίζεται με το ποιο πλήκτρο έχει πατηθεί από το πληκτρολόγιο. Αφού αυτή η πληροφορία καταφτάσει στο ZigBee του δέκτη θα πρέπει να μεταφερθεί σε κάποιον μικροελεγκτή έτσι ώστε να αποκωδικοποιηθεί με την λογική που αναφέρθηκε παραπάνω. Αφού γίνει και αυτή η διαδικασία τότε θα μπορεί ο προγραμματιστής να ελέγχει οποιαδήποτε εξωτερική ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή επιθυμεί με την χρήση του μικροελεγκτή που είναι συνδεδεμένος στο ZigBee του δέκτη αλλά και την χρήση διάφορων εξωτερικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων , όπως θα εξηγηθεί σε επόμενη ενότητα. Παρακάτω φαίνεται η εικόνα του κυκλώματος του δέκτη ZigBee με τους Tx (Transmitter) και Rx (Receiver) ακροδέκτες που είναι υπεύθυνοι για την σειριακή αποστολή της πληροφορίας από τον δέκτη στον μικροελεγκτή.



Εικόνα 44 . Κύκλωμα δέκτη με τα Tx και Rx Pins.

4.2.1. Arduino Mega 2560

Για την λήψη της πληροφορίας (των bytes) της κατάστασης των πλήκτρων από το τερματικό σταθμό (endnode), που έχει μεταδοθεί από τον πομπό (coordinator) του ZigBee, είναι απαραίτητη η χρήση ενός μικροελεγκτή, που να μπορεί να δεχθεί ως είσοδο σειριακά αυτή την πληροφορία (σειρά από bytes). Για τον σκοπό αυτό στην εργασία χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής Arduino Mega. Η επιλογή του συγκεκριμένου μικροελεγκτή έγινε για τους παρακάτω λόγους.



Εικόνα 45 . Εικόνα με τους ακροδέκτες του Arduino Mega 2560

- Διαθέτει 54 ψηφιακούς ακροδέκτες που επιτρέπουν την σύνδεση μεγάλου αριθμού καταναλωτών ,όπως led και κινητήρες .
- 15 από τους 54 ψηφιακούς ακροδέκτες είναι ικανοί να παράγουν PWM παλμό , που είναι απαραίτητο για την οδήγηση κινητήρων , τον έλεγχο φωτεινότητας ενός Led και πολλές άλλες εφαρμογές.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- Διαθέτει 4 ακροδέκτες USART , δηλαδή σειριακές θύρες που παράγουν μέγιστη ταχύτητα για την ρύθμιση επικοινωνίας.
- Εύκολη διασύνδεση με Η/Υ μέσω της USB θύρας εισόδου που διαθέτει.
- Χρήση της γλώσσας C για τον προγραμματισμό του.
- Οικονομικό για τις δυνατότητες που μπορεί να παρέχει στον προγραμματιστή.

Παραπάνω είναι οι κύριοι λόγοι για την επιλογή του συγκεκριμένου μικροελεγκτή .
Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται όλα τα χαρακτηριστικά του Arduino Mega.

Microcontroller	Atmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage	7V – 12V
USB Port	Yes
DC Power Jack	Yes
Current Rating Per I/O Pin	20mA
Current Drawn from Chip	50mA
Digital I/O Pins	54
PWM	15
Analog Pins (Can be used as Digital Pins)	16 (Out of Digital I/O Pins)
Flash Memory	256KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Crystal Oscillator	16 MHz
LED	Yes/Attached with Digital Pin 13
Wi-Fi	No
Shield Compatibility	Yes

Εικόνα 46 . Χαρακτηριστικά Arduino Mega 2560.

Έλεγχος ταχύτητας και φοράς περιστροφής DC κινητήρα με χρήση Arduino Mega

Για τον έλεγχο της ταχύτητας ενός κινητήρα DC απαραίτητος είναι ο έλεγχος της τάσης εισόδου του κινητήρα. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η τάση εισόδου στον ίδιο τον κινητήρα, χωρίς να ξεπερνά τα όρια ανοχής του, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταχύτητα περιστροφής του.



Εικόνα 47 . Τάση εισόδου σε κινητήρα με όριο ανοχής τα 12 Volt.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος για τον έλεγχο της τάσης εισόδου του κινητήρα με χρήση μικροελεγκτή είναι η χρήση PWM παλμού.

Πριν γίνει ανάλυση όμως για το τι είναι αλλά και πως λειτουργεί ο PWM παλμός, σε αυτό το σημείο θα εξηγηθούν τα μηχανικά μέρη ενός μικρού 12Volt DC κινητήρα και η αρχή λειτουργίας του.

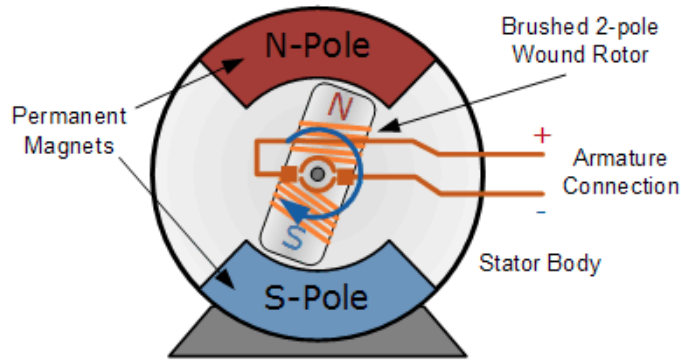
4.2.2. DC ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ένας DC κινητήρας αποτελείται από 2 βασικά μέρη, το σταθερό σώμα που ονομάζεται στάτης (Stator) και το εσωτερικό μέρος που περιστρέφεται που ονομάζεται ρότορας (Rotor). Σε κινητήρες μικρού μεγέθους, όπως αυτός που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία, συνήθως είναι τύπου μόνιμου μαγνήτη (PMDC). Αυτό σημαίνει ότι ο στάτης αποτελείται από ένα ζεύγος σταθερών και μόνιμων μαγνητών που παράγουν μια ομοιόμορφη και σταθερή μαγνητική ροή στο εσωτερικό του κινητήρα. Ο ρότορας από την άλλη αποτελείται από μεμονωμένα ηλεκτρικά πηνία που συνδέονται μεταξύ τους σε κυκλική διαμόρφωση γύρο από το μεταλλικό σώμα του, παράγοντας έναν βόρειο πόλο και έναν νότιο πόλο. Το ρεύμα που ρέει μέσα σε αυτά τα πηνία του ρότορα παράγει το απαραίτητο μαγνητικό πεδίο. Το κυκλικό μαγνητικό πεδίο που παράγεται από τις περιελίξεις των οπλισμών παράγει αυτούς τους βόρειους και νότιους πόλους που ο αριθμός τους είναι πάντα ίδιος. Γύρο από τον οπλισμό απωθούνται ή προσελκύνονται από τους μόνιμους μαγνήτες του στάτη και έτσι

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

παράγεται περιστροφική κίνηση γύρω από τον κεντρικό άξονα του κινητήρα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

2-Pole Permanent Magnet Motor



Εικόνα 48 . DC ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

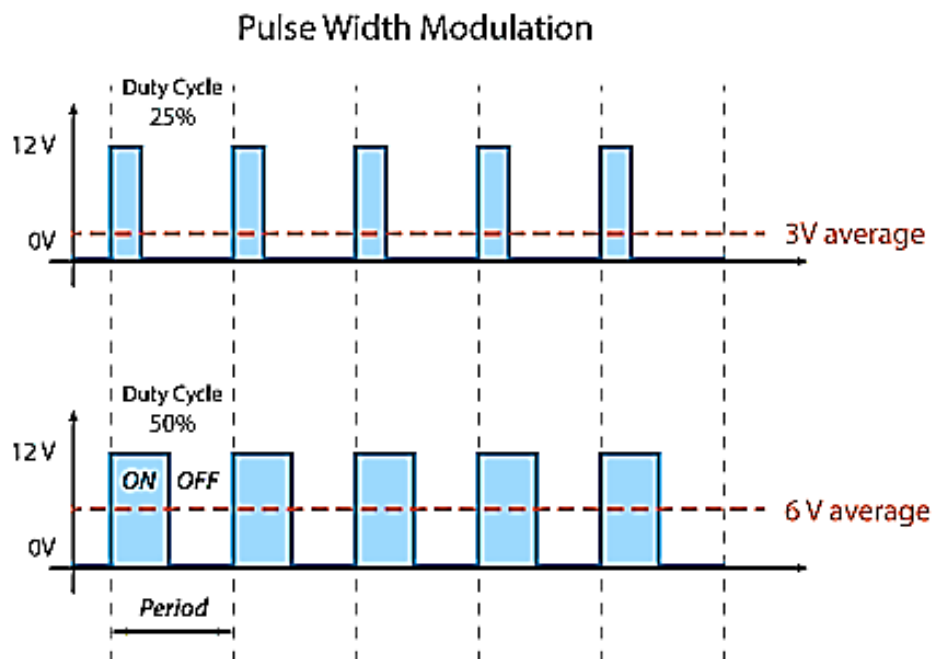
Καθώς ο οπλισμός περιστρέφεται, το ηλεκτρικό ρεύμα περνά από τους ακροδέκτες των κινητήρων στο επόμενο σύνολο περιελίξεων οπλισμού μέσω κάρβουνων άνθρακα που βρίσκονται γύρω από τον μεταγωγέα παράγοντας ένα άλλο μαγνητικό πεδίο και κάθε φορά ο οπλισμός περιστρέφεται ένα νέο σύνολο περιελίξεων οπλισμού ενεργοποιείται αναγκάζοντας τον οπλισμό να περιστρέφεται περισσότερο και ούτω καθεξής.

Επομένως, η ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα DC εξαρτάται από την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο μαγνητικών πεδίων, το ένα που ρυθμίζεται από τους σταθερούς μόνιμους μαγνήτες του στάτη και το άλλο από τους περιστρεφόμενους ηλεκτρομαγνήτες των οπλισμών και ελέγχοντας αυτήν την αλληλεπίδραση μπορούμε να ελέγξουμε την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Το μαγνητικό πεδίο που παράγεται από τους μόνιμους μαγνήτες του στάτη είναι σταθερό και συνεπώς δεν μπορεί να αλλάξει, αλλά αν αλλάξει η ισχύς του οπλισμού (ηλεκτρομαγνητικό πεδίο) ελέγχοντας το ρεύμα που ρέει μέσω των περιελίξεων θα παραχθεί μαγνητική ροή με αποτέλεσμα μια ισχυρότερη ή ασθενέστερη αλληλεπίδραση και επομένως μια ταχύτερη ή πιο αργή ταχύτητα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η πιο κοινή μέθοδος για τον έλεγχο αυτής της τάσης είναι με την χρήση PWM « Pulse Width Modulation » παλμού.

4.2.3. PWM

Όπως υποδηλώνει το όνομά του, ο έλεγχος ταχύτητας διαμόρφωσης πλάτους παλμού λειτουργεί οδηγώντας τον κινητήρα με μια σειρά παλμών "ON-OFF" και μεταβάλλοντας τον κύκλο λειτουργίας (duty cycle). Το κλάσμα του χρόνου που η τάση εξόδου είναι "ON" σε σύγκριση με όταν είναι "OFF" των παλμών, διατηρώντας παράλληλα τη συχνότητα σταθερή οδηγούν στην μεταβολή της μέσης τάσης. Η ισχύς που εφαρμόζεται στον κινητήρα μπορεί να ελεγχθεί μεταβάλλοντας το πλάτος αυτών των εφαρμοζόμενων παλμών και μεταβάλλοντας έτσι τη μέση τάση DC που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα. Με την αλλαγή ή τη ρύθμιση του χρονισμού των παλμών μπορεί να ελεγχθεί η ταχύτητα του κινητήρα, δηλαδή, όσο περισσότερο είναι ο παλμός "ON", τόσο πιο γρήγορα θα περιστραφεί ο κινητήρας και ομοίως, όσο μικρότερος είναι ο παλμός "ON" τόσο πιο αργός είναι ο κινητήρας θα περιστραφεί. Με άλλα λόγια, όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του παλμού, τόσο μεγαλύτερη μέση τάση εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα, τόσο ισχυρότερη είναι η μαγνητική ροή μέσα στις περιελίξεις του οπλισμού και τόσο πιο γρήγορα θα περιστραφεί ο κινητήρας και αυτό φαίνεται παρακάτω.

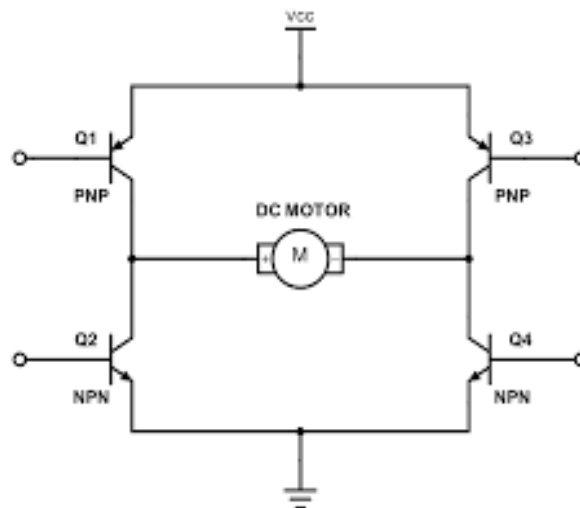


Εικόνα 49 . Μεταβολή του κύκλου εργασίας σε παλμό PWM.

Η χρήση PWM παλμού για τον έλεγχο ενός μικρού DC κινητήρα έχει το πλεονέκτημα ότι η απώλεια ισχύος στο τρανζίστορ μεταγωγής είναι μικρή επειδή το τρανζίστορ είναι είτε πλήρως "ON" είτε πλήρως "OFF". Ως αποτέλεσμα, το τρανζίστορ μεταγωγής έχει πολύ μειωμένη απαγωγή ισχύος, δίνοντάς του ένα γραμμικό τύπο ελέγχου που οδηγεί σε καλύτερη σταθερότητα ταχύτητας.

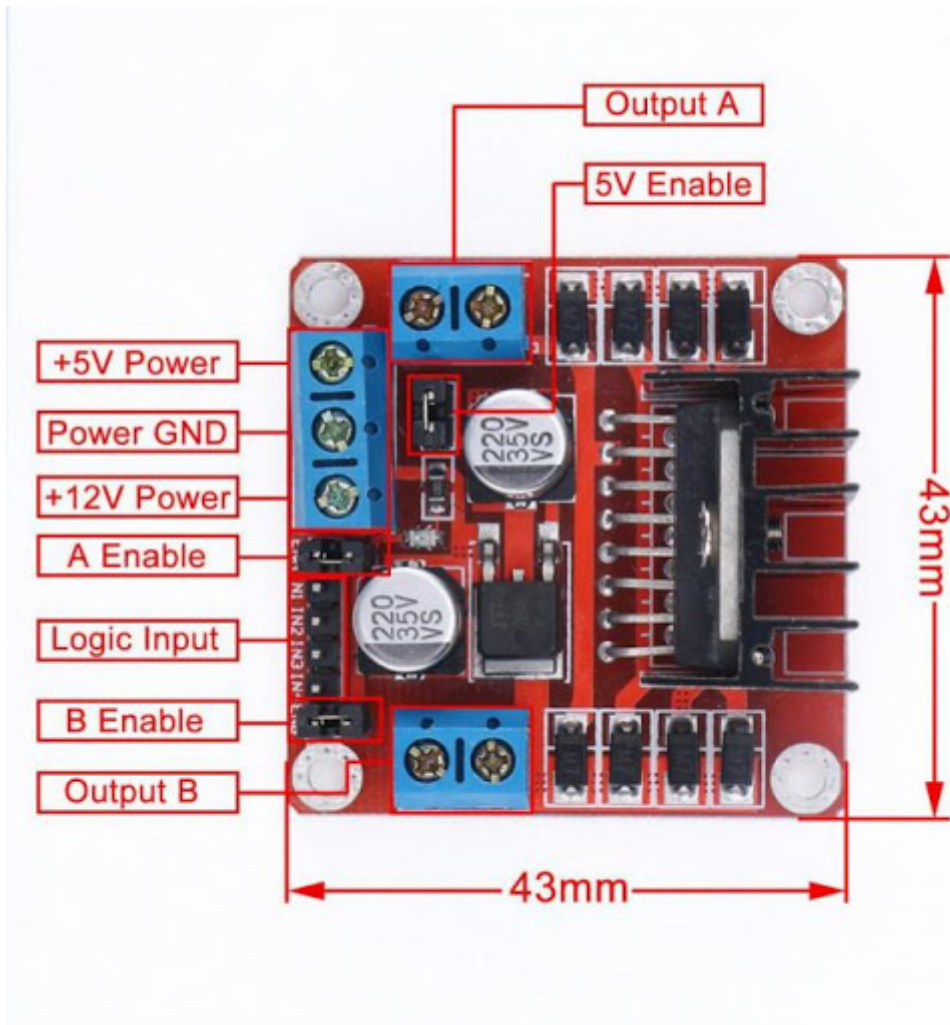
4.2.4. Έλεγχος κινητήρα DC, H-Bridge

Από την άλλη πλευρά, για τον έλεγχο της κατεύθυνσης περιστροφής, πρέπει απλώς να αντιστραφεί η κατεύθυνση της ροής ρεύματος μέσω του κινητήρα, και η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι η χρήση μιας γέφυρας H-Bridge. Ένα κύκλωμα H-Bridge περιέχει τέσσερα στοιχεία μεταγωγής, τρανζίστορ ή MOSFET, με τον κινητήρα στο κέντρο να σχηματίζει διαμόρφωση τύπου H. Ενεργοποιώντας δύο συγκεκριμένους διακόπτες ταυτόχρονα μπορούμε να αλλάξουμε την κατεύθυνση της ροής ρεύματος, έτσι αλλάζει η κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα.

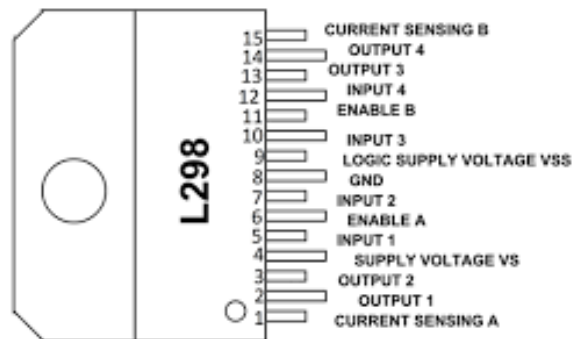


Εικόνα 50 . H – Γέφυρα (H – BRIDGE)

Με βάση τα παραπάνω, για να μπορέσει να γίνει ο έλεγχος της ταχύτητας ενός DC κινητήρα και ταυτόχρονα ο έλεγχος της φοράς περιστροφής του θα πρέπει να υπάρχει ένα κύκλωμα που να συνδυάζει τις 2 παραπάνω μεθόδους. Υπάρχουν πολλά μοντέλα κυκλωμάτων οδήγησης κινητήρα που έχουν αυτές τις δυνατότητες. Για την συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε το L298N που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 51 . L298N



Εικόνα 52 . L298 chip

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

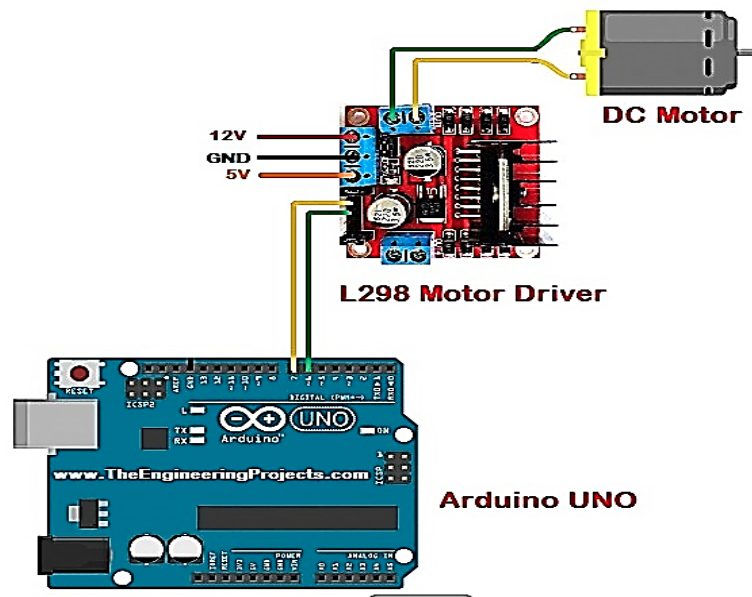
Το συγκεκριμένο Driver υπάρχει σε διάφορες εκδόσεις στην αγορά με μικρές διαφορές. Τα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου για την εργασία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

L298 Ratings		
Parameters	Values	Units
Power supply (Vs)	50	V
Logic supply voltage (Vss)	7	V
Peak output current (Io)	3	A
Input and enable voltage (VIN)	-0.3 to 7	V
Sensing voltage (VSEN)	-1 to 2.3	V
Power dissipation (PD)	25	W
Operating temperature (TOP)	-25 to 130	°C

Εικόνα 53 . L298 Τεχνικά χαρακτηριστικά(Ratings)

Το L298N είναι ένας διπλός οδηγός κινητήρα H-Bridge που επιτρέπει τον έλεγχο ταχύτητας και κατεύθυνσης δύο κινητήρων DC ταυτόχρονα. Η μονάδα μπορεί να οδηγήσει κινητήρες DC που έχουν τάσεις μεταξύ 5 και 35V, με ρεύμα αιχμής έως 2A. Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα το κύκλωμα περιέχει 2 κλέμες για την τοποθέτηση 2 DC κινητήρων , και άλλη μια κλέμα για την τροφοδοσία του κυκλώματος αλλά και την τοποθέτηση της γείωσης. Ο έλεγχος της ταχύτητας του κινητήρα μπορεί να γίνει ελέγχοντας τα Logic Input pins που φαίνονται στην εικόνα. Η είσοδος 1 και 2 είναι για τον κινητήρα A και η 3 και 4 για τον κινητήρα B. Για την εργασία χρησιμοποιήθηκε μόνο ένας κινητήρας και το κύκλωμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

DC Motor Control using L298 Motor Controller



Εικόνα 54 . Κύκλωμα Arduino – L298 – DC Κινητήρα

Για να μπορεί να παρατηρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η ταχύτητα κίνησης του κινητήρα αλλά και η αλλαγή στην φορά κίνησης χρησιμοποιήθηκε ένας τροχός (ρόδα) πάνω στον κινητήρα , όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

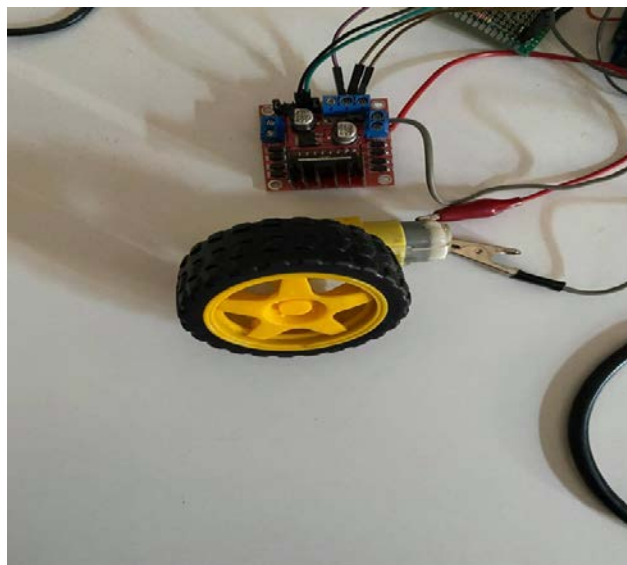


Εικόνα 55 . Εικόνα τροχού πάνω στον κινητήρα (πλάγια όψη)



Εικόνα 56 . Εικόνα τροχού πάνω στον κινητήρα (πίσω όψη)

Η σύνδεση του DC κινητήρα με το L298 φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 57 . Σύνδεση κινητήρα DC με το Driver L298

Μετά την σύνδεση του κινητήρα με το L298 και με το Arduino Mega απαιτείται ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή για την σωστή λειτουργία του κινητήρα σύμφωνα με τις ανάγκες της εργασίας. Ο κώδικας θα αναλυθεί στην τελευταία ενότητα της εργασίας.

4.2.5. Έλεγχος ηλεκτρικού λαμπτήρα 220 Volt AC

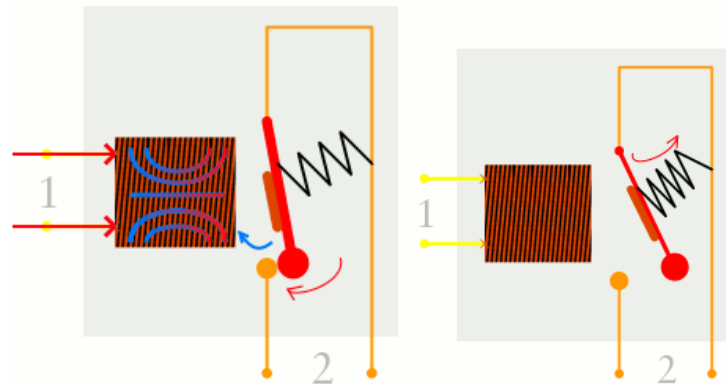
Ο επόμενος έλεγχος είναι ενός λαμπτήρα που για να λειτουργήσει απαραίτητο είναι να του δοθεί ως είσοδος εναλλασσόμενη τάση 220 Volt. Ο μικροελεγκτής μπορεί να δώσει μέγιστη τάση 5 Volt DC τάσης , επομένως για να μπορέσει να λειτουργήσει ο λαμπτήρας θα πρέπει να ταυτόχρονα να μπορεί να ελεγχθεί από την λογική που ο προγραμματιστής δίνει μέσω του προγραμματισμού του στον μικροελεγκτή αλλά ταυτόχρονα να μπορεί να τροφοδοτείται εξωτερικά με κάποια πηγή τάσης 220 Volt AC , χωρίς να καταστραφεί ο μικροελεγκτής. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος επίλυσης ενός τέτοιου ζητήματος είναι η χρήση ηλεκτρομηχανικού ρελέ. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται ένα ρελέ που μπορεί να συνδεθεί με ευκολία στον μικροελεγκτή Arduino Mega.



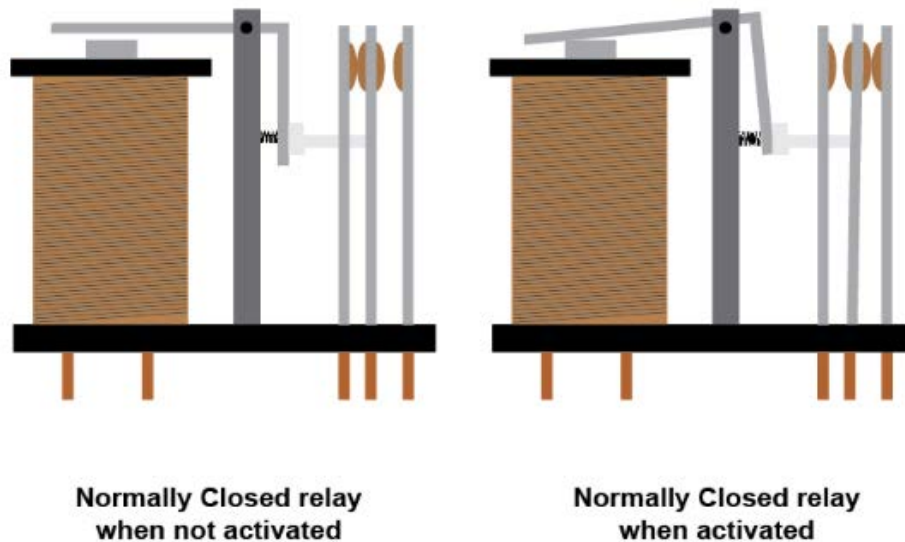
Εικόνα 58 . Ρελέ (πάνω και κάτω όψη)

4.2.6. Τρόπος λειτουργίας ρελέ

Ένα ρελέ είναι ένας ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης που λειτουργεί από ένα σχετικά μικρό ηλεκτρικό ρεύμα που μπορεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει ένα πολύ μεγαλύτερο ηλεκτρικό ρεύμα. Η καρδιά ενός ρελέ είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης (ένα πηνίο σύρματος που γίνεται προσωρινός μαγνήτης όταν ρέει ηλεκτρική ενέργεια). Χρησιμοποιείται κυρίως όταν μια ηλεκτρονική συσκευή , αισθητήρας , μικροελεγκτής (όπως στην συγκεκριμένη περίπτωση) μπορεί να παράγει μικρά ηλεκτρικά ρεύματα αλλά πρέπει να οδηγήσει κάποιο μεγάλο φορτίο. Τα ρελέ γεφυρώνουν το κενό, επιτρέποντας στα μικρά ρεύματα να ενεργοποιούν μεγαλύτερα. Αυτό σημαίνει ότι τα ρελέ μπορούν να λειτουργήσουν είτε ως διακόπτες (ενεργοποίηση και απενεργοποίηση) είτε ως ενισχυτές (μετατροπή μικρών ρευμάτων σε μεγαλύτερα).



Εικόνα 59.Κανονικά κλειστή επαφή, Κανονικά ανοιχτή επαφή.



Εικόνα 60 . Εικόνα του εσωτερικού του ρελέ.

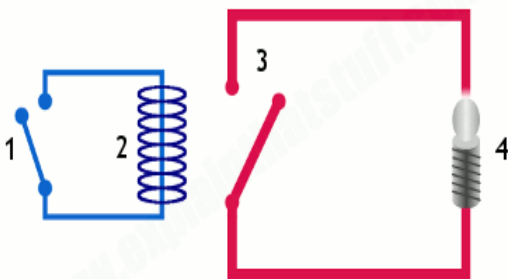
Όταν η ισχύς ρέει μέσα στο πηνίο του ρελέ , ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνήτη (καφέ) δημιουργώντας έτσι μαγνητικό πεδίο (μπλέ) που προσελκύει μια επαφή (κόκκινο) και ενεργοποιεί το δεύτερο κύκλωμα. Όταν η τροφοδοσία είναι απενεργοποιημένη, ένα ελατήριο τραβά την επαφή πίσω στην αρχική της θέση, απενεργοποιώντας ξανά το δεύτερο κύκλωμα.

Αυτό είναι ένα παράδειγμα ρελέ "κανονικά ανοιχτού". Οι επαφές στο δεύτερο κύκλωμα δεν είναι συνδεδεμένες από προεπιλογή και ενεργοποιούνται μόνο όταν ένα ρεύμα ρέει μέσω του μαγνήτη. Άλλα ρελέ είναι «κανονικά κλειστά» (NC · οι επαφές συνδέονται έτσι ώστε ένα ρεύμα να ρέει μέσω αυτών από προεπιλογή) και απενεργοποιούνται μόνο όταν ο μαγνήτης είναι

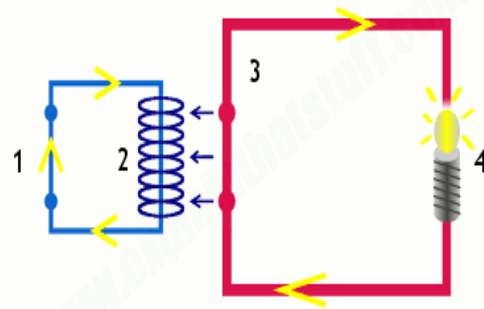
Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

ενεργοποιημένους, τραβώντας ή σπρώχνοντας τις επαφές. Κανονικά τα ανοιχτά ρελέ είναι τα πιο συνηθισμένα.

Ακολουθεί μια άλλη εικόνα που δείχνει πώς ένα ρελέ συνδέει δύο κυκλώματα μεταξύ τους. Στην αριστερή πλευρά, υπάρχει κύκλωμα εισόδου που τροφοδοτείται από διακόπτη ή αισθητήρα ή κάποιον μικροελεγκτή (όπως από το Arduino) . Όταν αυτό το κύκλωμα είναι ενεργοποιημένο, τροφοδοτεί ρεύμα σε έναν ηλεκτρομαγνήτη που τραβά έναν μεταλλικό διακόπτη και ενεργοποιεί το δεύτερο κύκλωμα εξόδου (στη δεξιά πλευρά). Το σχετικά μικρό ρεύμα στο κύκλωμα εισόδου ενεργοποιεί έτσι το μεγαλύτερο ρεύμα στο κύκλωμα εξόδου:



Εικόνα 60 . Χωρίς τάση στο πηνίο



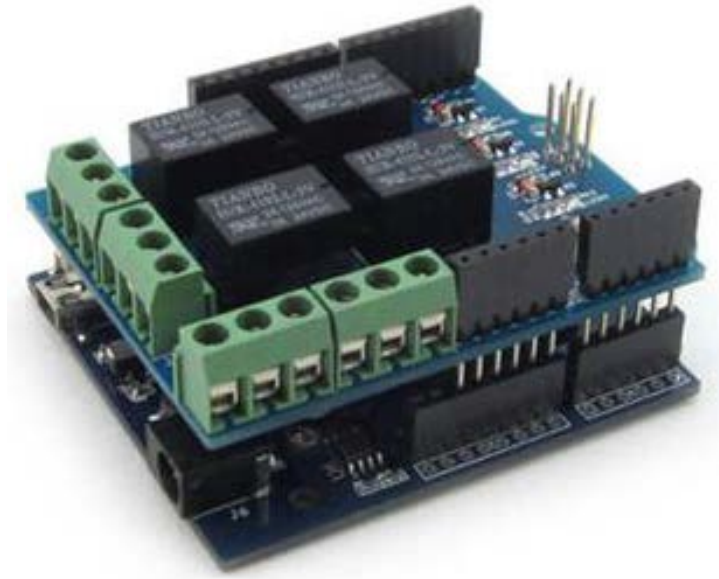
Εικόνα 61 . Με τάση στο πηνίο

Το κύκλωμα εισόδου (μπλε βρόχος) είναι απενεργοποιημένο και δεν ρέει ρεύμα έως ότου κάτι (είτε ένας αισθητήρας είτε ένας διακόπτης που κλείνει) το ενεργοποιεί. Το κύκλωμα εξόδου (κόκκινος βρόχος) είναι επίσης απενεργοποιημένο. Όταν ένα μικρό ρεύμα ρέει στο κύκλωμα εισόδου, ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνήτη (εμφανίζεται εδώ ως σκούρο μπλε πηνίο), ο οποίος παράγει ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από αυτό .Ο ενεργοποιημένος ηλεκτρομαγνήτης τραβά τη μεταλλική ράβδο στο κύκλωμα εξόδου προς αυτόν, κλείνοντας το διακόπτη και αφήνοντας ένα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα να ρέει μέσω του κυκλώματος εξόδου. Το κύκλωμα εξόδου λειτουργεί μια συσκευή υψηλής τάσης, όπως μια λάμπα ή έναν ηλεκτρικό κινητήρα . Η τάση που μπορεί να ενεργοποιήσει το πηνίο του ρελέ μπορεί να είναι είτε σταθερό (DC) είτε εναλλασσόμενο (AC) ανάλογα από τον τύπο του ρελέ. Για την συγκεκριμένη εργασία (λόγω του ότι το Arduino Mega μπορεί να παράγει τάση εξόδου 5 Volt DC τάση) επιλέχθηκε ρελέ με πηνίο που ενεργοποιείται με 5 Volt DC τάση. Στην συγκεκριμένη εργασία για λόγου μελλοντικής επέκτασης (έλεγχος για περισσότερες από 1 συσκευές υψηλής τάσης) χρησιμοποιήθηκε Relay shield τεσσάρων ρελέ που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 62 . Relay Shield τεσσάρων ρελέ

Στην ουσία πρόκειται για μια πλακέτα επέκτασης που τοποθετείται πάνω από το Arduino δεσμεύοντας 4 ακροδέκτες (όσα δηλαδή και τα ρελέ που διαθέτει η πλακέτα επέκτασης) αφήνοντας τους υπόλοιπους διαθέσιμους για τον προγραμματιστή να τους αξιοποιήσει. Η τοποθέτηση της πλακέτας πάνω στο Arduino φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

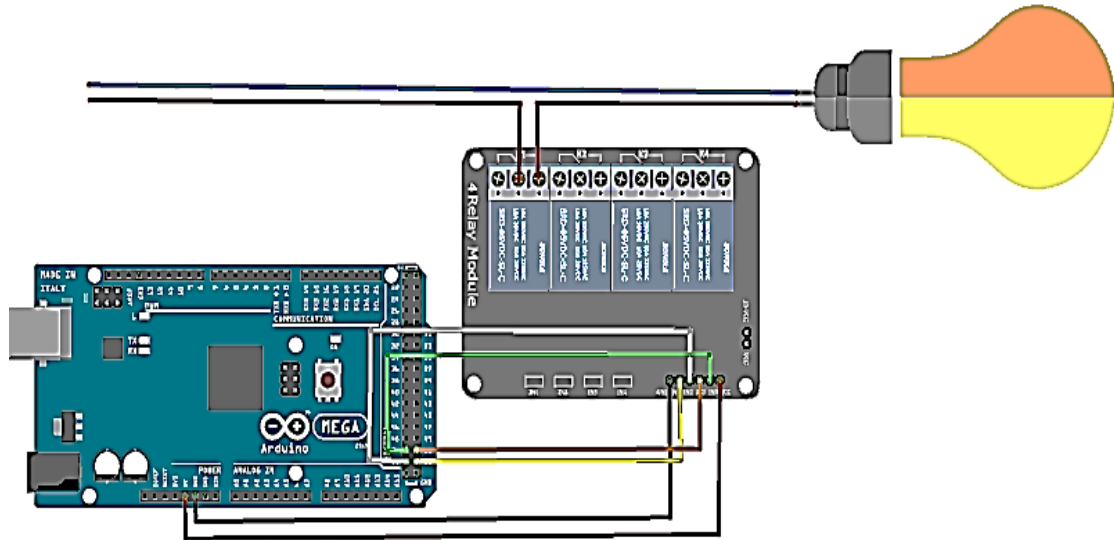


Εικόνα 63 . Τοποθέτηση Relay Shield πάνω στο Arduino

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα η πλακέτα επέκτασης (Relay Shield) έχει πάνω της 4 κλέμες με 3 εξόδους η κάθε μια για την εύκολη σύνδεση ενός καταναλωτή (όπως ένας κινητήρας , μια λάμπα). Η αριστερή έξοδος είναι η κανονικά ανοιχτή επαφή (NO), η μεσαία η κοινή επαφή (COM) και η δεξιά η κανονικά κλειστή επαφή (NC). Με την κατάλληλη συνδεσμολογία και τον προγραμματισμό μπορεί κάποιος εύκολα να ελέγχει το πότε θα ενεργοποιεί ή θα απενεργοποιεί μια ηλεκτρική – ηλεκτρονική

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

συσκευή (καταναλωτή) ισχύος , όπως η λάμπα στην συγκεκριμένη περίπτωση. Το κύκλωμα της λάμπας με το ρελέ και τον μικροελεγκτή φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



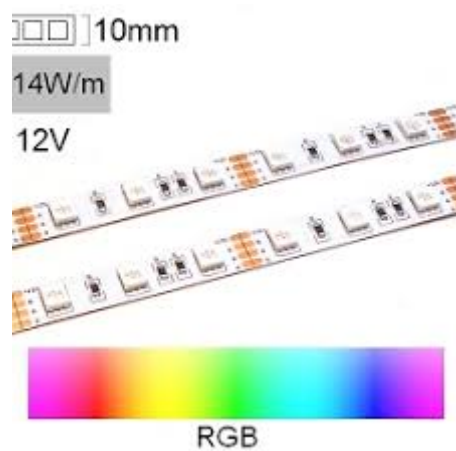
Εικόνα 64 . Κύκλωμα Arduino - Relay Shield – Λάμπας (προσομοίωση)



Εικόνα 65 . Κύκλωμα Arduino - Relay Shield

Με βάση την παραπάνω λογική αλλά και την συνδεσμολογία που ακολουθήθηκε , για να μπορέσει ο προγραμματιστής να ενεργοποιήσει την λάμπα θα πρέπει απλά να δώσει λογικό "1" στην ψηφιακή θύρα του Arduino που είναι συνδεδεμένο το πηνίο του ρελέ και αυτό με την σειρά του θα κλείσει το κύκλωμα ισχύος , δηλαδή το κύκλωμα της λάμπας με το ρεύμα της πρίζας (220 Volt).

4.2.7. Έλεγχος ταινίας Led RGB 12 Volt



Εικόνα 66 . Ταινία Led RGB 12 Volt

Η ταινία Led RGB είναι στην ουσία μια εύκαμπτη πλακέτα , που πάνω σε αυτή περιέχονται ενσωματωμένα Led τριών χρωμάτων όπως αναφέρει και το όνομα της RGB (Red Green Blue). Χρησιμοποιούνται κυρίως για διακόσμηση σπιτιού ή αυτοκινήτου , και για τον λόγο αυτό πολλές φορές είναι βασικό κομμάτι ενός προγραμματιστή που ασχολείται με Smart Home. Υπάρχουν δύο βασικά είδη τέτοιων ταινιών Led , το αναλογικό και το ψηφιακό είδος. Στις ταινίες αναλογικού είδους όλα τα Led που βρίσκονται πάνω σε αυτή είναι συνδεδεμένα παράλληλα και έτσι λειτουργεί σαν ένα μεγάλο ενιαίο Led τριών χρωμάτων. Ο τρόπος λειτουργίας των ταινιών ψηφιακού τύπου λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο. Κάθε Led που υπάρχει πάνω στην ταινία ελέγχεται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ξεχωριστά από τα υπόλοιπα. Με αυτόν τον τρόπο ο προγραμματιστής είναι υποχρεωμένος να στείλει κωδικοποιημένα τα δεδομένα στην ταινία , ωστόσο αυτό σημαίνει ότι μπορεί να ελέγχει κάθε Led ξεχωριστά . Λόγο της πολυπλοκότητας των ολοκληρωμένων που υπάρχουν πάνω σε τέτοιου είδους ταινίες το κόστος τους είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με τις αναλογικές ταινίες.

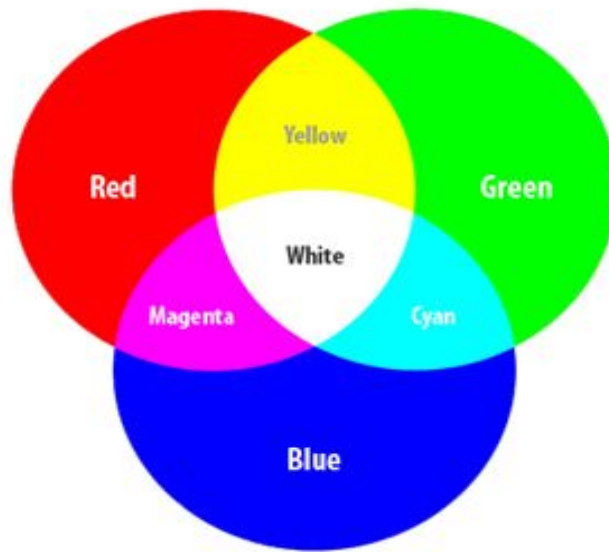
Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Για την συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε αναλογικού τύπου ταινία RGB 12 Volt όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Η επιλογή αναλογικού τύπου έγινε κυρίως για εκπαιδευτικούς λόγους . Απαιτείται η κατασκευή εξωτερικού ηλεκτρονικού κυκλώματος για τον έλεγχο της σε αντίθεση με την ψηφιακή που μπορεί να ελεγχθεί πολύ ευκολότερα με την χρήση ενός μικροελεγκτή χωρίς την απαίτηση εξωτερικού κυκλώματος.

Ο λόγος που χρειάζεται ένα τέτοιο κύκλωμα για τον έλεγχο της συγκεκριμένης ταινίας είναι σχεδόν ίδιος με αυτόν που εξηγήθηκε σε προηγούμενη ενότητα (έλεγχος κινητήρα DC). Οι αναλογικές ταινίες Led χωρίζονται επίσης με την σειρά του (όπως και όλα τα Led) σε 2 κατηγορίες , τις ταινίες κοινής ανόδου και τις ταινίες κοινής καθόδου. Στα Led κοινής ανόδου η τάση (12 Volt) είναι εσωτερικά συνδεδεμένη (γεφυρωμένη) κοινά σε όλα τα Led της ταινίας . Ενώ στα Led κοινής καθόδου η γείωση (κοινό σημείο 0 Volt) είναι συνδεδεμένη εσωτερικά σε όλα τα Led. Στην συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε ταινία κοινής ανόδου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το Arduino μπορεί να δώσει μέχρι 5 Volt τάση εξόδου . Μελετώντας τα χαρακτηριστικά της RGB ταινίας παρατηρείται ότι για τον έλεγχο της απαιτούνται 12 Volt DC τάση.

- Πλάτος 10,5 mm (0,41 "), πάχος 3 mm (0,12"), μήκος 100 mm (3,95 ") ανά τμήμα
- Διαυγές αδιάβροχο καλούπι
- 3M αυτοκόλλητη ταινία στην πλάτη
- Μέγιστη Τάση 12V @ 60mA ανά τμήμα ταινίας
- 3 κοινές ανόδους RGB LED
- Μήκος κύματος LED: 630nm / 530nm / 475nm
- Χωρίς μικροελεγκτή ή ελεγκτή τσιπ (μόνο «αναλογικό»)

Αν ο προγραμματιστής επιθυμεί μονάχα το να ανάψει ή να σβήσει κάποιο από τα τρία κανάλια της ταινίας (Κόκκινο Πράσινο Μπλε) , τότε ένα ρελέ θα ήταν αρκετό. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως το ζητούμενο είναι όχι μόνο να μπορεί ο χρήστης να μπορεί με το πάτημα ενός κουμπιού να ενεργοποιεί κάποιο από τα 3 χρώματα αλλά να μπορεί ταυτόχρονα να ελέγχει την φωτεινότητα κάθε ενός από αυτά. Δηλαδή να μπορεί να παράγει οποιονδήποτε συνδυασμό χρωμάτων επιθυμεί ελέγχοντας την ένταση του κάθε χρώματος της ταινίας Led (Κόκκινο Πράσινο Μπλε). Αν ο χρήστης μπορεί να ελέγχει την φωτεινότητα του κάθε καναλιού της ταινίας τότε μπορεί να παράγει οποιοδήποτε χρώμα αυτός επιθυμεί στο φάσμα του RGB. Για παράδειγμα αν επιθυμεί να κατασκευάσει μωβ χρώμα τότε θα πρέπει να ενεργοποιήσει το κανάλι με το μπλε χρώμα και το κανάλι με το κόκκινο χρώμα της ταινίας. Όλοι οι συνδυασμοί χρωμάτων φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 67 . Φάσμα RGB

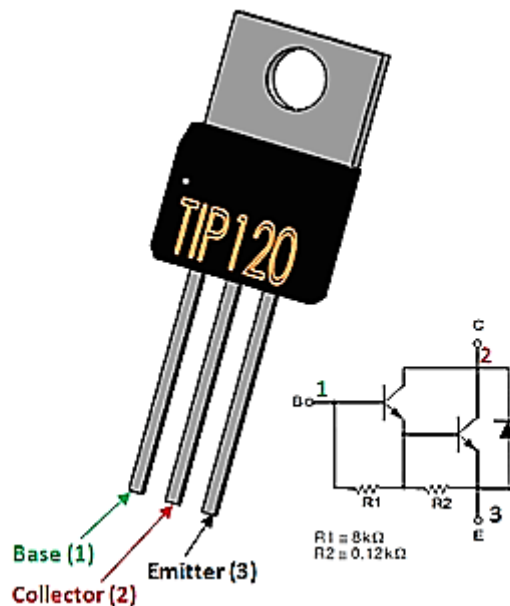
Για την επίλυση του ζητήματος που αναφέρθηκε παραπάνω η μέθοδος επίλυσης είναι η χρήση PWM παλμού από τον μικροελεγκτή. Η έξοδος του παλμού αυτού όμως θα πρέπει να καταλήγει σε κάποιο ολοκληρωμένο το οποίο να αντιλαμβάνεται αυτές τις μεταβολές του παλμού αλλά ταυτόχρονα να μπορεί να αντέξει και τα 12 Volt που απαιτούνται για την ενεργοποίηση του κάθε καναλιού RGB. Για την συγκεκριμένη εργασία τον ρόλο αυτού του ολοκληρωμένου κυκλώματος την έπαιξε το TIP 120 που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 68 . Ολοκληρωμένο κύκλωμα TIP120

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- Το TIP120 είναι ένα τρανζίστορ NPN Darlington που χρησιμοποιείται κυρίως για εφαρμογές γενικής χρήσης και εφαρμογές εναλλαγής μέσης ισχύος. Εσωτερικά υπάρχει ένα ζεύγος από 2 τρανζίστορ Darlington τα οποία συνδέονται με τέτοιο τρόπο , έτσι ώστε το να ενισχύεται από το ολοκληρωμένο. Αυτή η διαμόρφωση διαθέτει πολύ υψηλότερο κέρδος ρεύματος σε σύγκριση με το εάν κάθε τρανζίστορ λαμβάνεται ξεχωριστά. Αποτελείται κυρίως από έναν πομπό, τη βάση και συλλέκτη που αποτελούν τα βασικά μέρη οποιουδήποτε τρανζίστορ. Πρόκειται για ένα διπολικό τρανζίστορ ισχύος όπου η αγωγή πραγματοποιείται και από τους δύο φορτιστές, δηλαδή από ηλεκτρόνια και οπές, αλλά οι κύριοι φορείς φορτίου είναι τα ηλεκτρόνια, καθώς είναι ένα τρανζίστορ NPN . Σε αυτήν τη διαμόρφωση NPN Darlington , ο εκπομπός του πρώτου τρανζίστορ συνδέεται με τη βάση του δεύτερου τρανζίστορ που επιτρέπει την ενίσχυση του ρεύματος όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 69 . Εσωτερική διάταξη και ακροδέκτες του TIP120.

Τα τρανζίστορ είναι ηλεκτρονικοί διακόπτες που πληρούν τις απαιτήσεις ισχύος του έργου. Όταν τα κανονικά τρανζίστορ δεν αρκούν για να καλύψουν την απαίτηση ισχύος των έργων, αντικαθιστούμε τα κανονικά τρανζίστορ με τρανζίστορ Darlington που είναι ίδια με τα κανονικά τρανζίστορ με ορισμένες εξαιρέσεις, δηλαδή είναι ικανά να οδηγήσουν ένα πολύ μεγαλύτερο φορτίο. Όταν εφαρμόζεται τάση στην πλευρά της βάσης, αντλεί μικρό ρεύμα που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του μεγάλου ρεύματος στην πλευρά του συλλέκτη και του εκπομπού. Αυτό το τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει με τάση έως 60 V και ρεύμα αιχμής μέχρι 8A. Εμφανίζει υψηλής απόδοσης και χαμηλή τάση κορεσμού. Μπορεί να παρέχει υψηλό κέρδος ρεύματος που σημαίνει ότι μια μικρή ποσότητα

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

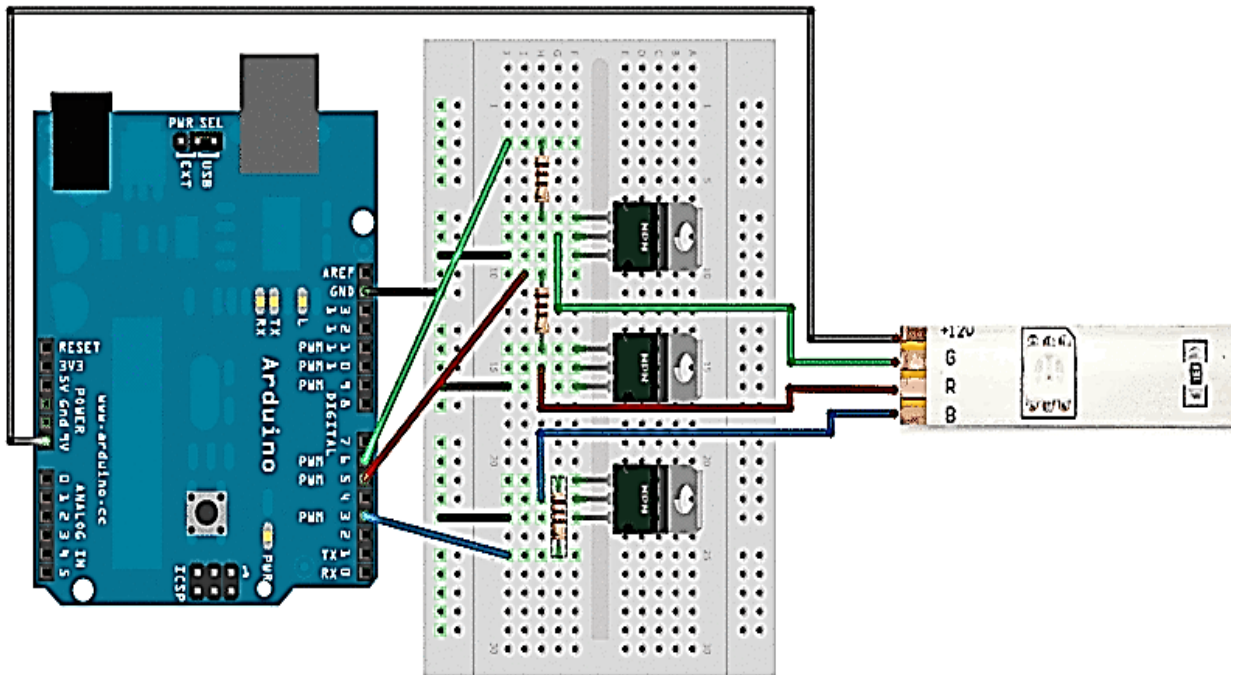
ρεύματος από έναν μικροελεγκτή ή αισθητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση ενός πολύ μεγάλου φορτίου. Αυτό είναι ένα τρανζίστορ NPN χρησιμοποιεί ηλεκτρόνια ως κύριους φορείς φόρτισης. Ενώ το τρανζίστορ PNP χρησιμοποιεί τις οπές ως σημαντικούς φορείς φόρτισης.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα το TIP120 έχει τρεις ακροδέκτες (1) την βάση, (2) τον συλλέκτη και (3) τον εκπομπό. Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στην παρακάτω εικόνα αναλυτικά.

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	60	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5	V
Collector Current – Continuous - Peak	I_C	5.0 8.0	mA
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ C$	P_D	0.65 0.52	W W/°C
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$	P_D	2.0 0.016	W W/°C
Unclamped Inductive Load Energy	E	50	mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150	°C

Εικόνα 70 . Τεχνικά χαρακτηριστικά TIP120

Για την κατασκευή του κυκλώματος θα χρειαστεί και τροφοδοτικό για την παροχή της τάσης 12 Volt DC στην ταινία. Η σύνδεση είναι αρκετά απλή. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω θα πρέπει να συνδεθεί η βάση του τρανζίστορ σε μια ψηφιακή θύρα του Arduino Mega που να μπορεί να παράγει PWM παλμό. Ελέγχοντας την (μικρή) τάση των 0 – 5 Volt στην βάση μπορεί ο προγραμματιστής να οδηγήσει στον συλλέκτη ρεύμα και τάση μεγάλης έντασης. Το κύκλωμα της ταινίας Led RGB των TIP120 και του Arduino φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 71 . Κύκλωμα Arduino – Led Strip – TIP120

Όπως φαίνεται για μεγαλύτερη ασφάλεια και διάρκεια ζωής του κυκλώματος υπάρχει στην βάση των TIP120 μικρή αντίσταση με τιμή 220 Ωμ , η οποία θα μπορούσε να παραληφθεί . Με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω ο προγραμματιστής μπορεί να παράγει PWMπαλμό από του PWMακροδέκτες του μικροελεγκτή και έτσι να διεγείρει την βάση του TIP120 με αποτέλεσμα αυτό με την σειρά να τραβάει αντίστοιχη τάση από το κύκλωμα που είναι συνδεδεμένο στον συλλέκτη (δηλαδή ταινία Ledκαι τροφοδοτικό 12 Volt). Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα το κανάλι της ταινίας με το πράσινο χρώμα είναι συνδεδεμένο στον PWMακροδέκτη 6 , το κανάλι με το κόκκινο χρώμα είναι συνδεδεμένο στον PWMακροδέκτη 5 και τέλος το κανάλι με το μπλε χρώμα είναι συνδεδεμένο στον PWMακροδέκτη 4 του μικροελεγκτή.

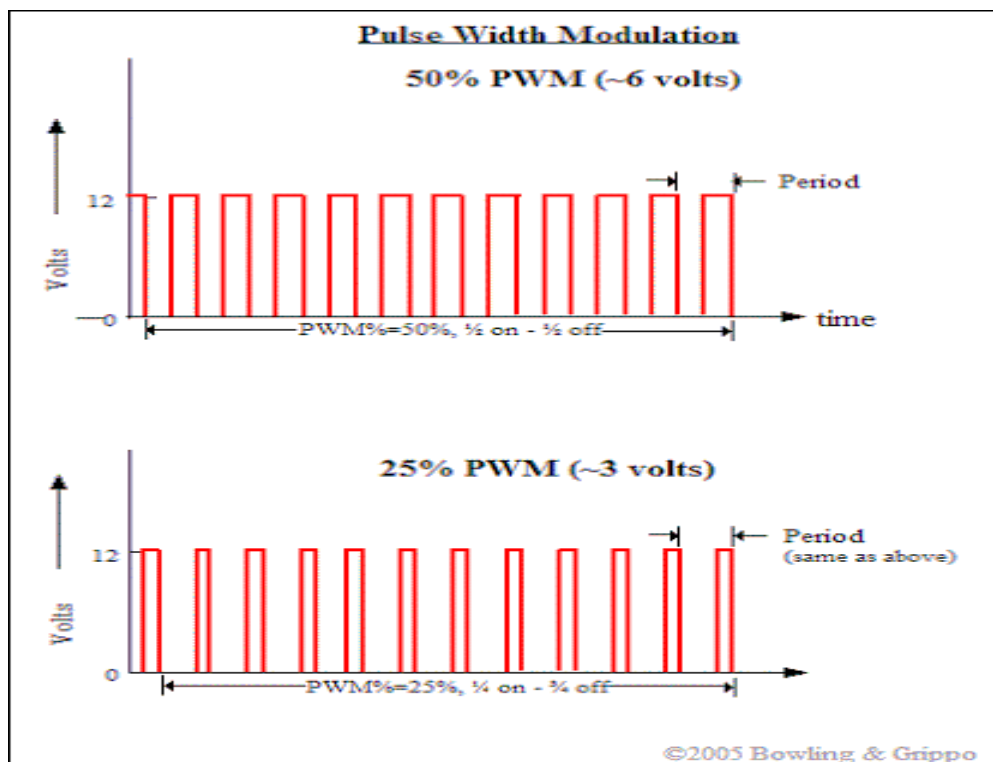
Το PWMσήμα – παλμός που μπορεί να δώσει ως έξοδο ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής έχει ανάλυση 8 bit . Αυτό σημαίνει ότι ο προγραμματιστής μπορεί να δίνει τιμές στην έξοδο των ακροδεκτών που αναφέρθηκαν παραπάνω (δηλαδή στους ακροδέκτες που είναι συνδεδεμένη η ταινία) είναι 0 – 255. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη τιμή δίνει ο προγραμματιστής στο εκάστοτε

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

κανάλι τόσο μεγαλύτερη θα είναι η φωτεινότητα του συγκεκριμένου χρώματος. Παρακάτω υπάρχει ένας πίνακας με μερικά παραδείγματα.

Τιμή για κανάλι πράσινου χρώματος	Τιμή για κανάλι κόκκινου χρώματος	Τιμή για κανάλι μπλε χρώματος	Αποτέλεσμα :
0	0	255	ΜΠΛΕ (ΕΝΤΟΝΟ)
255	0	0	ΠΡΑΣΙΝΟ(ΕΝΤΟΝΟ)
0	255	0	ΚΟΚΚΙΝΟ(ΕΝΤΟΝΟ)
255	120	0	ΤΙΡΚΟΥΑΖ
220	190	0	ΚΙΤΡΙΝΟ

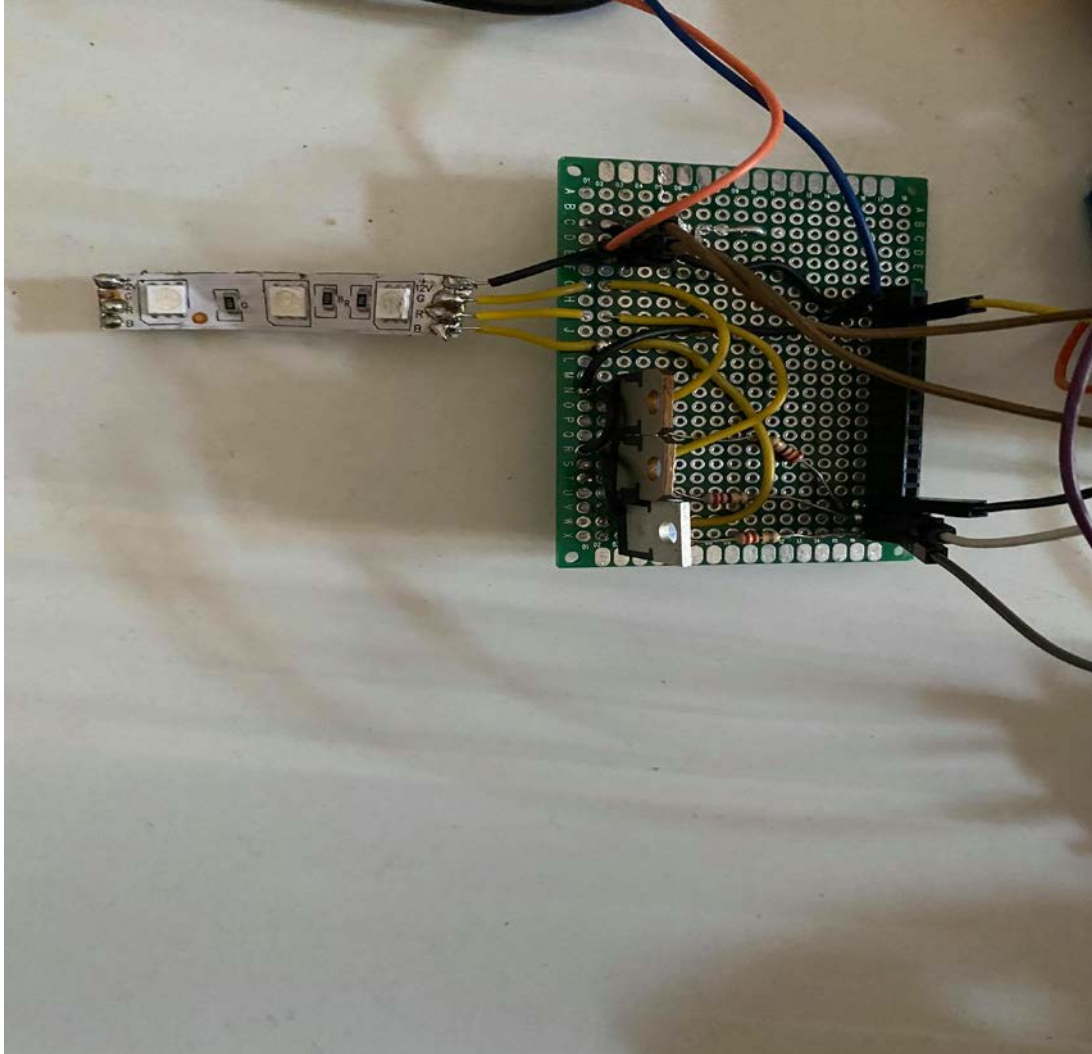
Με βάση αυτόν τον πίνακα μπορεί να γίνει πιο κατανοητό το πώς ο χρήστης θα μπορεί να παράγει το χρώμα που επιθυμεί. Το κάθε κανάλι (χρώμα) της ταινίας θα μπορεί να ελεγχθεί από τον χρήστη με 2 πλήκτρα (συνολικά 6 δηλαδή). Το ένα πλήκτρο θα είναι υπεύθυνο για την αύξηση της έντασης της φωτεινότητας του εκάστοτε χρώματος της ταινίας ενώ το άλλο για την μείωση αυτής. Με αυτή την λογική ο κάθε PWM παλμός που μπορεί να παράγει 0 – 5 Volt έξοδο θα δίνει διαφορετικό αποτέλεσμα στο χρώμα αλλά και στην φωτεινότητα της ταινίας.



Εικόνα 72 . PWM παλμός που μπορεί να παράγει 0 – 5 Volt έξοδο θα δίνει διαφορετικό αποτέλεσμα στο χρώμα αλλά και στην φωτεινότητα της ταινίας.

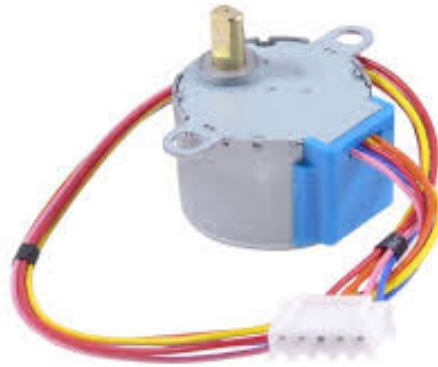
Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Για την υλοποίηση του κυκλώματος στην πραγματικότητα χρειάστηκε να κατασκευαστεί πλακέτα από την αρχή και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



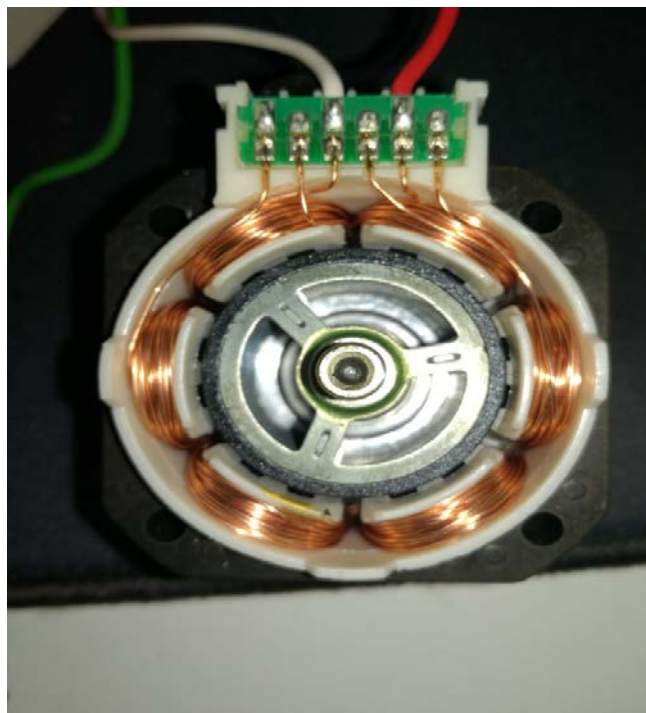
Εικόνα 73 . Κύκλωμα για τον έλεγχο της ταινίας LEDRGB 12 Volt

4.2.8. Έλεγχος βηματικού κινητήρα (Stepper Motor)



Εικόνα 74 . Εικόνα Βηματικού κινητήρα (stepper Motor)

Ο κινητήρας Stepper είναι ένας κινητήρας DC χωρίς ψήκτρες που περιστρέφεται σε βήματα. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο επειδή μπορεί να τοποθετηθεί με ακρίβεια χωρίς αισθητήρα ανάδρασης (όπως στους σέρβο κινητήρες) , ο οποίος αντιπροσωπεύει έναν ελεγκτή ανοιχτού βρόχου. Ο κινητήρας stepper αποτελείται από έναν ρότορα που είναι γενικά μόνιμος μαγνήτης και περιβάλλεται από τις περιελίξεις του στάτη.



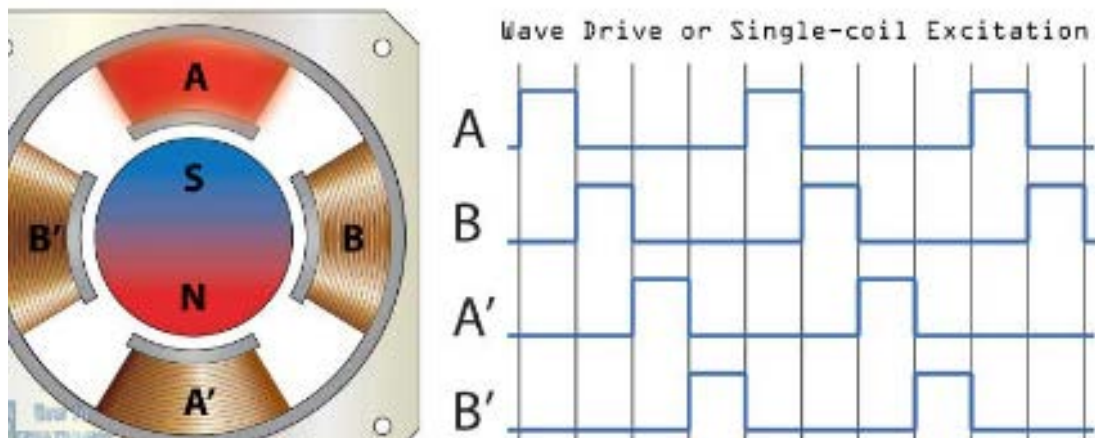
Εικόνα 75 . Εσωτερικό ενός βηματικού κινητήρα.

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Καθώς ενεργοποιούνται οι περιελίξεις βήμα προς βήμα σε μια συγκεκριμένη σειρά και το ρεύμα ρέει μέσω αυτών, θα μαγνητίσουν τον στάτη και θα δημιουργήσουν ηλεκτρομαγνητικούς πόλους αντίστοιχα που θα προκαλέσουν πρόωση στον κινητήρα. Έτσι, η βασική αρχή λειτουργίας των κινητήρων stepper.

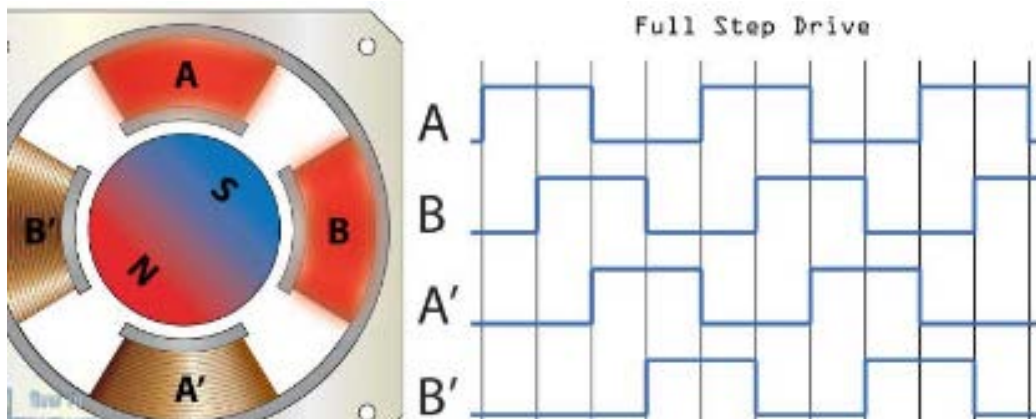
Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι οδήγησης του κινητήρα stepper. Ο πρώτος είναι το Wave Drive ή το Single-Coil Excitation .

Έπειτα η λειτουργία πλήρους βήματος (Full Step Drive) που παρέχει πολύ υψηλότερη ροπή ,επειδή έχει πάντα 2 ενεργά πηνία σε μια δεδομένη στιγμή. Ωστόσο, αυτό δεν βελτιώνει την ανάλυση του stepper και πάλι ο ρότορας θα κάνει έναν πλήρη κύκλο σε 4 βήματα.

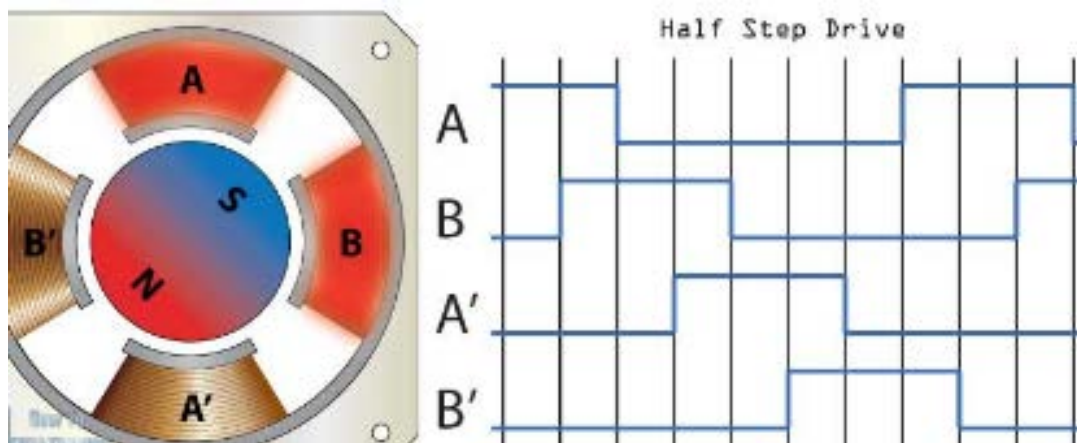


Εικόνα 76 . Wave Drive Mode

Για την αύξηση της ανάλυσης του stepper χρησιμοποιείται η λειτουργία Half Step Drive. Αυτή η λειτουργία είναι στην πραγματικότητα ένας συνδυασμός των δύο προηγούμενων τρόπων. Εδώ ένα ενεργό πηνίο ακολουθούμενο από 2 ενεργά πηνία και στη συνέχεια πάλι ένα ενεργό πηνίο ακολουθούμενο από 2 ενεργά πηνία και ούτω καθεξής. Έτσι, με αυτήν τη λειτουργία υπάρχει διπλή ανάλυση με την ίδια κατασκευή. Έτσι ο ρότορας κάνει πλήρη κύκλο σε 8 βήματα.

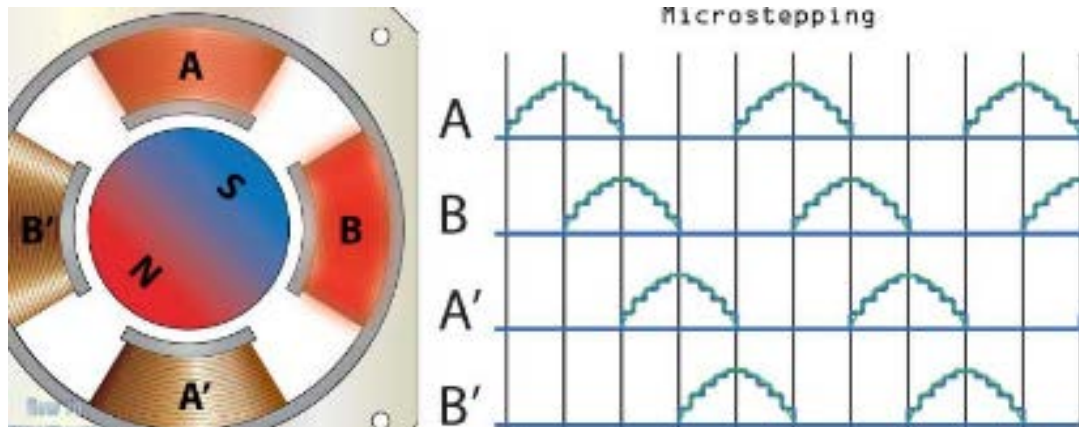


Εικόνα 77 . Full Step Mode



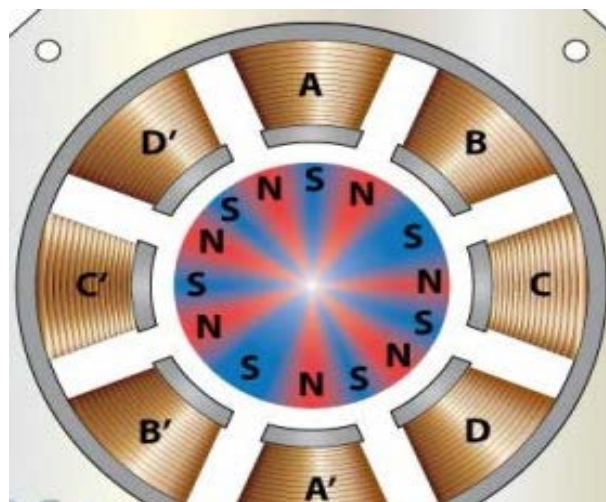
Εικόνα 78 . Half Step Mode.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ελέγχου των κινητήρων stepper σήμερα είναι το Micro stepping. Σε αυτήν τη λειτουργία παρέχουμε μεταβλητό ελεγχόμενο ρεύμα στα πηνία με τη μορφή sin wave (ημήτονο). Αυτό παρέχει ομαλή κίνηση του ρότορα, θα μειώσει την τάση των εξαρτημάτων και θα αυξήσει την ακρίβεια του κινητήρα stepper.



Εικόνα 79 . Microstepping

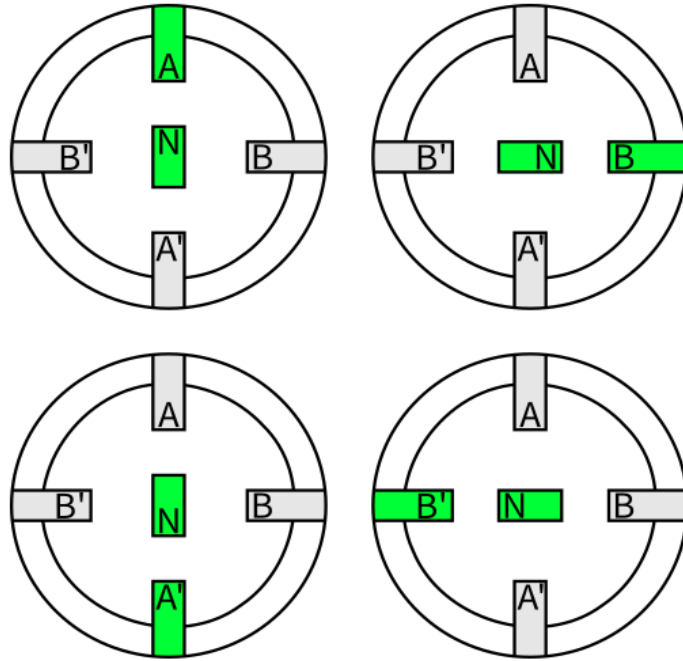
Ένας άλλος τρόπος αύξησης της ανάλυσης του βηματικού κινητήρα είναι η αύξηση των αριθμών των πόλων του ρότορα και των αριθμών του πόλου του στάτη.



Εικόνα 80 . Στάτης με περισσότερα πηνία

Ανάλυση των τρόπων οδήγησης του βηματικού κινητήρα που αναφέρθηκαν παραπάνω:

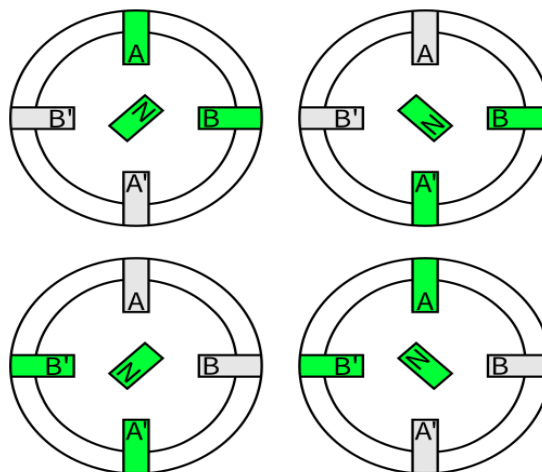
1) Wave Drive ή Single – coil Excitation



Εικόνα 81 . Wave Drive Mode

Όταν ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιεί τον πόλο A (νότιος πόλος) που εμφανίζεται με πράσινο χρώμα, προσελκύει τον βόρειο πόλο του ρότορα. Στη συνέχεια, όταν ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιεί το B και απενεργοποιεί το A, ο ρότορας περιστρέφεται 90° και αυτό συνεχίζεται καθώς ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιεί κάθε πόλο κάθε φορά. Οι μηχανικοί σπάνια χρησιμοποιούν κυματική οδήγηση: είναι αναποτελεσματικό και παρέχει μικρή ροπή, επειδή μόνο μία φάση του κινητήρα ενεργοποιείται
κάθε
φορά.

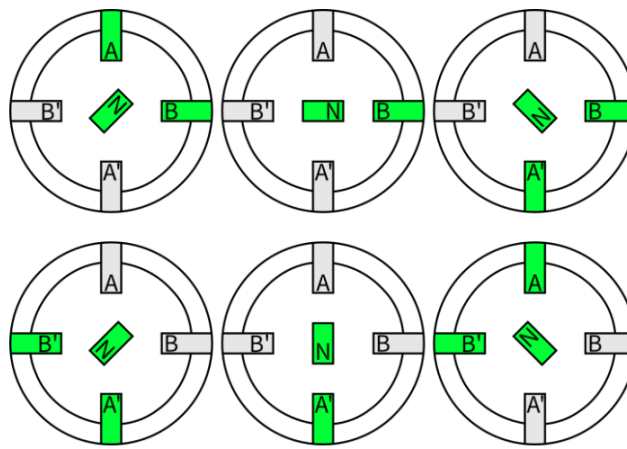
2) Οδήγηση δύο φάσεων



Εικόνα 82 . Οδήγηση 2 φάσεων

Η οδήγηση δύο φάσεων έχει το όνομά της επειδή δύο φάσεις είναι ενεργοποιημένες κάθε φορά. Εάν ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιεί και τους δύο πόλους A και B ως νότιους πόλους (εμφανίζεται με πράσινο χρώμα), τότε ο βόρειος πόλος του ρότορα προσελκύει και τους δύο εξίσου και ευθυγραμμίζεται στη μέση των δύο. Καθώς η ακολουθία ενεργοποίησης συνεχίζεται έτσι, ο ρότορας καταλήγει συνεχώς να ευθυγραμμίζεται μεταξύ δύο πόλων. Η οδήγηση δύο φάσεων δεν έχει καλύτερη ανάλυση από τη μονοφασική, αλλά παράγει περισσότερη ροπή.

3) Half Step Mode



Εικόνα 83 . Half Step Mode

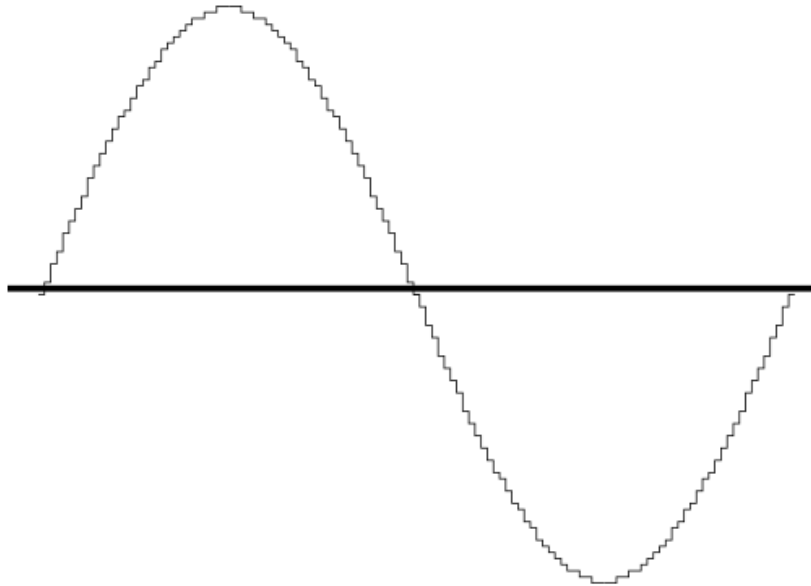
Η σταδιακή οδήγηση πήρε το όνομά της για τον τρόπο με τον οποίο ο Driver ενεργοποιεί 1 ή 2 φάσεις σε οποιαδήποτε στιγμή. Σε αυτήν τη μέθοδο οδήγησης, επίσης είναι γνωστή ως μισό βήμα, ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιεί τον πόλο A (εμφανίζεται με πράσινο χρώμα)... στη συνέχεια ενεργοποιεί τους πόλους A και B... στη συνέχεια ενεργοποιεί τον πόλο B... και ούτω καθεξής. Η σταδιακή οδήγηση με δύο φάσεις προσφέρει καλύτερες αναλύσεις κίνησης. Όταν είναι ενεργοποιημένες δύο φάσεις, ο κινητήρας παράγει περισσότερη ροπή.

4) Μικροβηματισμός (Microstepping)

Το Microstepping προσφέρει πολύ λεπτές αναλύσεις κίνησης. Η μονάδα δίσκου χρησιμοποιεί την τρέχουσα ρύθμιση για την αποφυγή ταλαντώσεων ροπής. Με αυτήν την τεχνική, οι μηχανικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν κινητήρες stepper σε περισσότερες εφαρμογές. Με τον τρόπο αυτό, μια μονάδα δίσκου αυξάνει και μειώνει το ρεύμα κατά μήκος ενός ημιτονοειδούς

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

κύματος, οπότε κανένας πόλος δεν είναι πλήρως ενεργοποιημένος ή απενεργοποιημένος. Ακολουθεί ένα δείγμα ρεύματος ημιτονοειδούς κύματος με μικρό βήμα:

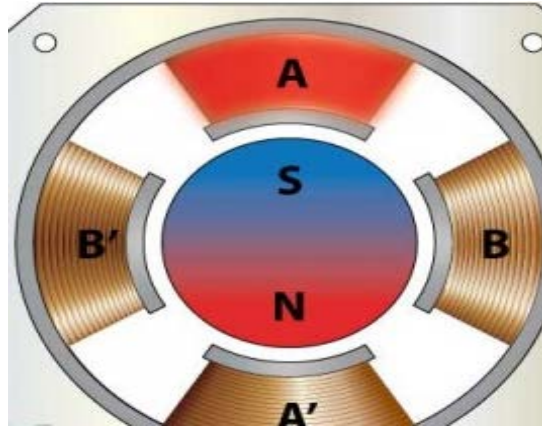


Εικόνα 84 . Micro stepping Mode

Παρόλο που η Microstepping δεν βελτιώνει απαραίτητα την ακρίβεια, έχει υψηλότερη ανάλυση σε σχέση με άλλους τρόπους οδήγησης, κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές στις οποίες ο κινητήρας περνά από καταστάσεις χωρίς φορτίο. Κατά τη λειτουργία, οι κινητήρες μπορεί να χάνουν τα βήματα πράγμα που δύσκολα συμβαίνει σε αυτόν τον τρόπο οδήγησης.

Για όλες αυτές τις μορφές οδήγησης, οι κινητήρες μπορούν να έχουν διαφορετικές περιελίξεις. Οι μονοπολικί κινητήρες δέχονται μόνο θετική τάση. Οι διπολικί βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούν τόσο θετική όσο και αρνητική τάση. Οι διπολικί βηματικοί κινητήρες έχουν περισσότερη ροπή επειδή παράγουν ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο, αλλά η κατασκευή τους απαιτεί επίσης περισσότερο σύρμα. Οι 2 βασικότεροι τύποι κινητήρων είναι 2 ο βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη και ο σύγχρονος βηματικός κινητήρας.

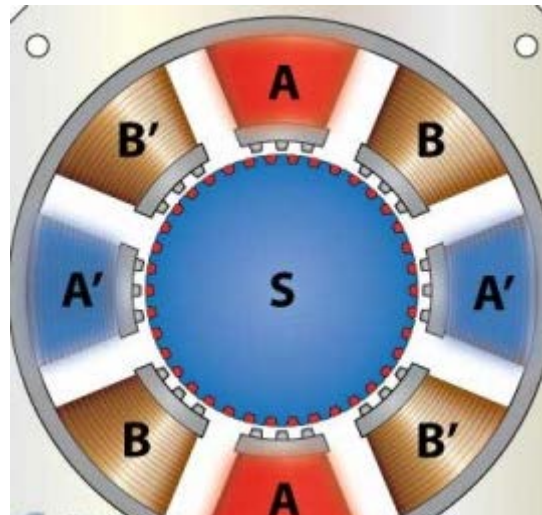
1) Με μόνιμο μαγνήτη



Εικόνα 85 . Με μόνιμο μαγνήτη

Ο μόνιμος μαγνήτης stepper έχει μόνιμο μαγνητικό ρότορα που οδηγείται από τις περιελίξεις του στάτη. Οι περιελίξεις δημιουργούν αντίθετους πόλους πολικότητας σε σύγκριση με τους πόλους του ρότορα που ωθούν τον ρότορα.

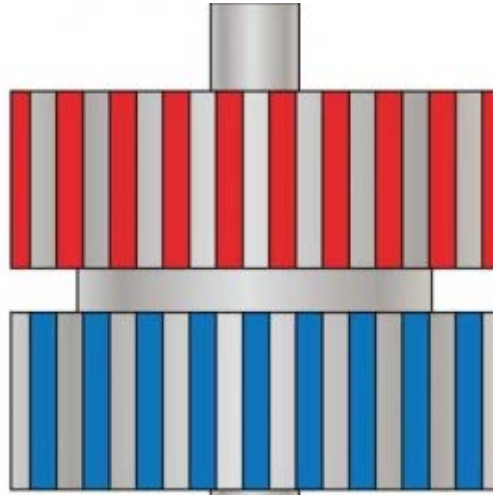
2) Σύγχρονος βηματικός κινητήρας



Εικόνα 86 . Σύγχρονος βηματικός κινητήρας

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

Έχει μόνιμο μαγνήτη με οδοντωτό ρότορα και επίσης οδοντωτό στάτη. Ο ρότορας έχει δύο τμήματα, τα οποία είναι αντίθετα σε πολικότητα και τα δόντια τους είναι μετατοπισμένα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 87 . Τμήματα ρότορα στον σύγχρονο βηματικό κινητήρα

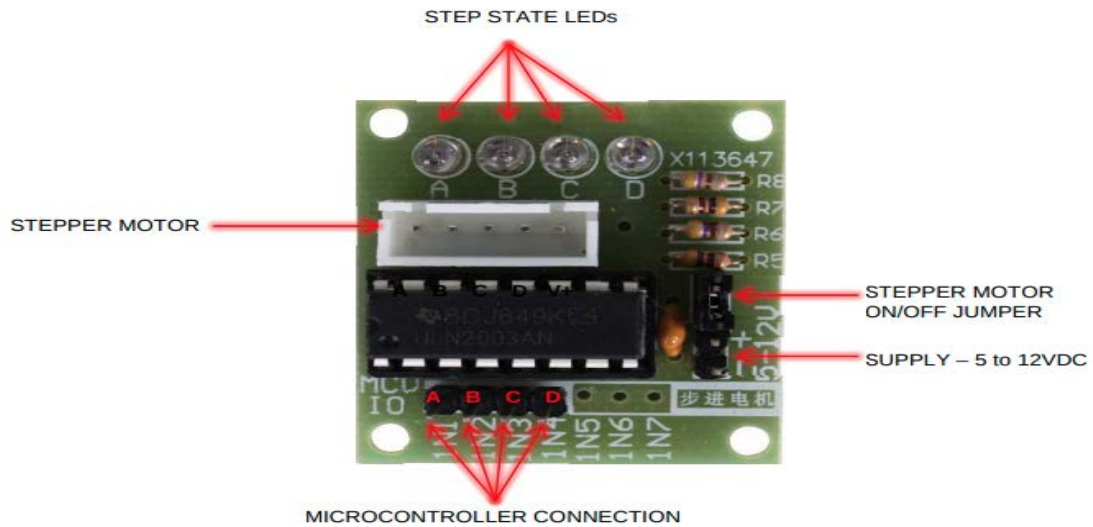
Πρόκειται για μια πρόσοψη ενός συνηθισμένου υβριδικού βηματικού κινητήρα που έχει 8 πόλους στον στάτορα που ενεργοποιούνται από 2 περιελίξεις, Α και Β. Έτσι, εάν ενεργοποιηθεί το τύλιγμα Α, θα μαγνητίσει 4 πόλους από τους οποίους δύο από αυτούς θα έχουν Νότια πολικότητα και δύο από αυτές

Βόρεια

πολικότητα.

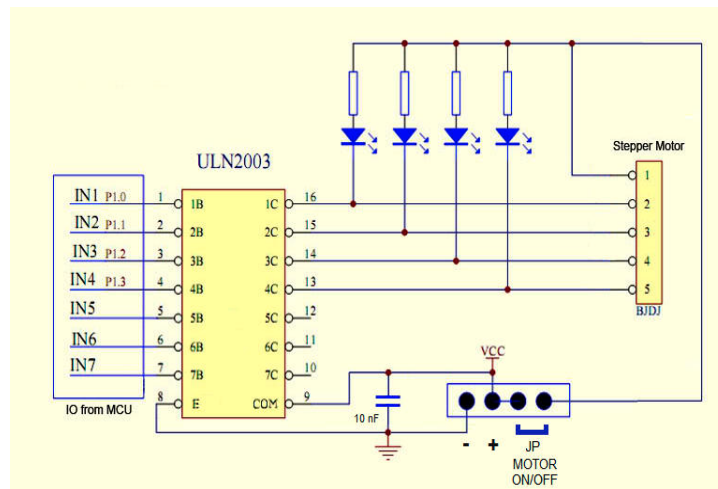
Μπορεί να φανεί ότι τα δόντια του ρότορα είναι ευθυγραμμισμένα με τα δόντια των πόλων Α και μη ευθυγραμμισμένα με τα δόντια των πόλων Β. Αυτό σημαίνει ότι στο επόμενο βήμα όταν απενεργοποιηθούν οι πόλοι του πηνίου Α και ενεργοποιηθούν οι πόλοι του πηνίου Β, ο ρότορας θα κινείται αντίθετα με το ρολόι και τα δόντια του θα ευθυγραμμίζονται με τα δόντια των πόλων Β. Εάν ενεργοποιηθούν οι πόλοι με μια συγκεκριμένη σειρά, ο ρότορας θα κινείται συνεχώς. Εδώ επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τρόποι οδήγησης, όπως η κίνηση κυμάτων, η κίνηση πλήρους βημάτων, η κίνηση με μισό βήμα και η Microstepping για ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της ανάλυσης του κινητήρα stepper.

Στην συγκεκριμένη εργασία για την οδήγηση του κινητήρα που επιλέχθηκε ο Driver που χρησιμοποιήθηκε είναι το ολοκληρωμένο κύκλωμα ULN2003 Stepper Motor Driver , που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



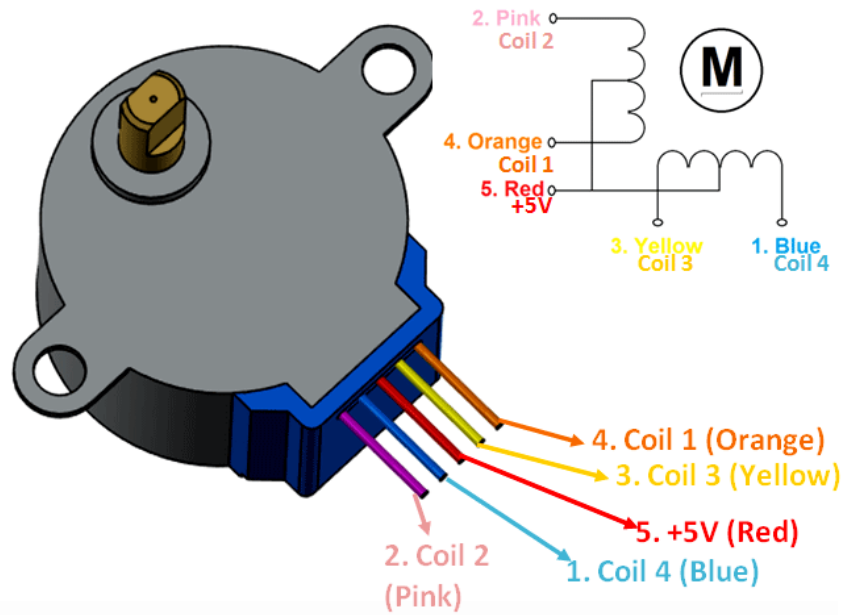
Εικόνα 88 . ULN2003 Stepper Motor Driver

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το κύκλωμα της πλακέτας που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.



Εικόνα 89 . Κύκλωμα πλακέτας ULN2003 Stepper Motor Driver

Ο βηματικός κινητήρας που χρησιμοποιήθηκε είναι ο 28BYJ-48 . Τα χαρακτηριστικά του αλλά και ο ίδιος ο κινητήρας φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Εικόνα 90 . Βηματικός κινητήρας 28BYJ-48

28BYJ-48 Stepper Motor Specifications

Rated voltage	5 V
Coil Resistance	50 Ohms
Coil Type	Unipolar
Diameter – shaft	0.197" (5.00 mm)
Length – shaft and bearing	0.394" (10 mm)
Features	Flatted shaft
Size/dimension	Round – 1.100" dia (28.00 mm)
Mounting hole spacing	Flatted Shaft
Gear reduction	1/64 (see note)
Step angle	Half step mode (recommended): 0.0879° Full step mode: 0.176°
Steps per revolution	Half step mode: 4096 (see note) Full step mode: 2048
Termination style	Wire leads with connector
Motor type	Permanent Magnet Gear Motor
Number of phases	4

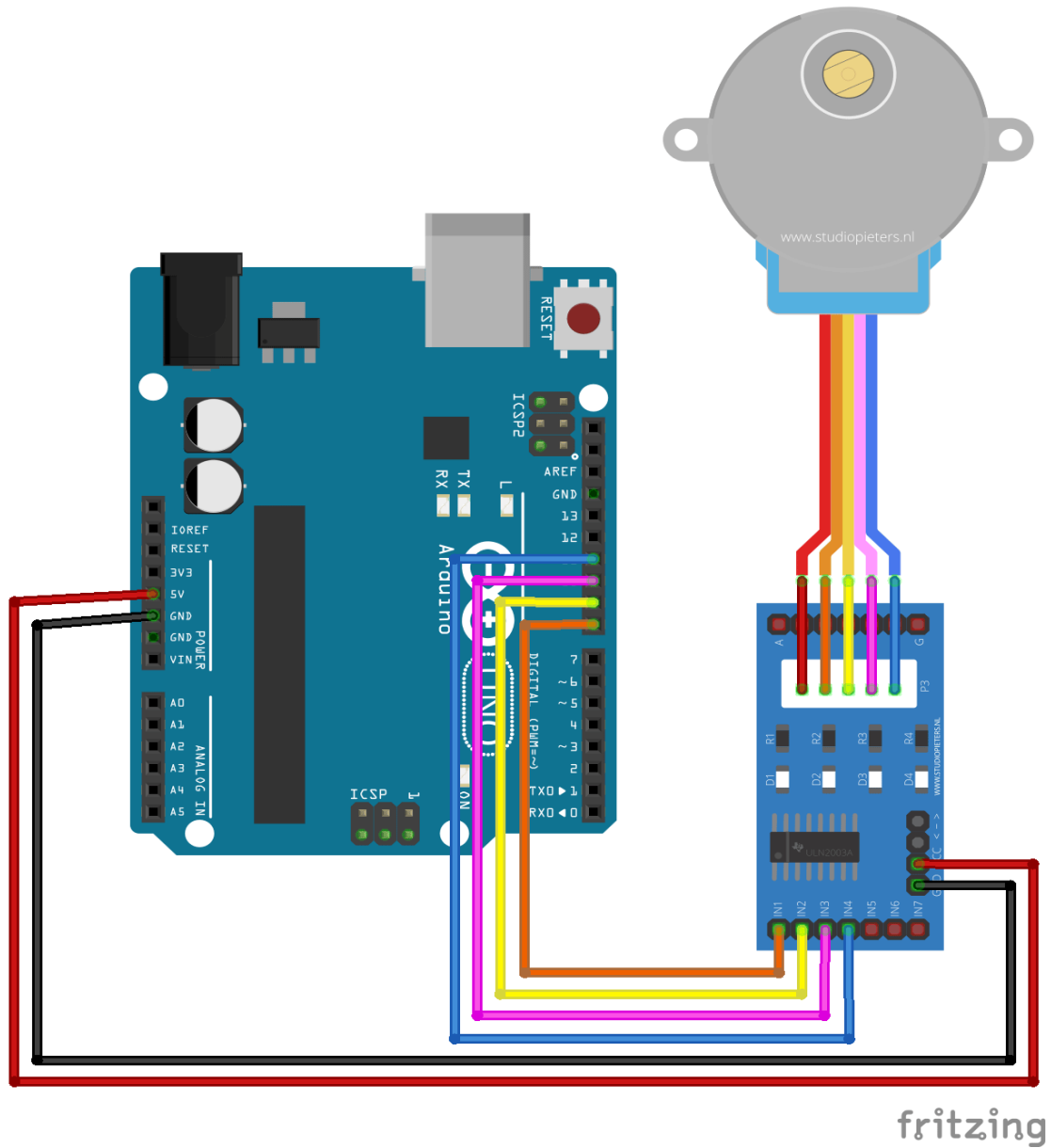
Εικόνα 91 . Χαρακτηριστικά επιλεγμένου βηματικού κινητήρα

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

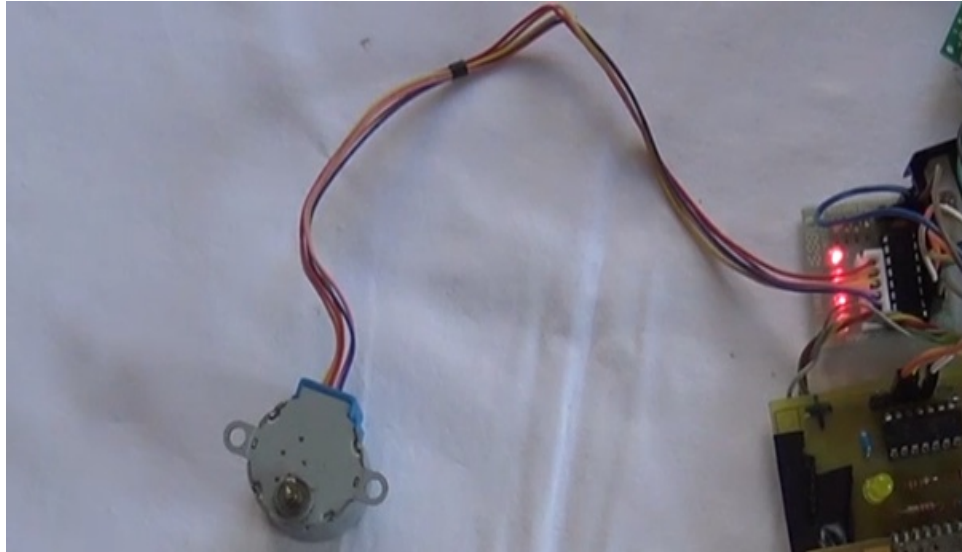
Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εικόνες , το Driver έχει 4 εισόδους που συνδέονται σε κάποιον μικροελεγκτή. Πιο συγκεκριμένα η σύνδεση των ακροδεκτών που έγιναν στην εργασία για τον βηματικό κινητήρα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

ULN2003 Motor Driver Pins	Arduino Mega 2560
EN 1	Pin 8
EN 2	Pin 9
EN 3	Pin 10
EN 4	Pin 11
-	GND
+	5 Volt

Το κύκλωμα αναλυτικά φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 92 . Κύκλωμα Stepper Motor – Stepper Motor Driver – Arduino



Εικόνα 93 . Βηματικός κινητήρας με περιστροφή 360 μοιρών

Ο Κώδικας προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για να γίνουν οι εκτελέσεις των παραπάνω εφαρμογών είναι ο εξής :

```
#include <Stepper.h>
const int steps Per Revolution = 2048;
Stepper myStepper = Stepper (steps Per Revolution, 8, 10, 9, 11);
int valueRed = 0; //Τιμήγιατο PWM σήμα του κόκκινου χρώματος
intvalueGreen = 0; //Τιμή για το PWM σήμα του πράσινου χρώματος
intvalueBlue = 0; //Τιμή για το PWM σήμα του μπλε χρώματος
intmotorSpeed = 0; //Τιμή για την ταχύτητα του DC κινητήρα
boolmotorDir = false;//Λογική τιμή για την κατεύθυνση κίνηση του Dc κινητήρα
boolinc_dec = false;//Λογική μεταβλητή για το αν θα αυξηθεί ή θα μειωθεί κάποιο χρώμα
int incomingByte=0;
int linerByte[8];
    if (charmap[i] == index)
        return isSecondRow ?charmapper[i]+8 : charmapper[i] ;
    }
}
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
isSecondRow = false;
    return -1;
}
}

isSecondRow = false;
return -1;
}

//Αρχικοποιήσεις προγράμματος
voidsetup()
{
Serial.begin(9600);//Εναρξη της σειριακής επικοινωνίας μεταξύArduinoMega και zigbee με ταχύτητα
9600 baud

pinMode(2,OUTPUT);// Κανάλι 1 για τον κινητήρα DC
pinMode(3,OUTPUT);// Κανάλι 2 για τον κινητήρα DC
pinMode(4,OUTPUT);// Για την λάμπα 220 Volt
pinMode(5,OUTPUT);// Κανάλι 1 για την ταινία LED (Κόκκινο χρώμα)
pinMode(6,OUTPUT);// Κανάλι 2 για την ταινία LED (Πράσινο χρώμα)
pinMode(7,OUTPUT);// Κανάλι 3 για την ταινία LED (Μπλε χρώμα)
pinMode(8,OUTPUT);// Κανάλι 1 για τον βηματικό κινητήρα (πηνίο 1)
pinMode(9,OUTPUT);// Κανάλι 2 για τον βηματικό κινητήρα (πηνίο 2)
pinMode(10,OUTPUT);//Κανάλι 3 για τον βηματικό κινητήρα (πηνίο 3)
pinMode(11,OUTPUT);//Κανάλι 4 για τον βηματικό κινητήρα (πηνίο 4)
pinMode(13,OUTPUT);//Βοηθητικό Led του Arduino

//Αρχικοποίηση της ταινίας Led έτσι ώστε να μην ξεκινάει με κάποιο χρώμα
//κατά την έναρξη του προγράμματος
analogWrite(5,0); //Απενεργοποίηση του Κόκκινου χρώματος απο την ταινία
analogWrite(6,0); //Απενεργοποίηση του Πράσινου χρώματος απο την ταινία
analogWrite(7,0); //Απενεργοποίηση του Μπλε χρώματος απο την ταινία
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    for (int i=0; i<8; i++) {
```

```
        while(!Serial.available()); // wait for a character
```

```
            int incomingByte = Serial.read();
```

```
        linerByte[i] = incomingByte;
```

```
    }
```

```
    int pressed = whichPressed();
```

```
    if (pressed != -1){
```

```
        Serial.print("Pressed: ");
```

```
        Serial.print(pressed);
```

```
        Serial.print("o");
```

```
        Serial.println();
```

```
    }
```

```
/*
```

Απο το σημείο αυτό ξεκινάει η λογική του προγράμματος :

Πλήκτρο 1 ---> Ενεργοποίηση της λάμπας 220 Volt

Πλήκτρο 2 ---> Απενεργοποίηση της λάμπας 220 Volt

Πλήκτρο 3 ---> Ενεργοποίηση του κόκκινου χρώματος (Full) της ταινίας Led

Πλήκτρο 4 ---> Ενεργοποίηση του πράσινου χρώματος (Full) της ταινίας Led

Πλήκτρο 5 ---> Ενεργοποίηση του μπλε χρώματος (Full) της ταινίας Led

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

- Πλήκτρο 6 ---> Απενεργοποίηση όλων των χρωμάτων της ταινίας Led
- Πλήκτρο 7 --->Αύξηση/Μείωση του κόκκινου χρώματος της ταινίας Led
- Πλήκτρο 8 --->Αύξηση/Μείωση του πράσινου χρώματος της ταινίας Led
- Πλήκτρο 9 --->Αύξηση/Μείωση του μπλε χρώματος της ταινίας Led
- Πλήκτρο 10 ---> Επιλογή Mode αύξησης/μείωσης των χρωμάτων της ταινίας Led
- Πλήκτρο 11 ---> κίνηση ωρολογιακής φοράς του κινητήρα DC
- Πλήκτρο 12 ---> κίνηση ανάποδη της ωρολογιακής φοράς του κινητήρα DC
- Πλήκτρο 13 ---> Αύξηση ταχύτητας του κινητήρα DC
- Πλήκτρο 14 ---> Μείωση ταχύτητας του κινητήρα DC
- Πλήκτρο 15 ---> κίνηση ωρολογιακής φοράς του βηματικού κινητήρα
- Πλήκτρο 16 ---> κίνηση ανάποδη της ωρολογιακής φοράς του βηματικού κινητήρα

*/

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 1 απο το πληκτρολόγιο

if (pressed == 1)

{

/*Δίνει τάση 5 Volt στον ακροδέκτη 4 που είναι συνδεδεμένο
το ρελέ που είναι υπεύθυνο για την ενεργοποίηση της λάμπας

*/

Digital Write(4,HIGH);

}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 2 απο το πληκτρολόγιο

elseif (pressed == 2)

{

/*Δίνει τάση 0 Volt στον ακροδέκτη 4 που είναι συνδεδεμένο
το ρελέ που είναι υπεύθυνο για την απενεργοποίηση της λάμπας

*/

Digital Write(4,LOW);

}

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 3 απο το πληκτρολόγιο
elseif (pressed == 3)
{
    /*
        Ενεργοποίηση του κόκκινου χρώματος στην ταινία Led
    */
    Value Red = 255;
    value Green = 0;
    value Blue = 0;
    analog Write(5,valueRed);
    analog Write(6,valueGreen);
    analog Write(7,valueBlue);

}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 4 από το πληκτρολόγιο
Else if (pressed == 4)
{
    /*
        Ενεργοποίηση του πράσινου χρώματος στην ταινία Led
    */
    Value Red = 0;
    value Green = 255;
    value Blue = 0;
    analog Write(5,valueRed);
    analog Write(6,valueGreen);
    analog Write(7,valueBlue);
}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 5 από το πληκτρολόγιο
Else if (pressed == 5)
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
{
    /*
        Ενεργοποίηση του μπλε χρώματος στην ταινία Led
    */
    valueRed = 0;
    valueGreen = 0;
    valueBlue = 255;
    analogWrite(5,valueRed);
    analogWrite(6,valueGreen);
    analogWrite(7,valueBlue);
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 6 από το πληκτρολόγιο
Else if (pressed == 6)
{
    /*
        Απενεργοποίηση όλων των χρωμάτων στην ταινία Led
    */
    valueRed = 0;
    valueGreen = 0;
    valueBlue = 0;
    analogWrite(5,valueRed);
    analogWrite(6,valueGreen);
    analogWrite(7,valueBlue);
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 7 από το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 7)
{
    if (valueRed>=0 &&valueRed<=255){
if(inc_dec == false){
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
valueRed = valueRed + 10;
    }
else{
valueRed = valueRed - 10;
    }
}

analogWrite(5,valueRed);
analogWrite(6,valueGreen);
analogWrite(7,valueBlue);
}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 8 από το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 8)
    {
if(inc_dec == false){
valueGreen = valueGreen + 10;
    }
else{
valueRed = valueGreen - 10;
    }
}

analogWrite(5,valueRed);
analogWrite(6,valueGreen);
analogWrite(7,valueBlue);
}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 9 από το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 9)
    {
        if (valueBlue>=0 &&valueBlue<=255){
if(inc_dec == false){
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
valueBlue = valueBlue + 10;
    }
else{
valueBlue = valueBlue - 10;
    }
}
analogWrite(5,valueRed);
analogWrite(6,valueGreen);
analogWrite(7,valueBlue);
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 10 από το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 10)
{
inc_dec= !inc_dec ;
digitalWrite(13,inc_dec);
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 11 απο το πληκτρολόγιο
elseif (pressed == 11)
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 12 απο το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 12)
{
motorSpeed = 150;
motorDir = true;
digitalWrite(2,LOW);
analogWrite(3,motorSpeed);
}
//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 13 απο το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 13)
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
{
    if (motorSpeed > 10 && motorSpeed < 245){
motorSpeed = motorSpeed + 10;
        if (motorDir == false){
analogWrite(2,motorSpeed);
digitalWrite(3,LOW);
        }
    else{
analogWrite(3,motorSpeed);
digitalWrite(2,LOW);
        }
    }
}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 14 από το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 14)
{
    if (motorSpeed > 10 && motorSpeed < 245){
motorSpeed = motorSpeed - 10;
        if (motorDir == false){
analogWrite(2,motorSpeed);
digitalWrite(3,LOW);
        }
    else{
analogWrite(3,motorSpeed);
digitalWrite(2,LOW);
        }
    }
}

//Αν πατήθηκε το πλήκτρο 15 από το πληκτρολόγιο
```

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

```
else if (pressed == 15)
{
myStepper.setSpeed(5);
myStepper.step(stepsPerRevolution);
}
//Αν πατήθηκε το πλήτρο 16 απο το πληκτρολόγιο
else if (pressed == 16)
{
myStepper.setSpeed(5);
myStepper.step(-stepsPerRevolution);
}
}
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΗΓΕΣ - ΚΕΙΜΕΝΟ

1. (https://www.legrand.gr/images/pdfs/pdfs_entypon/celiane_tech_guide.pdf)
2. (<https://securityreport.gr/magazine-archive/etos-2019/item/7090-asyrmata-protokolla-epikoinonias-gia-efarmoges-iot>)
3. (<http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/13767/1/DT2018-0095.pdf>)
4. (<https://synergic.gr/web/synergic-software/-/internet-of-things-iot->)
5. (https://ilektroutomatismoi.blogspot.com/2018/06/zigbee_10.html)
6. (http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2968/cse_38104.pdf?sequence=1)
7. (<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2009/PapatheodorouTilemachos/attached-document/2009papatheodorou.pdf>)
8. (http://www.schmidt.com.cn/jjfa/info_87_itemid_350.html)
9. (<https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>)
10. (<https://el.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>)
11. (<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/zigbee-coordinator>)
12. (<https://www.slideshare.net/SHUBHAMMORGAONKAR/zigbee-802154-45952808>)
13. (<https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/Zigbee-physical-layer.html>)
14. (https://el.wikipedia.org/wiki/Address_Resolution_Protocol)
15. (<https://tools.ietf.org/html/rfc826>)
16. IEEE 802.15 WPAN™ Task Group 4, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
17. Gascón, David (February 5, 2009). "Security in 802.15.4 and ZigBee networks". Archived from the original on 19 March 2012. Retrieved 9 December 2010.
18. [SA100 Committee Home Page](#)". Retrieved 20 July 2011.

ΠΗΓΕΣ – ΕΙΚΟΝΕΣ

1. (https://www.pngitem.com/middle/bhixRh_igloohome-blog-smart-home-zigbee-internet-of-things/)
2. (<https://www.iiotworldtoday.com/2019/06/05/the-edge-and-iiot-insights-from-iiot-world-2019/>)
3. (<https://pt.slideshare.net/DigipolisAntwerpen/meetup-iiot-city-of-things-29102015/29>)
4. (http://www.schmidt.com.cn/jjfa/info_87_itemid_350.html)
5. (<https://citycampus.gr/%CF%85%CF%80%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AF-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE/>)
6. (<https://www.stratait.com/blog/how-the-internet-of-things-helps-b2b-and-b2c-both>)
7. (https://itbrainpower.net/a-gsm/LTE-4G-shield-enable-active-GNSS-antenna_howto)
8. (<http://www.gsm-modem.de/M2M/m2m-componets/module-nb-iiot-lte-cat-m1-gprs-gps/>)

9. (<http://www.orangeipi.org/orangepilite/>)
10. (<https://www.dhgate.com/product/new-2017-a6-gprs-pro-serial-gprs-gsm-module/425783843.html#seo=WAP>)
11. (https://www.researchgate.net/figure/Circuit-and-system-implementation-of-DPA-MIMO-for-5G-UE-12_fig1_323867397)
12. (<https://gr.pinterest.com/pin/619174648747135522/?autologin=true>)
13. (<https://www.digikey.com/en/articles/how-to-use-the-sigfox-technology-to-connect-to-the-internet-of-things>)
14. (<https://www.finance-monthly.com/2017/10/vodafone-iot-connected-healthcare-can-improve-millions-of-lives-and-save-billions-of-dollars/>)
15. (<https://data-flair.training/blogs/applications-of-iot-in-transportation/>)
16. (<https://smallcaps.com.au/thred-sweeps-augmented-reality-new-app/>)
17. (<https://sites.google.com/site/csapwirelessnetworks/home/zigbee-technology/application-of-zigbee-in-daily-life>)
18. (<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/zigbee-coordinator>)
19. (<https://www.slideshare.net/SHUBHAMMORGAONKAR/zigbee-802154-45952808>)
20. (<https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/Zigbee-physical-layer.html>)
21. (<https://slideplayer.com/slide/7338732/>)
22. (https://el.wikipedia.org/wiki/Address_Resolution_Protocol)
23. (https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90002002/Content/Reference/r_zb_stack.htm?TocPath=zigbee%20networks%7C_____3)
24. (<https://www.electricaltechnology.org/2017/09/zigbee-technology-wireless-networking-system.html>)
25. (http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2968/cse_38104.pdf?sequence=1)
26. (<https://trybotics.com/project/How-to-Use-XBee-Modules-As-Transmitter-Receiver-Ar-5884>)
27. (<http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/17512/1/el04732.pdf>)
28. (<https://docplayer.gr/45158567-Panepistimio-peiraios-tmima-pliroforikis.html>)
29. (<https://www.habakis.gr/gr/products/hlektronikes-kleidaries-hotel/CISA/hlektronikes-kleidaries-hotel-CISA-online.html>)
30. (<http://okeanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2930/ergasia.PDF?sequence=1&isAllowed=y>)

ΠΗΓΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - Datasheet

1. (https://www.tme.eu/gr/katalog/mikroelektes-microchip_112859/)
2. (<https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>)
3. (<https://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>)
4. (https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation)
5. (<https://www.arduino.cc/en/tutorial/PWM>)
6. (<https://www.electronics-tutorials.ws/blog/pulse-width-modulation.html>)
7. (<https://en.wikipedia.org/wiki/H-bridge>)
8. (<https://www.build-electronic-circuits.com/h-bridge/>)
9. (<http://www.modularcircuits.com/blog/articles/h-bridge-secrets/h-bridges-the-basics/>)
10. (<https://grobotronics.com/dual-motor-driver-module-l298n.html>)
11. (<https://www.helladigital.gr/electronics/motors-and-drivers/drivers/stepper-driver-board-module-l298n-dual-h-bridge-for-arduino/>)
12. (<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>)
13. (<https://www.instructables.com/id/L298N-MOTOR-DRIVER-MODULE/>)
14. (https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf)
15. (<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CF%82>)
16. (<https://www.dwrean.net/2015/04/40-relay-arduino.html>)
17. (https://www.banggood.com/Geekcreit-5V-4CH-4-Channel-Relay-Shield-Extended-Relay-Module-p-1410873.html?akmClientCountry=America&utm_source=google&utm_medium=cpc_ods&utm_campaign=nolan-sds-Broad-fishing-all&utm_content=nolan&ad_id=437423476960&gclid=CjwKCAj)
18. (<https://bc-robotics.com/tutorials/4-channel-relay-breakout/>)
19. (<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39626e.pdf>)
20. (https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_802.15.4_radio_modules)
21. (<https://docs.rs-online.com/cdfa/0900766b809d4827.pdf>)
22. (https://export.farnell.com/microchip/pic16lf876a-i-so/mcu-8bit-pic16-20mhz-soic-28/dp/9761802?CMP=KNC-GGR-GEN-KWL-L5Pages&mckv=_dc|pcrid|449871688047|&gclid=CjwKCAjwkoz7BRBPEiwAeKw3q52DSjOxT2k2MI9OaT1UniXoENfZyrnvRESXFSBsawM8FDT71CIGhoCuaoQAvD_BwE)
23. (https://www.ti.com/lit/ds/sdls021d/sdls021d.pdf?ts=1600352729998&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)
24. (<https://learn.adafruit.com/rgb-led-strips/usage>)
25. (<https://www.hackster.io/najad/12v-rgb-led-with-arduino-fb6c46>)
26. (<https://www.instructables.com/id/ARDUINO-CONTROLLED-12v-RGB-LED-STRIP/>)
27. (<http://www.farnell.com/datasheets/2877030.pdf>)
28. (<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-stepper-motor-control-tutorial>)
29. (<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/StepperSpeedControl>)
30. (<https://www.instructables.com/id/How-to-use-a-Stepper-Motor/>)
31. (https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor)
32. (<https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/ULN2003A-PCB.pdf>)
33. (<https://www.makerguides.com/28byj-48-stepper-motor-arduino-tutorial/>)
34. (<https://www.seeedstudio.com/blog/2019/03/04/driving-a-28byj-48-stepper-motor-with-a-uln2003-driver-board-and-arduino/>)
35. (https://www.banggood.com/buy/stepper-motor-driver-board-uln2003.html?utm_source=google&utm_medium=cpc_ods&utm_campaign=nolan-sds-Broad-fishing-

Σαμαράς Ευστάθιος, Γαλάνης Νικόλαος

all&utm_content=nolan&ad_id=437423476960&gclid=CjwKCAjwkoz7BRBPEiwAeKw3q8VjwRO7mXkZy7iwp_THP5F6LXFCECvPvnWntes8T)